LA GÉOLOGIE

ET LES

RICHESSES MINÉRALES

DE L'ASIE

HISTORIQUE

INDUSTRIE — PRODUCTION — AVENIR — MÉTALLOGÉNIE

SIBÉRIE — OURAL — CAUCASE
TURKESTAN — MER ÉGÉE — ASIE MINEURE — PERSE
INDE — INSULINDE — INDO-CHINE — CHINE

PAR

L. DE LAUNAY
Ingénieur en chef des Mines,
Professeur à l'École Supérieure des Mines
et à l'École des Ponts et Chaussées.

H. 15197.
UNIVERSITÉ DE PARIS
LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DON DE M. É. HAUG
8° Asie
LAU

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE Ch. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie
PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1911

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

LA GÉOLOGIE

ET LES

RICHESSES MINÉRALES DE L'ASIE

INTRODUCTION

Objet de l'ouvrage. — Cet ouvrage continue celui qui a paru en 1903 sur *Les Richesses Minérales de l'Afrique* et poursuit, avant tout, pour la théorie des gîtes métallifères, un but scientifique analogue. Comme celui-ci, je crois qu'il pourra rendre, en outre, des services pratiques en coordonnant et rassemblant les renseignements industriels, statistiques et économiques, relatifs à de vastes régions, souvent mal connues et sur lesquelles l'effort de peuplement, de mise en valeur, devient chaque jour plus actif. A tous égards, je ne me dissimule pas qu'il doit contenir bien des lacunes et des inexactitudes. L'effort même qu'il m'a fallu faire pour grouper et essayer de préciser les quelques renseignements qu'on y trouvera, m'a montré l'extrême difficulté d'une pareille tentative. Si le côté pratique avait été seul en jeu, j'aurais, dès lors, sans doute, reculé devant un travail de synthèse aussi long, aussi minutieux et, par endroits, aussi ingrat, où l'on n'a guère d'autre récompense à attendre que celle de paraître, aux yeux de quelques spécialistes un peu courts d'haleine, avoir ajouté des hypothèses aventurées et invérifiables à bien d'autres, tandis que les praticiens sont surtout frappés de ce que peut présenter d'arriéré la description des régions sur lesquelles leur attention a été spécialement attirée. Si je m'y suis décidé malgré tout, c'est qu'il m'a semblé impossible de commencer auparavant la publication de l'ouvrage d'ensemble sur les *Gîtes métallifères*, ou *Traité de Métallogénie*, auquel je travaille depuis vingt-cinq ans et qui doit remplacer bientôt le travail tout différent publié avec un titre analogue en 1892. C'est aussi que je trouvais là une occasion nouvelle de mieux affirmer, sous une forme coordonnée, des idées qui, après avoir étonné, finiraient, si je n'en revendiquais pas la paternité, par tomber dans la banalité du domaine public en se répandant.

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Je crois, en effet, de plus en plus, comme je l'ai expliqué à diverses reprises, qu'on n'avancera, dans les études de métallogénie, que lorsqu'on saura éclairer les observations localisées par des idées générales fondées sur de très vastes synthèses régionales, lorsqu'on fera rentrer les gisements d'un pays dans l'ensemble de sa tectonique et celle-ci, elle-même, dans une manifestation aussi rigoureusement datée que possible, en tenant compte de la profondeur originelle, des relations avec les montées de roches éruptives et en utilisant d'autre part les lois physiques et chimiques les plus récemment établies. Il y a, sans doute, quelque chose d'un peu effrayant, pour quiconque a surtout le goût de l'observation personnelle, à aborder l'étendue d'un continent entier, d'après des renseignements de seconde main. Mais on ne saurait autrement voir apparaître ce contraste entre les types régionaux de provinces métallogéniques, que je cherche ici à mettre en évidence et qui passe nécessairement inaperçu lorsqu'on se borne à une région, d'une constitution à peu près uniforme, comme les zones à plissements hercyniens et à dislocations alpines, sur lesquelles se trouvent presque tous les gîtes métallifères de l'Europe centrale, d'après lesquels, par une généralisation excessive, les théories métallogéniques ont été, jusqu'à l'essor récent de la géologie nord-américaine, presque uniquement établies. C'est en faisant le tour complet des questions pour les examiner par le dehors qu'on a le plus de chances de trouver des voies d'accès nouvelles. En revenant plus tard de ce voyage lointain pour retourner à l'observation localisée de nos minerais français, nous en comprendrons mieux le caractère réel et nous pourrons attribuer à nos observations de détail une portée plus exacte. De plus, par le fait seul d'aborder, avec l'intention de les étudier à fond, des régions métallifères qui n'ont, jusqu'ici, tenu à peu près aucune place dans les études de métallogénie (comme on peut s'en rendre compte aisément, en comptant combien de fois il est question de l'Asie dans n'importe quel traité classique), j'étais à peu près sûr d'avance de rencontrer la suggestion d'observations et de rapprochements nouveaux, et l'on verra, je crois, en parcourant cet ouvrage, que mon espérance n'a pas été trompée.

L'idée de replacer un gisement minéral ou métallifère dans son *milieu* originel, comme la critique moderne le fait pour les écrivains ou les artistes, est si simple, si évidemment imposée par la logique, qu'on pourrait s'étonner de la voir aussi absolument négligée jusqu'ici pour de simples monographies ou, dans les ouvrages d'ensemble, pour les seules considérations de la minéralogie et la pétrographie, à l'exclusion de la paléo-géographie et de la tectonique, si l'effort à tenter n'était aussi dur, si les sciences à utiliser n'étaient aussi neuves.

Nous verrons bientôt les conditions particulièrement favorables que l'Asie nous offrira, notamment : 1° pour manifester le contraste entre le type des métallisations profondes réalisées par imprégnation diffuse,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans le retour en profondeur qui accompagne les plissements, et les incrustations plus superficielles des dislocations disjonctives ; 2° pour faire ressortir les effets de ce caractère *continental*, qui a été si anciennement accusé pour de très vastes parties de l'Asie.

Une opinion fort répandue et qui est un peu la conséquence des recherches trop localisées, à mon avis insuffisantes, voudrait que l'âge d'un gisement métallifère soit à peu près impossible à connaître dans la presque totalité des cas. Or, il n'est pas nécessaire de dire combien cette détermination d'âge nous importe en géologie ; et des vues nouvelles, comme celles que suggèrent les travaux de Curie, Rutherford, etc., sur la possibilité d'une transmutation progressive de la matière, entraînant certaines associations naturelles des métaux, sont faites pour lui attribuer, en physique, en philosophie naturelle, une énorme valeur de plus. Je pense pouvoir montrer que, par la conception de la *province métallifère*, de son type régional et de ses rapports avec un certain nombre de phénomènes ayant, eux, un âge connu, cette détermination d'âge devient très souvent possible.

Mais, dès qu'on se lance dans une investigation de ce genre, on s'aperçoit vite que tout est à reprendre par la base, à la lumière des idées nouvelles, auxquelles on a été amené par ses propres recherches, et qu'il faut, laissant de côté les descriptions sommaires des auteurs classiques, remonter partout aux mémoires originaux, non seulement de métallogénie, mais de pétrographie, de stratigraphie, de tectonique et commencer (travail particulièrement ingrat, mais indispensable) par de longues recherches cartographiques, destinées à situer exactement les gisements étudiés par rapport à la paléo-géographie contemporaine de leur formation. C'est tout un monde de bibliographie à remuer. Ce dépouillement rationnel une fois fait, sa synthèse, qui est l'objet du présent livre, devient tout au contraire une tâche fort intéressante, où l'on a constamment le plaisir de voir s'éclairer les premières obscurités, se grouper les faits épars et se dresser en fin de compte une œuvre personnelle, là où on avait commencé par s'effrayer d'une besogne trop souvent matérielle, à laquelle on regrettait presque de devoir consacrer autant de temps.

Assurément, je n'ai aucune prétention d'avoir résolu les questions de tous genres que nous rencontrerons à chaque pas ; dans un travail de ce genre, où le champ est, par sa nature même, illimité, il faut, pour se résigner à finir, un certain courage que je crois toutefois nécessaire. Mais, comme le remarquait Ernest Renan dans une de ses préfaces, on doit en conscience avertir le lecteur que toutes les affirmations sont à compléter par un « peut-être », ou un « il me semble », supprimés seulement pour être plus bref. Sans croire donc avoir atteint la vérité insaisissable, il me suffit d'avoir posé quelques-uns de ces problèmes, auxquels personne ne semblait songer et d'avoir ouvert, par cette série

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'études sur la métallogénie régionale[1], une voie qui peut, qui doit conduire tôt au tard, quand le travail universel des géologues aura fructifié davantage, aux résultats les plus féconds[2].

Divisions générales de l'ouvrage : 1° économie industrielle et 2° métallogénie. — Le double but de cet ouvrage, que nous avons signalé dès le début, impose aussitôt sa division fondamentale en deux parties de très inégal développement : l'une pratique, consacrée à la mise en valeur déjà réalisée de la richesse minérale, au développement actuel de l'industrie minière en Asie, à ses conditions économiques de fonctionnement, à son avenir ; l'autre théorique, où sera traitée la métallogénie, la genèse des minéraux utiles. Cette dernière, comme nous allons le voir, devra à son tour se subdiviser suivant qu'il s'agit de minerais métallifères, en relations plus normales avec les dislocations des terrains, dont la science est la tectonique, ou de substances, comme les combustibles, les matières salines, les phosphates, etc., directement rattachées à la sédimentation.

Cette étude de métallogénie théorique, qui nous occupera longtemps, a, d'ailleurs, je crois, elle aussi, en dehors de son intérêt scientifique, sur lequel je n'ai pas besoin d'appeler l'attention, une utilité pratique ; car elle peut servir de fil conducteur, soit dans les recherches ou les projets d'utilisation, soit dans l'appréciation de la valeur des gisements. Mais, pour ceux des lecteurs qui ne sont pas spécialement géologues, le développement des idées théoriques, auxquelles j'ai consacré la majeure partie de mon effort, risquerait plutôt de masquer les conclusions industrielles, vers lesquelles ils courront d'abord. Ce qu'ils désirent avant tout, c'est se faire une idée sur les richesses que peut contenir l'Asie, sur l'état actuel de leur mise en valeur, sur les possibilités d'avenir plus ou moins immédiates, sur les conditions d'exploitation. Ils veulent encore se renseigner sur l'importance que peuvent avoir ces richesses minérales en ce qui concerne le développement futur du pays, et, par conséquent, sur les avantages à en attendre, soit pour les grandes nations européennes qui y sont de divers côtés intéressées, soit pour les pays asiatiques eux-mêmes, sur la concurrence à en craindre pour d'autres produits similaires, ou, au contraire, l'aide à en espérer pour nos besoins, etc. En un mot, le côté économique des vastes problèmes que pose toujours la richesse minérale dans un pays neuf, et les effets géographiques,

[1] Outre l'ouvrage sur l'Afrique, voir mes mémoires sur les *Minerais de fer Scandinaves* et sur la *Métallogénie de l'Italie*.

[2] Je suis heureux d'adresser ici mes remerciements à tous ceux qui ont bien voulu me venir en aide dans mes recherches et tout particulièrement à M. de Margerie, dont l'admirable érudition m'a été une fois de plus d'un précieux secours, à M. Bogdanovitch qui m'a aidé à me documenter pour l'Asie russe, à M. Brisse qui m'a communiqué un manuscrit inédit fort intéressant sur Bulgar-Dagh, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

politiques, sociaux, etc., de cette richesse, voilà ce que chercheront les géographes, les industriels et la plupart des curieux dans un ouvrage qui, d'autre part, s'adresse surtout aux géologues, aux pétrographes et aux métallogénistes. C'est pourquoi, bien que l'utilisation de la richesse minérale soit fonction de sa genèse, je commencerai par l'exposé économique et industriel de notre sujet, qui nous permettra de mettre immédiatement à leur plan les gisements, de valeur souvent totalement différente, destinés à être ensuite examinés avec le plus ou moins de soin commandé par leur intérêt théorique. Cet exposé industriel, tout en amenant quelques répétitions forcées, nous permettra de tracer, dès le début, une sorte de canevas, mettant le lecteur à même de chercher ensuite plus facilement les détails, sur les points auxquels il portera un intérêt particulier.

Au cours de cette *étude économique et industrielle* qui sera relativement brève, nous envisagerons tour à tour : 1° l'évolution de l'industrie minière asiatique dans le passé et sa répartition statistique dans les derniers temps ; 2° les caractères généraux de cette industrie, le développement économique de l'Asie, l'extension progressive de son réseau de voies ferrées, la division en grandes zones d'influence et le mouvement autochtone « nationaliste » de plus en plus marqué ; 3° les conditions plus spéciales aux principaux centres d'extraction[1], sauf à renvoyer, pour les détails de cette partie, à ce qui pourra être dit des mêmes gisements dans l'étude géologique.

Dans un pareil travail, il serait sans aucun intérêt de viser à être complet ou à le paraître en ce qui concerne les innombrables points, où l'on a pu signaler des traces de minerais ou de minéraux utiles, souvent sans aucune espèce de valeur. Toutes les fois que l'on se trouve amené à consulter de semblables énumérations, données par les recueils officiels pour un pays que l'on connaît particulièrement, on en voit l'inévitable incohérence : une place analogue étant attribuée à un simple indice minéral, ou à un gisement de premier ordre. Il suffira, à cet égard, pour les lecteurs qui voudraient se documenter sur telle ou telle région particulière, d'indiquer, par une bibliographie choisie, les recueils où ils trouveront, le plus aisément, les énumérations en question. La valeur future d'un gîte, si difficile à apprécier quand on l'a vu en détail, devient

[1] Il ne saurait être question de donner ici un manuel de législation minière pour les pays asiatiques, non plus que d'étudier en détail, pour chacun de ces pays, les conditions économiques propres à l'industrie des mines ; mais je chercherai autant que possible à fournir la possibilité de remonter, si l'on veut, aux publications de ce genre accessibles pour le public français, n'en retenant ici que ce qui pourra nous permettre de nous éclairer sur l'avenir industriel et sur les probabilités d'un développement plus ou moins immédiat, indépendamment des conditions géologiques du gisement examinées dans une autre partie.

Comme traité général de législation étrangère relative aux mines, on pourra recourir à l'ouvrage classique de M. Aguillon qui contient des chapitres sur les Colonies anglaises, le Japon, etc. (Encyclopédie des Travaux publics Léchalas).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

presque impossible à juger, quand il faut travailler de seconde main sur des matériaux de qualité très hétérogène. Mais, d'autre part, dans cet immense continent encore si peu mis en valeur, se borner aux grandes exploitations industrielles, comme il est logique de le faire dans les pays à civilisation très avancée, serait vouloir de parti pris passer sous silence des richesses considérables, dont la fortune peut commencer demain et qu'il est précisément utile de signaler à l'attention des économistes, sinon à celle des industriels. L'examen géologique, où nous nous trouverons mentionner, pour leur intérêt scientifique, un très grand nombre de gîtes sans valeur minière actuelle, pourra parer dans une certaine mesure à cet écueil.

L'*étude géologique*, qui viendra ensuite, devra, elle aussi, être subdivisée en plusieurs chapitres, dont nous allons indiquer le plan sommaire. Tout d'abord, je crois indispensable de consacrer une étude préliminaire à *l'histoire géologique de l'Asie*, qui est le fondement nécessaire de toutes nos inductions ultérieures sur les concentrations de substances minérales utiles (qu'elles résultent d'une sédimentation ou d'une cristallisation en profondeur) et pour laquelle je ne connais pas d'ouvrage auquel il soit possible de renvoyer : celui de Suess, malgré tout son intérêt, étant conçu dans une forme trop différente de ce qui nous est ici nécessaire et surtout destiné à décrire le mécanisme des accidents orogéniques, dont il nous suffira de connaître l'effet. Nous aurons là une occasion intéressante et nouvelle d'étudier, dans son ensemble et synthétiquement, la formation d'un grand continent, en insistant sur ces idées générales, qu'on a tant de peine à dégager des trop nombreuses descriptions localisées.

Un tel exposé peut se faire en adoptant deux ordres différents : ou l'ordre chronologique qui fait ressortir l'évolution progressive et l'état du pays à chaque époque, ou l'ordre géographique qui, en rapprochant de la disposition actuelle les résultats relatifs à la paléo-géographie et à la tectonique, se prête mieux à certaines interprétations de la métallogénie. Nous adopterons successivement l'un et l'autre.

Historiquement, nous commencerons par montrer comment se sont modifiés, au cours des âges, les contours et les reliefs des continents : ce qui nous sera d'un secours tout particulier pour l'étude, faite bientôt après, des sédiments utilisables comme la houille, mais ce qui nous renseignera en même temps sur la genèse des minerais d'origine ignée et hydrothermale [1]; car, je le répète, il est difficile de raisonner sur un tel

[1] Dans les descriptions stratigraphiques, nous avons systématiquement laissé de côté les énumérations de fossiles, qu'il eût été facile de multiplier. Le nom seul du terrain rapporté à une échelle stratigraphique bien définie donne, pour l'âge, une précision égale, si le terrain contient des fossiles d'un type et d'un âge très nettement connus. Et si, comme il arrive trop souvent, ces fossiles n'ont été l'objet que d'une détermination approximative, l'énumération de leurs noms latins reproduits

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

gisement si l'on ne sait, au moins approximativement, à quelle profondeur dans l'écorce il pouvait se trouver au moment de sa cristallisation, à quelle proximité de tels ou tels magmas ignés en fusion, et même, dans quelles conditions par rapport au relief de la superficie ou aux rivages des mers.

Géographiquement, nous ferons ensuite un résumé et une application première des notions précédentes en montrant la division de l'Asie par grandes provinces naturelles, ayant eu chacune une histoire indépendante, représentant chacune des conditions moyennes différentes de plissement, de disjonction, d'injection ignée, de métamorphisme et d'érosion. Ce sont là les données essentielles, auxquelles nous devrons sans cesse nous reporter dans la suite, quand nous voudrons interpréter un gîte métallifère. Nous serons, en même temps, tout naturellement conduits à donner, sur les sédiments utiles, les détails géologiques qui n'auraient pu être complets dans le chapitre précédent, faute de données tectoniques venant s'ajouter aux premières notions stratigraphiques.

Cette partie plus technique de notre travail pourra peut-être, elle aussi, intéresser d'autres lecteurs que les géologues, pour lesquels elle est spécialement écrite. L'histoire actuelle de la terre, dont la géographie, sous toutes ses formes, est la mise en œuvre, ne fait, quoiqu'on l'ait longtemps un peu oublié, que prolonger l'histoire géologique, et le relief d'un continent est l'héritage de son passé. L'influence que celui-ci exerce sur l'histoire humaine, sur le développement et l'évolution de la vie organisée ou des relations entre les peuples, est une des formes sous lesquelles l'atavisme nous impose ses lois et nous rend solidaires de tout ce qui s'est produit des siècles ou des millénaires avant nous. Ce n'est pas le lieu de développer cette idée qui, du reste, tend à devenir banale. Nous ne négligerons pas, chemin faisant, d'en montrer l'application.

Les *richesses métallifères*, dont nous aborderons alors l'étude, appartiennent théoriquement à deux groupes absolument distincts, correspondant aux deux modes de formation qui sont intervenus successivement dans la constitution de l'écorce terrestre : 1° Phénomènes ignés ou hydrothermaux; 2° actions sédimentaires. Au premier groupe, se rattachent la presque totalité des gisements métallifères ; au second, ceux-là seulement qui résultent d'un remaniement mécanique ou chimique, comme les dépôts de fer sédimentaires et les alluvions. Le peu qu'il y a à dire sur les sédiments ferrugineux asiatiques aura déjà trouvé sa place précédemment. Mais le lien des alluvions aurifères, platinifères ou stannifères avec leurs gisements primitifs est si intime

sans détails paléontologiques et sans figures n'ajoute absolument rien qu'un appareil inutile de science fictive. Quant aux conclusions à en déduire pour les conditions de dépôt, le texte suffit à les faire ressortir.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que nous préférons décrire les uns avec les autres. Les minerais ou minéraux cristallisés d'une même région géologique naturelle, quelle que soit leur nature, ont, d'autre part, entre eux, une relation que je me propose précisément de faire ressortir. Il sera donc tout indiqué de faire cette description par régions, sauf à renvoyer aux chapitres antérieurs d'économie industrielle pour la manière dont tel ou tel métal particulier se trouve disséminé dans l'ensemble du continent envisagé.

Nous essayerons à cette occasion de montrer ce qui est proprement le but scientifique de notre travail : comment les gisements d'une même province présentent des caractères communs qui tiennent surtout à la profondeur moyenne de cristallisation, autrement dit à la profondeur atteinte par l'érosion dans la région considérée, et comment ces conditions, dont nous nous attacherons à manifester le lien avec la pétrographie et la tectonique, ont une tendance à se retrouver dans toutes les autres régions similaires du globe, tandis que les régions d'un autre type tectonique en diffèrent aussi profondément pour leur métallogénie.

Les études de gîtes métallifères ont toujours été faites : soit, dans les rapports administratifs ou industriels, en décrivant à la suite les uns des autres tous les minerais d'un pays classés par province ou par métal, sans établir aucune comparaison avec les pays voisins ; soit, dans les ouvrages scientifiques, en groupant les divers gisements du monde d'après leur structure ou leur minéralisation, sans chercher le lien de cette structure et de cette minéralisation avec celles des autres gisements qui pouvaient se trouver dans le même pays et avec les accidents tectoniques divers que ce pays pouvait présenter. L'idée que je m'efforcerai de développer dans ce livre, et dont je n'ai pas besoin de faire ressortir l'intérêt pratique aussi bien que la valeur théorique, c'est que la distribution des minerais et des types de gisements entre les divers pays ne s'est pas faite au hasard, que tout se tient dans cet ordre d'idées, comme il était philosophiquement aisé de le prévoir, et que, par conséquent, la connaissance de la tectonique d'une région peut nous aider à prévoir d'avance si on y rencontrera des minerais de tel ou tel ordre, chose singulièrement utile en un continent aussi mal exploré que l'Asie, absolument comme sa stratigraphie nous renseigne sur la possibilité d'y découvrir, par exemple, le terrain houiller ou des strates salifères. Au risque de me répéter, je chercherai à montrer, dans chaque cas particulier, la vérification de cette théorie qui, tout en étant, si l'on veut, presque évidente à première vue, n'avait, je ne sais pourquoi, jamais attiré l'attention d'une façon nette, ou du moins n'avait jamais été énoncée et discutée d'une manière précise.

J'ajoute seulement une dernière remarque sur les faits nouveaux que ce travail nous amènera à signaler. Ceux-ci ne seront pas seulement de l'ordre général que je viens d'indiquer en premier lieu ; mais, pour chaque catégorie de gisements en particulier, nous aurons l'occasion de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

glaner des observations qui les éclairent et interprètent du même coup les autres gisements plus ou moins analogues du monde entier. Signalons seulement de suite les imprégnations aurifères de Sibérie, l'étain des Détroits et du Yunnan, le mercure du Kouei-tchéou, le manganèse du Caucase ou de l'Inde, les gisements de fer de l'Oural, les minerais cuprifères du Yunnan et du Japon, etc., etc.

Sans qu'il soit nécessaire d'insister, on prévoit assez que notre documentation sur la géologie et les richesses minérales de l'Asie doit être fort inégale, comme l'est notre connaissance générale de tout ce qui concerne ces vastes régions, depuis si peu de temps abordées par la science européenne. Pour les pays dans lesquels les explorations scientifiques ont été jusqu'ici à peu près impossibles ou n'ont pu se faire longtemps que dans les conditions essentiellement défectueuses d'une chevauchée rapide où l'on devait cacher le véritable but de son travail, tels que la Turquie d'Asie, l'Asie centrale et la plus grande partie de la Chine, nous sommes fort mal renseignés, ou, ce qui est pire, inexactement renseignés par des voyageurs de bonne volonté, mais sans compétence. Quand nous arrivons dans les régions de l'Inde, de l'Indo-Chine, du Japon, les travaux prennent, au contraire, un caractère de précision, en présence duquel le géologue se sent revivre, comme s'il sortait réellement des déserts du Pamir et du Tibet. La Sibérie commence également à être connue, grâce aux travaux provoqués par la construction du Transsibérien, ou par le désir de mettre en valeur les domaines de la couronne qui comprennent certaines des régions les plus minéralisées. Il est regrettable que les mémoires détaillés écrits en russe soient abordables à un aussi petit nombre de lecteurs.

Dans l'intervalle, il reste encore d'immenses lacunes à combler. Aucun travail d'ensemble analogue à celui que nous essayons d'écrire ici n'existe à notre connaissance. C'est notre meilleure excuse pour les nombreuses erreurs qui n'auront pas manqué de nous échapper.

C'est aussi une des raisons pour lesquelles, malgré tout notre désir d'être bref, nous n'avons pu davantage y réussir. Toute synthèse, en sciences naturelles, veut être précédée par une analyse qui, dans le cas présent, restait trop souvent à faire.

En résumé, ce livre se divisera en trois grandes parties, consacrées à son triple objet : 1° Industrie ; 2° Géologie (stratigraphie et tectonique) ; 3° Métallogénie régionale.

Nous aurons donc :

PREMIÈRE PARTIE. ASIE MINIÈRE INDUSTRIELLE, comprenant : Chap. I, **Histoire de l'industrie minière asiatique** ; chap. II, **Caractères généraux du développement minier actuel** ; chap. III, **Répartition statistique** ; chap. IV à IX, **Études plus spéciales de l'industrie minière dans chaque région.**

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Seconde partie. Géologie de l'Asie. Stratigraphie et tectonique, comprenant : *A.* (chap. x et xi), **Études d'ensemble**, et *B.* (chap. xii à xx), **Descriptions régionales**.

A ces descriptions géologiques, nous rattacherons immédiatement, région par région, l'étude des sédiments utiles, et notamment des combustibles qui font corps avec la stratigraphie. Nous réserverons, toutefois, pour deux chapitres distincts, xxi et xxii, les formations salines et le pétrole, à l'occasion desquels il y a lieu d'examiner quelques questions générales encore discutées, et pour lesquels un coup d'œil d'ensemble sur toute l'Asie peut aussi présenter des avantages. Le rapport fréquent qui existe entre le sel et le pétrole peut également justifier la place spéciale attribuée à ces deux groupes de substances.

Troisième partie. Métallogénie régionale. — Chap. xxiii à xxxiii, **Description métallogénique des principales régions métallifères**, classées dans leur ensemble en suivant autant que possible les grandes zones de plissement, mais sans nous attacher dans le détail à émietter un pays formant une unité géographique aussi marquée que le continent indou, par exemple (Himalaya et continent de Gondwana).

Cet ordre, que nous avons adopté après examen, a des inconvénients que nous ne nous dissimulons pas et dont le principal est de diviser parfois l'étude complète d'un même gisement en deux ou trois parties du livre. Nous essayerons d'y remédier par l'abondance des renvois et des tables. Mais la clarté de l'exposition aurait souffert encore bien davantage s'il nous avait fallu interrompre sans cesse un exposé de géologie théorique par de longues considérations industrielles.

D'autre part, pour la commodité de notre description, nous venons d'être amenés à diviser l'ensemble des substances utiles en trois catégories. Les sédiments utilisables, tels que la houille, les lignites, ou, plus exceptionnellement, les phosphates, les minerais de fer et de manganèse contemporains des couches encaissantes, seront étudiés dans la seconde partie de ce travail où nous donnerons les descriptions stratigraphiques et tectoniques des diverses régions. Les pétroles et matières salines donnent lieu, comme nous venons de le dire, à deux chapitres distincts, à la fin de cette partie. Au contraire, les minerais proprement dits, d'origine plus ou moins directement filonienne ou reliés à des roches éruptives (épigénétiques), seront examinés par groupes métallogéniques dans la troisième partie, en insistant sur leur relation avec certaines zones tectoniques précédemment signalées, et nous envisagerons, en même temps, les minéraux utiles reliés aux roches éruptives, comme les pierres précieuses, le jade, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

PRINCIPALES ABRÉVIATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

Quelques titres de recueils reviendront constamment dans notre ouvrage. Pour ne pas allonger démesurément les notes, nous les désignerons souvent en abrégé par les expressions suivantes[1].

France. — C. R. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

* B. S. G. F. — Bulletin de la Société géologique de France.

* Ann. d. M. — Annales des Mines.

* Géog. — La Géographie.

Nat. — La Nature.

Allemagne. — * Z. f. p. G. — Zeitschrift für praktische Geologie.

* B. U. H. Z. — Berg und Hütten mannische Zeitung.

Z. d. d. geol. Ges. — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft.

Zeitsch. pruss. — Zeitschrift für Berg, Hütten und Salinenwesen im preussischen Staate.

* Geol. Cent. — Geologisches Centralblatt.

Angleterre. — Pr. G. S. Lond. — Proceedings of the geological Society London.

Autriche. — OEst. Z. — OEsterr. Zeitschrift für Bergbau und Hüttenwesen.

J. KK. g. R. Wien. — Jahrbuch du KK. geologischen Reichsanstalt in Wien.

OEst. Z. f. B. u. H. — OEsterreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen.

Russie. — Or. — Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie.

Exp. — Explorations géologiques et minières le long du chemin de fer de Sibérie.

Inde. — Rec. G. S. Ind. — Records Geological Survey of India.

Mem. G. S. Ind. — Memoirs Geological Survey of India.

États-Unis. — Engin. — Engineering and mining Journal.

Les renvois à l'ouvrage de Suess, *La Face de la Terre*, se rapporteront toujours à la traduction française par M. de Margerie.

PRINCIPALES MESURES LOCALES

En principe, nous convertirons toutes les mesures locales en kilogrammes et mètres, de même que nous adopterons uniformément, pour les longitudes, le méridien de Greenvich, qui est usité dans la presque totalité des cartes asiatiques en Sibérie, aux Indes, etc., ainsi que dans les meilleurs atlas généraux (il va sans dire que les longitudes mentionnées seront toujours, sans mention spéciale, des longitudes Est). Cependant, il peut être utile d'indiquer la valeur de quelques principales mesures étrangères usitées dans les mines de certains pays asiatiques. On les trouvera en notes au début de chacune des monographies industrielles : mesures russes, page 63 ; mesures de Turquie, page 94 ; de Perse, p. 107 ; mesures des Indes anglaises, page 108 ; de Malaisie, p. 126 ; de Chine, p. 133 ; du Japon, page 155.

TOPONYMIE

La transcription des noms géographiques présente, pour les pays asiatiques, des difficultés dont tous ceux qui ont à s'occuper de ces pays doivent tenir

[1] Les publications précédées ici d'une astérisque sont celles qui donnent une bibliographie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

compte. Là où il existe une cartographie nationale en caractères latins, comme c'est le cas pour l'Inde, l'Indo-Chine, etc., je crois qu'il convient de la suivre, quand même elle aboutirait, comme cela se produit pour l'Inde, à donner une idée inexacte des noms pour ceux qui n'ont pas l'habitude de les prononcer à l'anglaise. Mais, pour des pays comme l'Asie russe, la Chine, la Turquie, où une traduction est forcée, je ne vois aucune raison d'adopter, comme on le fait trop souvent, l'orthographe allemande, uniquement parce que les Atlas germaniques sont à la mode, et j'ai essayé le plus possible de rendre la prononciation française en expulsant les *w*, les *sch*, les *u* pour *ou*, etc. On devra tenir compte de cette observation pour utiliser l'index géographique : chercher Schan et Shan à Chan, Wei à Ouei, etc... Les noms chinois sont souvent composés de deux ou trois noms accolés, tels que *Ta-toung-fou*, que les uns commencent par des majuscules, les autres par des minuscules, que d'autres encore réunissent sans trait d'union. Nous avons adopté uniformément la solution intermédiaire des minuscules avec traits d'union.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

PREMIÈRE PARTIE

L'ASIE MINIÈRE INDUSTRIELLE

CHAPITRE PREMIER

HISTOIRE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ASIATIQUE

A. — LES TEMPS ANCIENS

L'Asie nous apparaît, par excellence, comme le *Vieux Monde*. Quoique les archéologues aient aujourd'hui une tendance très justifiée à réagir contre de premières théories sommaires, où l'on vieillissait démesurément, de parti pris, certains de ces peuples asiatiques pour leur attribuer l'origine de toutes les connaissances humaines, quoique, par réaction contre le « mirage oriental », on nous représente maintenant le rayonnement des civilisations égyptiennes, mycéniennes et grecques s'étendant à travers l'Asie centrale jusqu'au Japon, il n'est pas moins certain que, sur ce sol de l'Asie, on a, de tous côtés, la sensation et souvent la preuve historique d'une prodigieuse antiquité, à un degré que l'Égypte seule, annexe naturelle de l'Asie, rappelle sur les autres continents. Ce n'est pas seulement dans le sens occidental de notre civilisation méditerranéenne, européenne, ou dans l'Iran et dans l'Inde, dans le Caucase et le Turkestan, avec lesquels notre histoire présente d'antiques rapprochements bien connus; c'est aussi dans le sens de l'Extrême-Orient, où des civilisations, devenues complètement indépendantes de la nôtre, nous donnent souvent l'impression d'un passé prodigieusement reculé. Et, sans doute, cette impression se trouve accentuée par la rapidité avec laquelle les ruines se font et se parent de végétation dans la zone tropicale qui occupe la partie la plus riche et la plus connue de l'Asie, ou par la promptitude qu'apportent des peuples, restés souvent un peu enfants, à transformer les faits en légendes; il y a, dans certaines apparences d'extrême vieillesse, une part de décrépitude précoce; mais combien de fois ailleurs l'antiquité réelle des travaux nous est confirmée par des preuves moins imaginatives !

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

N'est-il pas naturel, d'ailleurs, que l'éclosion de la plante humaine ait été d'abord réalisée dans les contrées fertiles et fécondes, où il semble que les conditions nécessaires à son évolution étaient mieux que partout ailleurs remplies ? On conçoit difficilement l'homme se développant, avec la faiblesse physique et les ressources intellectuelles qui le caractérisent, dans des pays glacés ou brûlants, où, dès le premier instant, sa vie aurait dû être une lutte perpétuelle contre la nature. Là il a dû rester retardataire et perpétuer beaucoup plus longtemps une sauvagerie primitive dont nous rencontrons toujours des indices particulièrement nombreux. On se le représente mieux, dans quelques belles forêts chaudes et lumineuses, où sa faim était aisément satisfaite, où le froid ne le préoccupait pas, conquérant, par les loisirs de sa vie matérielle, un stade supérieur de l'évolution.

Mais la conséquence de cette histoire humaine si ancienne est, en ce qui concerne les richesses minérales examinées ici, une très antique et très longue exploitation, poussée, dans bien des cas, pour les substances auxquelles elle s'appliquait et dans les limites de profondeur qu'elle pouvait atteindre, jusqu'à l'épuisement. La richesse minérale est éphémère. Il est naturel que, lorsqu'on l'a extraite longtemps du sol, des travaux plus modernes trouvent difficilement à y glaner. Ce qui se produit chaque jour sous nos yeux pour des centres d'exploitation récents n'a pu manquer de se réaliser ici il y a des siècles ou des milliers d'ans. Comme nous avons assisté à la mise en valeur successive des champs d'or sibériens dans le sens de l'Ouest à l'Est, puis à leur épuisement, comme en d'autres contrées nous avons vu tarir, en quelques années, les mines d'or de Coolgardie ou les placers du Yukon, on a dû, des milliers d'années plus tôt, fouiller jusqu'à l'extinction des placers que nous ne soupçonnons plus, des affleurements filoniens dont il ne reste plus que la profondeur appauvrie[1]. D'autres causes assurément peuvent influer sur la pauvreté relative de l'Asie en richesses minérales aujourd'hui apparentes, causes géologiques sur lesquelles nous insisterons tout spécialement dans cet ouvrage ; mais il fallait, dès le début, mentionner en outre cette cause historique.

L'histoire antique de l'industrie minérale en Asie pourrait être fort intéressante, mais nous entraînerait bien loin. Nous nous contenterons d'en résumer très brièvement quelques traits en nous bornant aux régions occidentales, avec lesquelles la civilisation européenne a eu anciennement des rapports connus et réservant ce qui concerne l'Extrême-Orient pour un paragraphe suivant qui sera consacré à l'évolution de l'industrie minérale asiatique en des temps plus modernes.

Le monde antique a surtout exploité quelques métaux essentiels

[1] Voir, pour le développement de ces idées : L. De Launay. *La conquête minérale* (Bibl. de Phil. Scientif., Flammarion, 1908).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

comme l'or, l'argent (associé au plomb), le cuivre, l'étain et le fer, accessoirement des substances minérales telles que les pierres précieuses, le jade, etc. Nous allons les examiner tour à tour.

L'or antique[1]. — Quand on voit, au musée du Caire ou dans le trésor de Mycènes, à Athènes, les richesses en or fournies par quelques sépultures antiques, on est tout naturellement amené à se demander quelle fut l'origine de cet or. Il est incontestable que les anciens ont connu, sur la côte de la mer Rouge, en Lydie, peut-être dans le Turkestan et l'Inde, puis en Macédoine, dans le Sud de l'Espagne, en Lombardie, en Gaule même, etc., de premières Californies, bientôt épuisées, dont les textes anciens nous vantent la production avec un enthousiasme que l'on a peut-être eu tort d'attribuer trop exclusivement à l'imagination méridionale. Voici quelques renseignements succincts sur ce sujet.

Les premiers centres d'extraction furent évidemment dans la zone des plus anciennes civilisations, en Arménie, en Chaldée, en Asie Mineure ou en Egypte. Nous n'avons à peu près aucun renseignement sur les mines qui purent exister très anciennement en Arménie, dans l'Altaï, dans l'Oural, en Sibérie, etc., quoique certains passages d'Hérodote sur les Arimaspes voisins des Scythes et contigus avec les Griffons gardiens de l'or[2], aient pu être appliqués à l'Oural ou à la Boukharie. Mais il est bien vraisemblable que l'or, apporté de l'Asie septentrionale et de l'Inde par caravanes, contribuait à alimenter ce trésor des rois perses, qui a joué un si grand rôle dans les négociations avec la Grèce. La Grèce elle-même était très pauvre en or jusqu'aux guerres médiques; mais la Perse en possédait certainement de grandes quantités. Les gisements d'or de l'Arménie sont mentionnés par Strabon; ceux de la Colchide, à l'Ouest du Caucase dans la vallée du Rion, près de Koutais, ont donné lieu aux fabuleuses légendes de la Toison d'or.

Dans l'intérieur du continent, les placers aurifères de la Boukharie et de la Kachgarie, aujourd'hui presque épuisés, ont dû être connus depuis une très haute antiquité. Des traditions locales, que paraît confirmer une médaille trouvée à Talbar, semblent indiquer d'anciens travaux hébraïques sur ce point, et il n'en a pas fallu plus pour que l'imagina-

[1] Voir, sur l'or antique: L. De Launay. *L'Or dans le monde*, géologie, extraction, économie politique (Armand Colin, 1907, p. 89). *La conquête minérale* (Flammarion, 1908, p. 44 et ch. IV, avec bibl., p. 381). *Les mines d'or antiques* (la Nature, 15 juin 1907). — D'une façon générale, pour les mines antiques, voir: Blümner. *Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern*. Leipzig, 1886, t. IV, p. 10; 1906, Freise. *Die Gewinnung nützbarer Mineralien in Kleinasien während des Alterthums* (Z. f. pr. G., p. 277-284); pour le fer: L. De Launay, article *Ferrum*, du dictionnaire des Antiquités grecques et romaines.

[2] Hérodote, III, 116 et IV, 13.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tion des archéologues y vît un des très nombreux prototypes de l'Ophir du roi Salomon. La période d'occupation grecque se traduit là d'une manière plus précise par des objets d'or et des monnaies. Il est curieux de remarquer à ce sujet que la toison d'or de Jason est encore employée pour recueillir l'or dans les alluvions de l'Amou-Daria. C'est une peau, dont la toison est tondue jusqu'à un centimètre de la racine, de manière à donner au toucher l'impression d'un velours. De 5 en 5 centimètres, une rigole de 15 millimètres est ménagée à ras peau en travers du courant, afin que les grains d'or fin y pénètrent et soient arrêtés ensuite par la laine.

Les mines de l'Asie Mineure, bien mieux connues, ont été longtemps fameuses; il ne serait pas impossible que quelques-unes le redevinssent bientôt, si réellement nous avons vu la fin de l'anarchie ottomane. Il suffit, pour s'en rendre compte, de penser aux antiques légendes du Pactole, de Crésus, roi de Sardes, ou de Midas, roi de Phrygie, changeant en or tout ce qu'il touchait. Les anciens vantaient, du temps d'Hérodote, l'immense quantité d'ouvrages en or offerts à Delphes par ces « barbares », Midas d'abord, puis Gygès, roi de Lydie et ancêtre de Crésus. Il y avait là manifestement, cinq siècles avant Jésus-Christ, quelques grands centres d'extraction, qui nous sont connus par Hérodote ou, plus tard, par Strabon, bien qu'à l'époque de ce géographe (temps de Tibère) les mines en question fussent épuisées. La Phrygie était riche en or. Tantale et les Pélopides, puis Priam, y tiraient leur métal précieux des mines d'Astyra (au Nord de Troie) qui, jadis très riches, comme le montraient la masse des déblais et la profondeur des excavations, ne donnaient plus, au temps de Strabon, que des produits insignifiants. Plus au Sud, en Lydie, d'autre part, dans la plaine de Sardes, l'or des Gygès, des Alyatte, des Crésus, provenait en partie du Pactole, qui devait se trouver près de Sart (Sardes) dans une des vallées descendant du mont Tmolos à la rivière l'Hermos. Les sables de cette rivière avaient contenu jadis beaucoup de paillettes d'or; mais il n'en restait déjà plus trace au temps de Strabon. Un autre centre d'exploitation où, au début de l'ère chrétienne, on voyait encore des restes de travaux abandonnés près d'une petite ville désertée, se trouvait plus à l'Ouest, entre Pergame et Atarneos, en Troade, à la hauteur de Mételin. Enfin le mont Sipyle, qui est au Nord de Smyrne, avait fourni de l'or à Tantale.

En continuant le tour de la mer Égée vers le Nord, on arrive bientôt aux mines également réputées de la Macédoine et de Thasos. A Thasos, Hérodote décrit, pour les avoir visitées lui-même, des mines d'or très importantes dans une région où l'on ne voit plus aujourd'hui que des filons complexes, surtout cuprifères; mais la plus grande richesse en or devait être sur le continent, à Philippes, au mont Pangée, etc., dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

Parmi les îles de la mer Égée, en dehors de Thasos que j'ai déjà citée,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

on a parfois mentionné Chypre comme produisant de l'or; ce n'était, en tout cas, qu'un accessoire dans ses exploitations de cuivre.

Au Sud de la mer Égée, on connaît exactement la place des mines d'or qui existaient en Égypte, sur la mer Rouge[1]; mais l'on sait seulement d'une façon vague qu'il arrivait de l'or par caravanes depuis la région côtière de l'Arabie.

Étain et cuivre. — Je ne reprendrai pas ici la vieille discussion de l'origine primitive de l'étain. J'ai été récemment amené, dans un autre

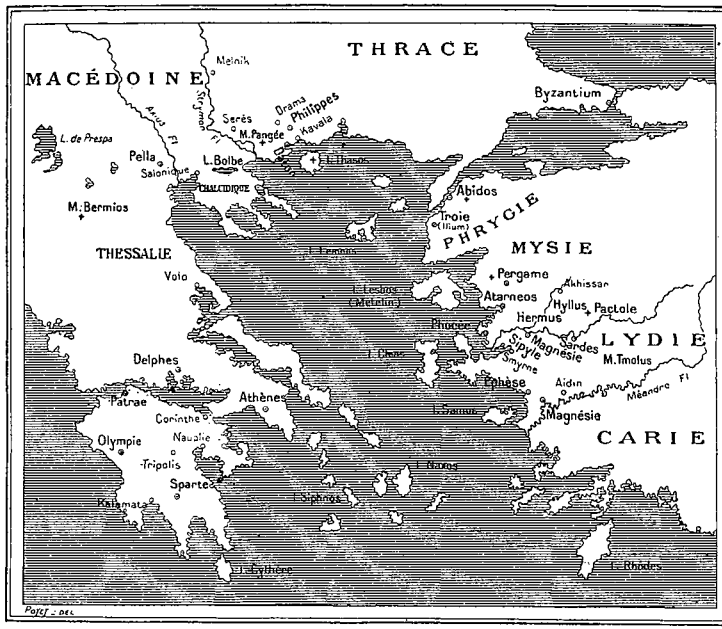


Fig. 1. — Carte des gisements d'or antiques.

ouvrage, à insister sur les conséquences singulières qu'entraînent les faits les plus généralement admis relativement à cette question.

Au IIIe siècle avant J.-C., l'Inde recevait son étain d'Alexandrie et non de Malacca, où se trouve aujourd'hui, et depuis longtemps, le premier centre stannifère du monde. Longtemps auparavant, le courant commercial semble avoir été établi dans le même sens de l'Ouest à l'Est, et il y a bien des probabilités pour que l'étain enfoui dans les monuments égyptiens et chaldéens 4000 ans avant notre ère ait eu pour provenance, non pas l'Asie orientale, mais, sinon le Cornwall, du moins l'Europe occidentale, où d'autres gisements ont existé, soit dans notre pays, soit en Espagne. Est-ce à dire que l'étain ait été d'abord découvert dans ces

[1] Voir *Richesses minérales de l'Afrique*, p. 114.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

contrées voisines de l'Atlantique? Je serais plutôt porté à croire qu'on a dû au début recueillir de l'étain en Asie dans un certain nombre d'alluvions stannifères qui se sont épuisées et dont les filons primitifs sont trop pauvres pour être aujourd'hui exploités ou même connus. L'étain existe, nous le verrons, en divers points de l'Asie, où nous en noterons la présence avec le plus grand soin, précisément en raison de l'intérêt historique qui s'attache à cette étude. Bien des pays asiatiques ont eu certainement du bronze très antérieurement aux époques pour lesquelles nous réussissons à établir une approximative chronologie.

Quant au cuivre, les mines abondent dans le Caucase, en Arménie, en Asie Mineure, à Chypre, etc.: la plupart trop pauvres pour se prêter à une bien fructueuse exploitation moderne, mais ayant eu néanmoins leur heure de prospérité, dont témoigne, notamment pour Chypre, l'assimilation entre le nom de l'île, celui de Vénus et celui du métal.

La région du Caucase et de l'Arménie mérite spécialement qu'on s'y arrête; car c'est un des centres où a dû se constituer la métallurgie primitive, par le travail, aussi bien du bronze que du fer. J'ai eu l'occasion de montrer ailleurs comment des fondeurs nomades avaient dû partir de ces contrées pour introduire des connaissances de métallurgie primitive dans le monde antique. En reconstituant l'histoire légendaire des Telchines[1], qui ont joué un si grand rôle dans toutes les traditions relatives à la fabrication antique des métaux, je suis arrivé à cette conclusion qu'il avait dû exister un très primitif foyer industriel sur le versant Sud du Caucase, dans ce pays de Koutais et du Rion qui fut la Colchide, avec son Phase, où les compagnons de Jason vinrent conquérir la toison d'or et que, de là, la science des métaux dut gagner, par diverses voies le monde plus occidental : d'une part, en descendant à l'Est vers la Chaldée et l'Égypte; de l'autre, en suivant le littoral de la mer Noire, par le royaume de Pont (pays des Chalybes) et Sinop; enfin, par la Russie méridionale et le pays des Scythes. Deux faits dominent cette histoire légendaire, le lavage de l'or en Colchide, et l'invention prétendue du travail du fer par les Chalybes, en Arménie, avec une forte présomption que l'art de fondre le cuivre, et probablement aussi le bronze, dut s'implanter de bonne heure dans les mêmes contrées. Nous ne pouvons insister davantage ici sur ces intéressantes questions. Mais, en dehors des récits faits par les Grecs, les chroniques arméniennes mentionnent la grande richesse minérale de la Transcaucasie. Des tas de scories, d'anciens puits montrent les points principaux où eut lieu ce travail : dans les gouvernements de Kars, d'Érivan, d'Élisabethpol, dans le district de Zanghezour.

Le Caucase et la Transcaucasie, avec la partie contiguë de l'Arménie,

[1] *Les Telchines et les origines légendaires de la métallurgie antique* (Rev. gén. des Sc., 15 juin 1908).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sont incontestablement de très anciens centres miniers et métallurgiques, où se retrouvent, de tous côtés, en dehors même des documents historiques, les preuves directes d'anciens travaux très prolongés. C'est surtout sur des gisements de cuivre qu'on les rencontre[1]. Il est à remarquer cependant que beaucoup des chalcopyrites, dont nous décrirons plus loin les filons, contiennent, comme nous le dirons, des quantités d'or et d'argent notables. Il me paraît probable que, là comme dans beaucoup d'autres régions à exploitations antiques, on a recueilli jadis de l'or concentré dans les placers par un double travail de préparation chimique puis mécanique, ayant d'abord été altéré sur place, puis remanié sur les parties hautes des filons sulfureux. Il est possible, en outre, qu'on ait extrait métallurgiquement des métaux précieux de certaines veines de minerai superficielles, où il s'en était rassemblé des quantités particulièrement notables. En tout cas, la région du Caucase est à rapprocher de la province d'Huelva, de Thasos, de Bourgas, de Chypre, etc., comme ancien centre de métallurgie cuprifère. Peut-être même y trouvera-t-on un jour des gisements d'étain, qui n'ont pas encore été signalés à ma connaissance, mais qui donneraient historiquement la solution de l'énigme depuis si longtemps posée pour l'origine de l'étain et qui, géologiquement, y seraient mieux à leur place qu'on ne le croirait d'abord par la tectonique récente de la chaîne. Nous verrons, en effet, dominer, en se rapprochant de la frontière persane, un groupe minéralogique composé de chalcopyrite aurifère, et quartz avec molybdénite, dans lequel nous sommes habitués à rencontrer, en une foule de pays, soit l'étain même, soit quelques-uns de ses satellites habituels, comme le bismuth, le tungstène, etc.

Entre ces anciennes exploitations minières de la région caucasique, le principal groupe est celui dit du Zanghezour, tout à fait à la frontière persane, sur la limite des gouvernements d'Élisabethpol et d'Érivan. Les restes de vieux travaux, attribués au temps des Perses et des Mèdes, y sont très nombreux sous la forme de puits atteignant 40 m. et reliés par des galeries en direction très étroites, de travers-bancs, de scories, etc.

De même, le groupe d'Allah-Verdi, Akthala, Tchamlouk, etc., à 80 km. du Sud de Tiflis, paraît avoir été exploité, pour or, argent et cuivre, dans les temps les plus reculés, et M. de Morgan, dans une série de fouilles entreprises pendant qu'il dirigeait l'exploitation de ces mines, a fait, à ce sujet, de curieuses découvertes archéologiques. Les documents anciens montrent que, du temps d'Héraclius, ces mines d'Akthala fournissaient aux fermiers grecs près de 3.000 kg. d'argent par an ; elles ont continué depuis à donner l'or et l'argent façonnés de tout temps par les bijoutiers et artistes grousiens.

[1] Voir, à ce sujet : Nicou. *Le cuivre en Transcaucasie* (Ann. d. M., 8e sér., t. VI, p. 13-34, etc., 1904).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Plomb argentifère. — Dans les groupemenents métallurgiques complexes, où dominent le plomb argentifère et le zinc, les anciens ont toujours laissé de côté le zinc; et c'est actuellement une de nos ressources quand nous retournons glaner dans leurs anciens travaux que d'y retrouver intact ce métal dédaigné par eux. Tous les pays commencent ainsi par exploiter l'or, puis l'argent et le cuivre, avant d'aborder le plomb, le fer et ce dernier venu des grands métaux, le zinc. Néanmoins beaucoup d'anciennes civilisations asiatiques, en Asie Mineure comme dans l'Inde, au Japon, etc., sont arrivées de bonne heure à cette phase industrielle où l'on extrait le plomb argentifère pour en retirer l'argent par la coupellation. Parmi les mines d'Asie Mineure ou de l'archipel grec, où l'on exploite aujourd'hui le plomb, il en est bien peu que les Grecs antiques n'aient connues. Nous citerons seulement, parmi les plus importantes, celles de Siphnos ou, en Grèce, le Laurion.

Fer. — Le travail du fer a commencé partout dans des conditions tellement différentes de celles avec lesquelles nous sommes aujourd'hui familiarisés qu'on a quelque peine à s'imaginer des centres de sidérurgie antique en des points où, actuellement, il ne reste, pour nous, aucun minerai utilisable.

Plus encore que pour les autres métaux, on peut, pour ce métal si banalement répandu dans l'écorce terrestre, prendre sur le vif une évolution économique qui se continue sous nos yeux et qui rend tour à tour utilisables des gisements très différents. Tout d'abord, il semble bien qu'un peu partout on ait traité pour le fer des minerais d'alluvions analogues à ceux où nous récoltons l'étain et où l'on recueillait alors des grains de magnétite arrachés aux roches, puis concentrés de manière à permettre un traitement tout à fait simple, dans de petits bas-foyers construits pour quelque temps par des fondeurs nomades. Cet état de choses existait encore il y a fort peu de temps au Japon, où l'on a pu étudier une métallurgie de ce genre perpétuée jusqu'à nous[1]. Dans le pays des Chalybes (royaume de Pont) si fameux pendant l'antiquité et dont nous venons de dire un mot plus haut, il est bien probable qu'on traitait des minerais de ce genre. Plus tard encore, un peu partout, on a organisé des bas-foyers rudimentaires pour traiter des oxydes particulièrement fusibles que l'on trouvait souvent sur les affleurements altérés ou même remaniés des filons et d'autres gisements plus profonds, dans ce qu'on appelle les latérites, etc. C'est le type des petites métallurgies primitives qui ont disparu en Europe depuis la fin du XVIIIe siècle, qui, en Asie, subsistent encore en divers points, comme l'Inde ou la Chine[2], à l'occasion desquelles nous aurons à en reparler, mais que le

[1] 1874. D. Sévoz (Ann. d. M., 7e série, t. VI, p. 345).

[2] Voir, à ce sujet, les rapports de MM. Leclerc et Lantenois cités plus loin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

progrès rapide des moyens de communication rejetera bientôt dans le passé par la centralisation de plus en plus prononcée qu'il amène dans une semblable industrie d'un caractère universel.

Minéraux divers. — Nous reparlerons plus tard de la question du jade qui a provoqué tant de discussions parmi les archéologues et qui, pour la plus grande part, venait d'Asie. Citons seulement, comme autres substances minérales asiatiques que l'antiquité tirait d'Asie, la fameuse terre sigillée dont j'ai été chercher autrefois le gisement dans l'île de Lemnos[1], les terres exceptionnellement légères dont on fabriquait les briques rhodiennes, employées encore dans la construction de Sainte-Sophie, enfin les aluns, dont les Orientaux connaissaient l'usage pour la teinture, le travail des cuirs, etc., et que l'on tirait uniquement d'Asie jusqu'au jour où un gentilhomme vénitien, revenant d'Orient, reconnut les gisements d'alunite de la Tolfa, dans la Campagne Romaine. Depuis un temps immémorial, les turquoises viennent exclusivement de la Perse et du Sinaï, les diamants venaient de l'Inde, etc.

B. — LES TEMPS MODERNES

Entre l'antiquité et l'époque contemporaine, l'histoire de l'industrie minérale asiatique n'a pas obéi à une loi d'évolution unique et continue, mais à une série d'influences indépendantes et souvent contradictoires, apportant, les unes la vie et les autres la mort. Il en est résulté que cette histoire nous apparaît nécessairement très fragmentaire, et devra tout à l'heure être résumée pays par pays. D'un côté, l'on a vu, dans les contrées désolées du Nord et du Centre, des peuples restés primitifs, qui atteignaient seulement ce premier stade de la connaissance minière et métallurgique, où on lave des sables d'or, ou bien, tout au plus, ceux où l'on prépare un peu de fer, un peu de cuivre, avec des minerais superficiels. Ailleurs, dans les contrées plus méridionales et plus prospères, on a atteint, conservé ou retrouvé à peu près le degré auquel s'était élevée la civilisation antique. En Asie Mineure, et dans les pays que cette civilisation avait fécondés, cela s'est fait par un effort de conservation instinctive, de transmission latente, qui, des Grecs aux Romains et aux Byzantins, a perpétué des traditions, encore gardées plus tard dans une faible mesure pendant la longue nuit de la domination turque. Dans l'Inde, c'est une civilisation indépendante, qui, de son côté, a su exploiter, avec l'or, le plomb argentifère, le cuivre, l'étain, le fer, les pierres précieuses, etc. En Chine, on n'a pas seulement atteint le degré des anciens, mais on l'a dépassé et, longtemps avant l'Europe, on a su

[1] 1888. L. de Launay. *Notes sur Lemnos* (Revue archéologique).

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

extraire et utiliser le zinc, le pétrole, les gaz combustibles, obtenir par forages les sources salées, etc. Au Japon enfin, un développement minier s'est produit dès l'an 700 de notre ère par la mise en valeur des mines de cuivre ; et surtout une phase active a marqué le XVIIe et le XVIIIe siècles en attendant le grand essor tout à fait contemporain.

Puis un jour est venu, où le flot des invasions, qui, si longtemps, s'était porté d'Asie en Europe pour piller et détruire, est retourné d'Europe en Asie, pour conquérir et prendre encore, mais cette fois en créant. L'Asie n'avait jamais été le monde absolument fermé, inconnu et étranger à notre histoire que fut l'Afrique, jusqu'à nos jours. Certaines relations, dont nous avons rappelé plus haut l'antiquité reculée, s'étaient perpétuées. Mais, tant que la force des barbares, fournie à flots toujours aussi abondants par les réservoirs asiatiques, ne fut pas tenue en échec, puis maîtrisée par les inventions scientifiques des Européens appliquées à leur défense, ces rapports industriels et commerciaux des Européens et des Asiatiques se bornèrent à peu de chose. La transformation ne se fit qu'à l'époque, assez récente, où les Européens prirent enfin, à l'égard de l'Asie, une supériorité appuyée, d'abord sur la découverte de la poudre, puis sur la cohésion et la discipline que détermina cet instrument extraordinaire de domination, puis sur les découvertes qu'entraîna, par une action connexe, un état de paix relative plus favorable au travail. A partir du XVIe siècle, un courant nouveau se produit, qui n'aboutit qu'au XVIIIe siècle à des établissements un peu étendus et à une influence sur l'industrie spéciale que nous envisageons ici, qui enfin, au cours du XIXe siècle, a produit la mise en valeur progressive de l'Asie par les méthodes européennes.

Par un phénomène très explicable, mais qui peut néanmoins paraître paradoxal, c'est d'abord dans les pays malheureux et déshérités du Nord, c'est en Sibérie qu'eut lieu le premier effet de cet état nouveau. Ailleurs, dans les contrées heureuses baignées par les mers chaudes de la zone tropicale et favorisées par la circulation facile des navires, on avait d'autres moyens plus simples de s'enrichir que de pénétrer dans les profondeurs de la terre, pour gratter des minerais. Ce ne sont ni les Hollandais, ni les Espagnols, ni même les Anglais et les Français qui ont donné en Asie le premier essor à l'industrie minière. Tout au plus, dans l'Inde, à Malacca, à Bangka, aux Philippines, etc., se bornait-on à conserver les industries minières des indigènes, l'exploitation de l'étain, de l'or, des diamants, etc., en tâchant le plus possible de s'en approprier les fruits. En Sibérie, on fit plus et le désir de mettre en valeur le domaine privé du souverain, qui s'était attribué toutes les régions réputées riches en mines (Altaï, Nertchinsk, etc.) avec les facilités que donnait à cet égard l'emploi des prisonniers, amenèrent une extension assez rapide des travaux miniers. Il y aurait, à ce propos, un chapitre intéressant à écrire sur le rôle de la main-d'œuvre pénale dans la mise

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en valeur de la richesse minérale asiatique et océanique, en Sibérie, à Sakhaline, en Australie, en Nouvelle-Calédonie, à Sumatra, etc. Les pays, riches par ailleurs comme l'Inde, l'Indo-Chine, les Indes hollandaises, ne sont arrivés que beaucoup plus récemment, quelquefois même tout à fait dans les dernières années, à une utilisation de la richesse minérale, qui représente pour eux un stade très supérieur, celui où le développement des voies de communication, l'augmentation de la population, les besoins sans cesse croissants d'une clientèle plus nombreuse et plus exigeante, les occasions moindres d'employer les capitaux amènent à s'ingénier pour tirer parti de ces ressources, laissées auparavant enfouies dans la terre. L'Inde a donné l'exemple; l'Indo-Chine, plus récemment occupée par nous, a suivi; les Indes hollandaises emboîtent lentement le pas.

Mais, actuellement, nous arrivons à une phase tout à fait différente et qui peut ménager bien des surprises. Le ferment européen, que l'on a jeté pendant un siècle dans la pâte asiatique, restée auparavant amorphe, s'est mis à lever dans des conditions plus propices, quelquefois avec la violence d'une explosion. Après la période où la force plus neuve des asiatiques avait triomphé de la faiblesse des Européens, puis celle où les Européens, en ajoutant à leur force l'avantage de la science, avaient repris le dessus, il est arrivé que la science européenne, apprise aux Asiatiques, s'est ajoutée, chez eux, à des énergies restées plus intactes et leur a créé une sorte de supériorité momentanée, celle du demi-barbare armé sur le trop civilisé. Les victoires des Japonais sur les Russes, victoires encouragées ou regardées avec sympathie par des nations qui cependant, comme l'Angleterre, avaient de grand intérêts en Asie, ont soulevé, dans cette Asie que l'on croyait endormie, retombée en enfance ou morte, une émotion qui prend l'allure d'une résurrection nationaliste, et qui peut aboutir (avec quelques secousses sans doute) à la constitution d'une industrie asiatique par les Asiatiques, non plus par les Européens. Le mouvement est trop capital à l'heure présente pour ne pas être signalé.

Nous assistons aujourd'hui à la naissance d'une Asie nouvelle, comme, en d'autres continents, est née plus vite une Amérique à laquelle nous sommes accoutumés, comme, en Afrique, s'agite et cherche vaguement à se coordonner un monde noir, dont le groupement, dont l'entrée en jeu peut être prochaine, introduira un élément nouveau dans nos problèmes économiques et politiques déjà si complexes. De toutes parts, craquent les vieux cadres qui maintenaient au profit de l'Europe une suprématie, conquise jadis par le fer des Romains, puis par celui des barbares, (c'est-à-dire, au fond, par des émigrés de l'Asie centrale retrempés dans des pays plus favorables à l'évolution rapide de la plante humaine) et accentuée par le reflux de ces Asiatiques, devenus Européens, vers leurs pays d'origine. En Asie, cette transformation nous frappe particulièrement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

parce qu'elle s'opère, ou, si l'on veut, s'accélère à cette heure même.

Chez les hommes les plus inférieurs et les plus humbles, l'orgueil est, on le méconnaît trop souvent quand on est chargé de les régir, un mobile presque aussi puissant que l'intérêt. Ici, ces deux sentiments se sont trouvés d'accord pour inciter tous ces Asiatiques, que nous avions si longtemps traités de haut en bas, à se révolter contre nous, à refouler notre courant le jour où ils ont aperçu la possibilité de le faire. Il a suffi qu'un pays d'Asie donnât l'exemple et montrât, par de rapides succès, la possibilité, pour des jaunes, de battre des blancs ; aussitôt s'est réveillé, chez tous les autres Asiatiques, le sentiment confus d'une force inutilisée, de possibilités oubliées, s'est redressé l'antique orgueil qui leur a fait depuis si longtemps mépriser à tous, aussi bien aux Turcs ou aux Persans qu'aux Indous, aux Chinois ou aux Annamites, les barbares Européens. Une transformation, qui s'opérait lentement, progressivement, avec l'introduction des voies ferrées dans le cœur de l'Asie et le courant d'idées nouvelles auquel ouvre toujours un passage la longueur de leurs rails d'acier, s'est soudain étrangement accélérée. Si des essais de parlementarisme, considérés par les Asiatiques comme un indice de civilisation supérieure, se manifestent bruyamment en Perse, plus sagement en Turquie, si l'Inde et l'Égypte grondent sourdement contre l'Angleterre, si la Chine dissimule mal sa xénophobie toujours renaissante, attendant seulement de nous avoir emprunté un peu d'argent pour refuser de le rendre et nous expulser, les victoires de Port-Arthur et de Tsoushima y sont certainement pour beaucoup.

Pour avoir pris un masque de libéralisme, la révolution turque n'en est pas moins un coup d'état militaire à la mode ancienne, dont la vraie chance de succès est dans l'exploitation du sentiment nationaliste contre les Européens.

Dans le domaine de l'industrie minérale, le premier résultat de ces mouvements xénophobes a été l'étonnante transformation du Japon. En quelques années, on l'a vu sauter de cette phase, où on lave sur les plages des sables de magnétite pour en tirer un peu de fer, à la création de colossales, de prématurées aciéries modernes.

A première vue, il pourra sembler qu'il en sera de même partout ailleurs et que l'actuelle révolution morale va avoir pour seule conséquence celle qui apparaît tout d'abord, à savoir la création rapide de chemins de fer, puis d'usines, la confection par les Asiatiques de ces engins à aspect pacifique qui sont les vrais outils de la guerre moderne. Mais il est bien à présumer que le passage d'un état à l'autre ne se fera pas partout avec la même facilité qui l'a rendu si remarquable au Japon, chez un peuple dont l'ancienne civilisation était, il ne faut pas l'oublier, extrêmement raffinée, où l'orgueil national est intense et où les éléments anarchistes commencent seulement à prendre leur développement. En d'autres pays, on verra sans doute encore bien des reculs, des périodes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de désordres et de révolutions. Néanmoins le mouvement est lancé ; les chemins de fer, une fois créés, accomplissent inévitablement leur œuvre et nous allons assister certainement à une création de nombreuses industries minières dans toutes les parties de l'Asie qui, malgré tout, en s'ouvrant à notre civilisation, seront forcées de recourir momentanément à nos capitaux. C'est ce qui donne à la question de l'industrie minière asiatique une singulière actualité.

Dans ce mouvement asiatique, qui se traduira encore, quelque temps, par une intervention croissante des Européens dans les affaires d'Asie, même là où la haine est la plus violente contre eux, les richesses minières vont jouer un grand rôle. Plus encore que toutes autres entreprises industrielles, les mines exercent un prestige, non seulement sur les joueurs sérieux et convaincus qui y voient le moyen le plus rapide, quelquefois même le plus scientifiquement appréciable, de faire une brillante fortune, mais aussi sur des financiers qui admirent avant tout leurs possibilités illimitées et toujours flottantes comme un instrument merveilleux de fascination sur l'esprit de leur clientèle. La pénétration en Asie (et ce n'est pas un fait spécial à ce continent) s'est d'abord traduite par des rivalités d'influence entre des banques qui se disputaient les affaires minières à lancer comme les emprunts à émettre. A cet égard, ceux qui ont l'habitude de compulser les cotes de la Bourse ont pu remarquer combien reste en somme restreint le nombre des affaires de mines asiatiques formées en sociétés par actions et émises sur les marchés européens. Il n'en sera peut-être pas longtemps ainsi. La soi-disant rénovation de la Turquie va servir de prétexte à bien des lancements d'affaires minières en Asie Mineure. L'Inde, qui, depuis trente ans, en 1882, en 1896, a vu deux ou trois krachs retentissants sur ses mines d'or, assistera encore à plus d'un « boom ». On commence à s'occuper activement des houillères chinoises. En Sibérie, le jour où l'on aura triomphé des difficultés créées par le régime spécial de la propriété minière, on saura également « flotter » plus d'une valeur de placer ou de filon, à la suite des Lena Goldfields, de la Spassky, etc. Aux Indes hollandaises, on ne restera pas sur le souvenir des spéculations manquées de la période de 1896. Déjà les pétroles de Sumatra, les étains des Détroits sont connus de nos capitalistes; les mines d'or de Bornéo ou de Célèbes suivront. Et il est fort à présumer que les Américains ne resteront pas en arrière aux Philippines. Il y a donc un intérêt immédiat à apprécier la valeur des « richesses » qui vont nous être offertes.

Telles sont, je crois, les grandes lignes du problème historique abordé dans ce chapitre; nous allons maintenant ajouter quelques mots sur chacune des principales contrées qui y ont pris part, avant de traiter, dans les chapitres suivants, la statistique et l'état actuel de cette industrie.

Asie russe. — L'Asie russe, à laquelle nous rattachons l'Oural et le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Caucase, a commencé par être mise en valeur dans l'Oural, où les propriétés des Demidoff remontent au milieu du XVIIIe siècle.

On y a de longue date extrait l'or, puis des minerais de cuivre, (depuis 1814 à Mednoroudiansk), avec les fameuses malachites que l'on trouvait, vers 1836, dans les mêmes gisements, du fer et enfin du platine. Les filons d'or de Bérézovsk sont connus depuis 1745, ceux de Kotchkar depuis 1844. Dans l'intervalle, on a trouvé, en 1825, les gisements de platine de Nijni-Taguilsk (le métal lui-même ayant été découvert, on le sait, en 1745, en Colombie).

La mise en valeur des richesses minières sibériennes a commencé à la fin du XVIIIe siècle. Tout naturellement, le développement du pays est parti de l'Europe et a suivi, dans le sens de l'Ouest à l'Est, la grande voie de communication naturelle, aujourd'hui jalonnée par le Transsibérien, le long de laquelle se sont d'abord développées les villes. Plus tard seulement, on s'est porté peu à peu vers les pays plus difficiles d'accès, d'abord au Sud, dans la direction de la Chine, puis au Nord, vers la zone arctique. Le district minier de Nijni-Taguilsk dans l'Oural fut la première étape vers l'Asie. Puis vint le district de l'Altaï (Kolyvan), qui, ainsi que celui de Nertchinsk, fait partie du domaine particulier des czars [1].

Tout ce pays de l'Altaï a été l'objet d'une exploitation minière extrêmement ancienne, attribuée à un peuple nommé les Tchoudes, qui paraît avoir eu une zone d'extension considérable du Baïkal à la Léna, et dont les Russes ont trouvé les travaux très développés quand ils ont redécouvert le pays au début du XVIIIe siècle. C'est dans ce pays aussi que l'on place les Massagètes d'Hérodote. La première fonderie moderne a été construite en 1725 par un Demidoff; les gisements de Sméinogorsk furent trouvés en 1736 et passèrent à cette époque comme les plus productifs du monde. En 1749, l'impératrice Élisabeth Petrovna acheta à Akinfy Demidoff le domaine de l'Altaï, étendu sur 44 millions d'hectares; et l'exploitation du plomb argentifière, accessoirement de cuivre, fut activement poussée en utilisant la main-d'œuvre pénale, y compris les déportés politiques, dans des conditions de cruauté qui ont été suffisamment popularisées par les récits et romans.

Puis, au XIXe siècle, on a exploité les placers aurifères suivant un ordre que nous verrons ultérieurement plus en détail : d'abord, vers 1830, ceux de l'Ienissei, relativement faciles à atteindre par leur proximité de Krasnoiarsk; plus tard, après 1850, ceux de la Léna et de ses deux affluents, le Vitim et l'Olekma, qui fournissent actuellement une

[1] Ce district de l'Altaï fut, au début du XIXe siècle, visité par une série de savants, tels que le géologue Stchourovsky (1846), les ingénieurs Helmersen, Hoffman, Printz, Radlof, Struve, dont les descriptions ont été longtemps utilisées sans contrôle. En 1895, un comité, formé sous la direction d'Inostrantzef, en a commencé l'étude géologique méthodique.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

forte part de la production En 1867, on a découvert, plus à l'Est encore, ceux de l'Amour et de la Zéya. Enfin, les années qui ont précédé la guerre russo-japonaise ont vu un essor vers les pays encore plus lointains, soit de l'Amgoun (affluent de l'Amour), soit de la Mandchourie, où ils ont contribué à préparer les hostilités, soit, plus au Nord, vers les rivages de la mer d'Okhotsk et le Kamchatka. Le Transsibérien, — construit, comme les lignes vers le Turkestan, pour des raisons politiques et militaires, beaucoup plus que par un intérêt économique —, a suscité sur son parcours un certain éveil industriel qui se traduit par quelques essais timides d'exploitation houillère.

Au Caucase, en dehors des industries locales qui remontent très loin, la création de la première usine à cuivre moderne par les Siemens date de 1864. Les minerais de manganèse de Tchiatoura n'ont commencé à être exploités qu'en 1879. Enfin, l'essor de l'industrie pétrolifère de Bakou est également de 1879.

Asie Mineure. — En Turquie d'Asie, on ne saurait, à proprement parler, faire un historique de l'industrie minière depuis les temps anciens. Car, dans un pays où, si longtemps, le gouvernement n'a semblé avoir d'autre but que de paralyser tout essor industriel, les exploitations minières se sont, en général, bornées à continuer tant bien que mal des travaux qui avaient existé de tout temps ou à commencer quelques grattages superficiels sans suite. Nous verrons, plus tard, comment se sont faites, dans ces dernières années, quelques rares tentatives d'exploitation plus moderne, sur les charbons d'Héraclée, les borates de Panderma, les plombs argentifères de Balia Karaidin, etc. Il est possible qu'un état de choses nouveau sorte de la dernière révolution turque. Chacun le souhaite, nul ne saurait encore l'affirmer.

Inde. — Pour nous, la vieille réputation de l'Inde, en fait de richesses minérales, ce sont les diamants qui ont popularisé, dans les imaginations, ce nom de Golconde, devenu synonyme de trésors merveilleux. Ces gisements, exploités au moins trois cents ans avant notre ère, fournissaient, il y a deux siècles encore, tous les diamants utilisés dans la parure européenne jusqu'au moment où la découverte des mines du Brésil en 1723, que suivit à un siècle et demi de distance la mise en exploitation de celles du Cap en 1867, a transporté le marché du diamant dans d'autres continents. C'est de l'Inde que sont venus, entre autres, le Grand Mogol, le Régent, le Diamant bleu de Hope, etc. Ces mines se sont progressivement épuisées et n'existent plus qu'à l'état de souvenir.

En dehors des diamants, l'Inde passait aussi pour fournir toutes les gemmes les plus rares, parmi lesquelles on peut compter les rubis de Birmanie, les rubis et saphirs de Ceylan. Mais l'Inde a eu encore bien

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'autres minerais dont il reste fort peu de choses : la richesse minérale de cette terre antique ayant été, au voisinage de la surface, épuisée.

Ces exploitations minières de l'Inde remontent très loin, ou du moins on sait assez vaguement qu'il a été fait de très anciens travaux, dont on retrouve partout les traces sous la forme de puits, de galeries au jour, de tranchées sur des affleurements de filons. Il n'est pour ainsi dire pas un gisement exploité aujourd'hui, à l'exception de ceux que les anciens négligaient, comme le manganèse, vers lequel on n'ait été attiré par ces traces d'anciens efforts [1]. Puis a eu lieu un très long arrêt, et la remise en valeur moderne est tout à fait récente. On a commencé par l'or, à Wainad et Kolar. On a continué par la houille, le manganèse, etc.

En 1798, le gouverneur de Bombay demandait aux autorités locales des informations sur les lavages d'or du Wainad; puis, en 1828, l'attention était de nouveau attirée de ce côté. Enfin, en 1880-1881, avait lieu un boom qui se termina par le désastre financier de 1882 et la ruine complète de toutes les compagnies formées. C'est à ce moment que l'on découvrit, ou redécouvrit, aussi les filons de Kolar, dont la production s'est surtout accrue dans les toutes dernières années : 40 millions en 1898; 60 en 1905 ; 53,8 en 1907.

De même pour les deux autres substances minérales exploitées avec activité dans l'Inde : le charbon montait à peine à 1 million de tonnes en 1880; il a atteint 13 en 1908; et le manganèse n'avait qu'une extraction de 68.500 t. en 1898; il a décuplé pour atteindre 504.000 t. en 1906, et 912.000 en 1907.

Chine. — En Chine, l'industrie minière est très ancienne, et chacun sait qu'elle a été poussée très loin (souvent presque jusqu'à l'épuisement des gîtes), que les Chinois ont inventé de bonne heure les instruments de sondage et mis en exploitation les couches salifères profondes, utilisé les gaz combustibles qui se dégageaient dans les mêmes régions, employé la houille pour le chauffage domestique et pour la métallurgie avec un empressement accru par l'extraordinaire déboisement de leur pays. Nous verrons, dans un chapitre suivant, quelles particularités marquent cette industrie qui s'est, jusqu'ici, peu transformée. Mais, dans l'ordre d'idées historique où nous nous plaçons ici, il faut signaler un événement qui a joué un grand rôle dans l'histoire de l'industrie minière chinoise, c'est la fameuse insurrection musulmane de 1856-1860, qui a déterminé l'arrêt d'un très grand nombre de mines dans le Yunnan et les provinces voisines, où a été surtout concentrée jusqu'ici l'industrie minière chinoise.

[1] Par une exception singulière, dans le Tibet, les Zadaki professent, pour les hommes qui travaillent le fer (et aussi pour les musiciens), un mépris qui a été signalé comme un cas d'atavisme singulier (Reclus, p. 116).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On sait combien les insurrections et les guerres civiles sont à l'état endémique en Chine, et l'on a souvent cité à ce propos l'histoire de cette ambassade chinoise arrivée en France pour assister à la guerre de 1870 et à la Commune, errant à la recherche d'un gouvernement accepté de tous et trouvant étonnante l'importance extrême attachée par nous à des désordres si naturels. Après la guerre des Taiping, commencée en 1848, dans le Kouang-si, poussée jusqu'à Pékin, étouffée en 1862 avec l'aide des contingents anglo-français, l'insurrection musulmane du Yunnan fut un des principaux parmi ces mouvements populaires, dont nous avons encore eu récemment un exemple avec l'insurrection des Boxers qui a amené une répression européenne.

En 1856, des rivalités éclatèrent dans le Yunnan entre mineurs mahométans et chinois, à la suite desquelles les Chinois résolurent de massacrer les Musulmans. Le coup ayant manqué en partie, il en résulta une guerre civile qui dura jusqu'en 1873 et se termina par le massacre de 30.000 musulmans, ou Panthès, dans les rues de Tali-fou. Dans la Chine septentrionale, l'insurrection musulmane des Dzounganes éclata en 1860 par le massacre des Chinois et des Mogols dans les provinces de Chensi et de Kansou. Le manque de cohésion des insurgés finit par amener leur ruine après quinze ans de luttes et de ruines.

Toujours dans l'ordre d'idées historique, il faut encore mentionner, dès à présent, ici, les essais plus ou moins anciens d'intervention européenne dans l'industrie minière chinoise, qui vont être, aux chapitres III et VIII, exposés sous leur forme actuelle. Bien que la question soit depuis longtemps posée, les résultats obtenus sont restés longtemps à peu près nuls, malgré les espoirs conçus à diverses reprises. Cette intervention avait semblé un moment devoir se faire très vite lorsqu'on a commencé à partager les « zones d'influence en Chine » entre nations européennes. De fait, ici comme en tant d'autres pays asiatiques, la rivalité des nations européennes entre elles les a paralysées jusqu'au moment où les indigènes, fournis d'armes et instruits par les nations concurrentes, ont exprimé de fortes velléités de les expulser toutes ensemble. Sauf les exploitations de houille de Mandchourie qui ne sont plus chinoises, celles du Petchili, à Kaiping, et quelques essais dans le Chan-toung ou le Chansi, on en est toujours, pour la résurrection des mines chinoises, à la période des projets, ou des explorations. Il faut, en effet, vaincre une hostilité populaire, dont nous dirons quelques mots plus tard, et dont un seul fait montrera la gravité : l'impossibilité où se sont trouvés très récemment les ingénieurs français envoyés en missions officielles de visiter, autrement que par surprise, la plupart des mines du Yunnan et même d'entrer dans les grandes mines d'étain de Ko-tiou, situées au voisinage de notre frontière.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Exprimer la production chinoise par des chiffres est impossible, faute de toute statistique. A plus forte raison ne saurait-il être question de chiffres rétrospectifs. On sait seulement que les mines de cuivre du Yunnan, dont l'origine peut remonter à un millier d'années, produisaient environ 6.000 t. au XVIIIe siècle (contre 1.000 ou 1.500 aujourd'hui). De même, les mines de mercure du Kouei-tchéou ont eu autrefois une importance comparable à celle des grands gisements mondiaux. On estime qu'elles pouvaient produire jadis 1.000 t. par an, avant l'époque où elles ont été fermées vers 1868.

Japon. — L'industrie minière est ancienne au Japon, et l'on fait remonter au début du VIIIe siècle un premier grand essor de la métallurgie du cuivre.

La tradition précise même la date et rapporte exactement à l'an 708 de l'ère chrétienne, la découverte du cuivre au Japon dans la province de Musasi. C'est l'origine de ce qu'on appelle les années Wado.

Dans l'ancienne chronologie des Japonais, il n'y a pas, en effet, de point de départ fixe et unique des évaluations d'années ; mais, à chaque avènement, le souverain choisissait le nom sous lequel devait être désigné le cycle ou *nengo* des années suivantes jusqu'au moment où un événement remarquable amenait à changer. C'est ainsi qu'en l'an 708 de l'ère chrétienne, commence le cycle des années Wado (ou « cuivre du Japon »).

L'exploitation de l'or, par exemple dans l'île de Sado, doit remonter aussi vers la même époque.

En dehors de ce primitif essor minier un peu légendaire, l'industrie japonaise a eu, en ce qui concerne l'or, le cuivre, le plomb argentifère, l'antimoine et même le charbon, un développement ancien, mais dont on ne doit pourtant pas exagérer l'ancienneté. Une série de monographies qui trouveront mieux leur place au chapitre IX, montreront que, dans bien des mines, la vieille période florissante doit se placer au milieu du XVIIIe siècle ou tout au plus dans le XVIIe. Le XVIIIe siècle, qui a été une période florissante pour l'art japonais, a manifesté également un effort industriel, qu'il ne faudrait pas, en raison de certains caractères archaïques, se laisser entraîner à trop reculer dans le passé. C'est, par exemple, nous le verrons, entre 1751 et 1763, que se place la découverte des « pierres noires » combustibles. La grande mine de cuivre de Besshi date de 1690. Osarisawa a été une mine d'or prospère de 1680 à 1760, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE II

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE L'INDUSTRIE ASIATIQUE ET DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL EN ASIE. — PROGRÈS DES VOIES DE COMMUNICATION

La mise en valeur de la richesse minérale dépend toujours à la fois de la nature et des hommes. Il faut d'abord, bien entendu, que les minerais existent ; et la seconde partie de notre travail sera consacrée à étudier les lois théoriques de cette répartition ; mais il faut aussi, et presque autant, que ces minerais soient utilisables : ce qui est déterminé par l'existence des moyens de communication, par la présence des centres de consommation, par le régime administratif et légal plus ou moins favorable à l'initiative individuelle. Dans cet ordre d'idées, les conditions politiques jouent un rôle prépondérant, et, pour apprécier ce que vaut une mine asiatique, il faut avant tout se rendre compte du régime, qui, non en théorie, non suivant les fictions diplomatiques, mais pratiquement, dans la contingence des faits, préside à son exploitation, Nous y avons déjà fait allusion, à la fin du chapitre précédent, en rappelant la transformation profonde qui s'opère sous nos yeux en Asie, la création bientôt sans doute réalisée d'une Asie nouvelle. Il y aurait là matière à des considérations fort intéressantes, sur lesquelles nous ne pouvons insister. Il suffira de dire que l'Asie, autrefois si fermée témoigne de velléités, momentanées ou durables, pour s'ouvrir à la forme de civilisation qui est actuellement regardée comme supérieure, et que, de ce chef, il peut se produire, du jour au lendemain, un changement profond dans la valeur, dans l'importance de son industrie minérale, jusqu'alors réduite à assez peu de chose en dehors des régions presque littorales. Si un tel phénomène s'accomplissait d'habitude suivant une courbe régulière et continue, on pourrait chercher à conclure de ce que nous voyons à ce qui peut se passer demain ; mais, en Asie plus encore que partout ailleurs, les évolutions sociales vont par saccades et par rebroussements ; la loi de l'action et de la réaction y domine ; les deux côtés, favorable et défavorable, que présente toute forme d'ingérence humaine, apparaissent tour à tour avec un non moindre éclat, suivant que cette ingérence est désirée ou réalisée. Il en résulte des difficultés toutes spéciales pour prophétiser ; et, sans longs développements, quel-

UNIVERSITÉ DE PARIS GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ques exemples tout récents, sur lesquels nous aurons à revenir dans les chapitres spéciaux relatifs à l'industrie de chaque pays, suffiront à manifester ce conflit qui est un peu partout à l'état aigu.

Voici d'abord la Russie d'Asie. Les flux et les reflux de la politique étrangère peuvent y faciliter ou ralentir la colonisation de la Sibérie, du Turkestan. Mais la politique intérieure intervient plus encore. L'autocratisme et l'anarchie se disputaient hier ce vaste pays, se le disputeront peut-être demain. Dans un empire, jusqu'ici centralisé à outrance, où toute industrie dépend de l'État-providence ou de l'État-danger, compte sur lui pour des commandes et prospère ou dépérit suivant son bon plaisir, un changement de régime peut avoir des conséquences incalculables. Il est difficile de dire ce que nous réserve l'avenir de la Russie. En tout cas, il faut quelque hardiesse pour se hasarder et entraîner les autres sur un terrain aussi mouvant; et ces témérités industrielles exigent du moins des perspectives de grands, de rapides bénéfices, que ne comportent pas toujours des richesses minérales en partie épuisées.

A côté de la Russie, la Turquie, avec des contrastes très apparents, lui ressemble fort. Là, la révolution vient d'avoir lieu, et l'état antérieur avait soulevé une si unanime indignation qu'on a regardé de tous côtés l'état de choses nouveau avec sympathie. La jeune Turquie peut ouvrir la porte à des entreprises minières qu'avait rebutées jusque-là, dans un pays pourtant si riche en mines, l'impossibilité absolue de rien organiser, de compter jamais sur le lendemain. On n'ose espérer pourtant la transformation radicale instantanément réalisée et durable de tout un peuple, de toute une mêlée confuse de races hostiles et de leurs mœurs séculaires. Surtout si des conflits extérieurs éclatent, ce qu'il est naturel de prévoir, le libéralisme turc peut être de courte durée.

Un peu plus loin, en Perse, le régime actuel est tout simplement l'anarchie, après avoir été longtemps l'arbitraire appuyé sur la corruption. Si les deux grands voisins, l'Angleterre et la Russie, n'étaient pas réconciliés pour quelques jours, à la fois par les embarras de la Russie à la suite de ses défaites, et par une alliance commune avec la France, on aurait peut-être déjà vu là une intervention qui tardera difficilement longtemps avant de se produire, qui aboutira sans doute tôt ou tard à un partage. Les minerais de Perse semblent de médiocre importance. Mais cela tient en grande partie à l'impossibilité où l'on a toujours été, soit d'entreprendre des recherches coûteuses, soit de compter sur la concession la plus formellement accordée. Sur d'aussi vastes étendues, le jour où l'ordre régnerait, avec ce degré de confiance dans le lendemain que comporte même le régime russe, à plus forte raison l'occupation anglaise, on verrait certainement quelques gisements mis en valeur.

Continuant notre tour de l'Asie, nous trouvons des pays plus fran-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

chement arrivés à la forme de civilisation industrielle: l'Inde sous le régime anglais, l'Indo-Chine (avec un retard dû à la prise de possession plus récente) entre les mains de la France. Là, les conditions actuelles sont favorables. Il n'est pas interdit cependant de prévoir pour l'avenir quelques difficultés tenant à l'émancipation progressive des races asiatiques, de plus en plus impatientes et frémissantes sous le joug européen. La formation d'une Inde aux Indous, d'une Indo-Chine aux Japonais, entraînerait, en Asie, de singuliers changements.

La Chine est l'un des pays asiatiques où l'avenir est le plus obscur. Les apparences varient du jour au lendemain; et les observateurs les plus perspicaces émettent les opinions les plus contradictoires.

Là, comme en Turquie, comme en Russie, deux partis intérieurs, plus ou moins coordonnés, plus ou moins conscients, tendent, l'un vers l'absolutisme, l'autre vers le « libéralisme »; ce dernier a finalement amené, le 14 octobre 1909, la première réunion des assemblées électives chinoises dans les 22 provinces, le premier embryon de parlement chinois (!). Mais il ne faut pas se faire d'illusions sur le degré de sympathie pour les Européens que comporte ce soi-disant libéralisme. Les partis libéraux d'Asie prennent partout un point d'appui nécessaire dans le sentiment national; et si, avec un peu plus d'habileté, avec une connaissance moins sommaire de certaines nécessités économiques et politiques, des hommes qui ont étudié l'Occident, qui ont appris nos langues, semblent parfois disposés à ouvrir la porte aux entreprises européennes, ce sont peut-être au fond les plus dangereux dans l'avenir; car leur but, à peine dissimulé, est d'utiliser les étrangers pour mettre leur pays en valeur et de les éliminer le jour où l'on pourra se passer d'eux. Les Européens, satisfaits de voir les Jaunes se modeler à leur image, se créent, pour un avenir prochain, de dangereux concurrents. En attendant, la Chine (à laquelle ces réflexions ne sont pas particulières) passe tour à tour par des accès de xénophobie violente ou de bienveillante hypocrisie, suivant qu'elle comprend avec plus ou moins d'intelligence son intérêt du moment, et l'on y accorde, puis l'on retire, puis l'on rétrocède à d'autres les concessions de chemins de fer et de mines avec une égale facilité. En face des Jaunes trop méprisés, la petite Europe, qui aura bientôt un besoin si évident de se coaliser devant la concurrence de l'Amérique ou de l'Asie, n'a encore vu, dans l'ouverture approximative du monde chinois, qu'une occasion de mettre en jeu ses rivalités intérieures et de se disputer à coups de surenchères des avantages dont la valeur devenait souvent très problématique. Néanmoins, dans quelques circonstances momentanées, la perfidie des Chinois, l'outrecuidance des Japonais ont déjà réussi à créer, entre blancs, un vague sentiment de solidarité, qui peut s'accentuer.

Jusqu'à nouvel ordre, ce qui fait la supériorité du vieux monde (en y comprenant, par une extension inaccoutumée, les États-Unis), c'est sa

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

richesse accumulée, ce sont ses disponibilités financières qui font que les peuples asiatiques ont besoin, pour quelque temps encore, de nous, comme les prodigues ont recours au juif — avec des sentiments, qu'on ne s'y trompe pas, souvent analogues —. Tout particulièrement quand il s'agit de chemins de fer et de mines, les pays neufs ne peuvent, quoiqu'ils le veuillent, se passer des vieux pays ; ils ne le peuvent guère non plus pour se procurer le matériel de guerre qui est destiné tôt ou tard à combattre et expulser leurs prêteurs. La perspective d'emprunts nouveaux assure ainsi provisoirement la bonne foi dans l'acquittement des conventions relatives aux emprunts anciens et aux concessions. Cela suffit pour permettre la création d'entreprises minières, dont la durée est brève et qui ne se conçoivent nulle part sans comporter beaucoup de jeu et d'aléa.

Sans autre développement, ces quelques mots auront permis d'apercevoir la complexité des interventions politiques dans la mise en valeur future de la richesse minérale asiatique. Mais, quelles que soient les circonstances changeantes de cette politique, il est un mouvement d'une importance capitale pour notre sujet, qui, étant maintenant commencé, ne peut plus s'arrêter, quoi qu'il arrive, et doit, au contraire, s'accélérer rapidement : c'est le développement des voies ferrées. Les pays qui furent, à cet égard, les plus réfractaires, ont compris l'avantage de ces « routes qui marchent si vite » et ceux qui ont le plus souffert des difficultés de communication sont peut-être les plus ardents à profiter des avantages nouveaux. La façon dont, en Turquie d'Asie, en Turkestan, en Chine, les paysans envahissent les wagons de chemins de fer, en est un signe bien manifeste et le développement rapide des recettes sur ces lignes qui, il est vrai, ont été d'abord construites là où les besoins étaient les plus intenses, sur les voies naturelles les mieux marquées par la nature, en témoigne également. Un très rapide exposé de cette question du développement des voies ferrées asiatiques touchera à l'un des points essentiels de notre enquête sur la mise en valeur future de la richesse minérale : cette richesse étant appelée à se développer dans la mesure où les chemins de fer la rendront fructueusement abordable.

DÉVELOPPEMENT DES CHEMINS DE FER ASIATIQUES

L'Asie comprend, on le sait, un énorme massif central à altitudes extrêmes, autour duquel les voies de circulation devront longtemps tourner sans l'aborder et dont les richesses minérales, d'ailleurs presque totalement inconnues pour le moment, ne sauraient guère entrer pour nous en ligne de compte. La largeur de ce massif a, dans tout le Tibet, 1.300 à 1.500 km., avec des altitudes d'au moins 3 à 4.000 m., et sa longueur est à peu près double. La France, l'Allemagne, l'Autriche et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'Espagne y tiendraient. Et, dans le Nord, les déserts du Tarim et du Gobi, quoique déprimés, le prolongent par de vastes régions inutiles à l'homme où rien n'attire son industrie. Mais, s'il est difficile d'aborder ce massif central et de le traverser, si les taches blanches ou les contours approximatifs des cartes y réservent encore des surprises, comme la découverte récente par Sven-Heddin d'une chaîne inconnue de 6.000 mètres, on peut le contourner ; et ce chemin de fer circulaire de l'Asie fait chaque jour des progrès aussi frappants que, dans des conditions toutes différentes, le transcontinental Nord-Sud africain. En Asie comme en Afrique, le premier besoin général est d'atteindre rapidement par terre le point extrême : ici la Chine et le Japon, comme là l'Afrique Australe. Mais, en Asie, ne pouvant faire la ligne directe Londres-Chang-haï ou Paris-Hanoï, sur la longueur de laquelle la nature a accumulé tous les obstacles, on est amené à en construire deux, l'une au Nord, l'autre au Sud, qui, en allant se réunir en Extrême-Orient, formeront vite le cercle. Il est inutile de rappeler comment le Transsibérien a, dès 1900, réalisé ce premier besoin immédiat de relier la Chine à l'Europe occidentale par une voie ferrée continue ; nous y reviendrons bientôt ; mais son tracé n'est intéressant que pour la colonisation future de la Sibérie et pour les points extrêmes : il ne dessert, sur son passage, aucune de ces régions à antique prospérité qui abondent au Sud de l'Asie. Bien plus que le Transsibérien trop septentrional, un transasiatique méridional est donc désirable ; et c'est là qu'il est le plus intéressant de suivre l'effort actuel.

Dans ce sens, le premier but à atteindre, qui est déjà un terminus, est l'Inde. Sur le trajet de l'Inde, un nouveau noyau résistant, compact, difficile à pénétrer, joue le même rôle que le Tibet dans l'ensemble de l'Asie. Les chemins de fer traverseront un jour l'Iran, d'Érivan à Chiraz et au golfe Persique, puis de Bagdad à Quettah et Bombay, rétablissant de l'Europe à l'Inde la grande route aryenne des anciens âges ; en attendant, ils préfèrent contourner la Perse. Et, ici encore, l'avance appartient à la voie russe. De Bakou à Krasnovodsk à travers la Caspienne, de Krasnovodsk à Kouchka, sur la frontière de l'Afghanistan, la ligne existe. Il ne lui reste plus qu'à recouper l'Afghanistan d'Hérat à Kaboul, ou d'Hérat à Kandahar (mais surtout dans le premier sens), pour aller rejoindre le réseau des chemins de fer indous. Les difficultés, plus politiques que techniques, s'aplaniront et la ligne Paris-Bombay deviendra une réalité comme l'est déjà Paris-Pékin. Mais, plus difficile sur certaines parties, plus directe par contre, une autre ligne s'impose également. C'est celle qui doit passer par Constantinople et Bagdad, avec d'abord navigation sur le golfe Persique et le golfe d'Oman, plus tard ligne côtière sur ces rivages si inhospitaliers. La question de la ligne de Bagdad, qui doit permettre la mise en valeur de la Mésopotamie, est une de celles, on le sait assez, qui intéressent le plus la diplomatie allemande, qui sont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

considérées par celle-ci comme devant ouvrir à l'activité germanique les plus fructueux champs de colonisation. Son achèvement serait sans doute plus rapide si d'autres nations n'y voyaient pas nécessairement, dès lors, un effort dirigé contre elles.

Arrivé à l'Inde, on rencontre un réseau déjà serré de chemins de fer. Ici, comme dans les pays à civilisation industrielle bien développée, on en est aux chemins de fer destinés à satisfaire des besoins locaux et à desservir des centres commerciaux déjà existants, au lieu que, dans les grandes lignes dont nous nous occupons en ce moment, le chemin de fer doit être lui-même considéré comme un instrument de colonisation. Sur les premières voies internationales, l'organe est encore appelé à y créer la fonction, tandis que, plus naturellement et plus habituellement, dans une phase ultérieure, la fonction crée l'organe.

Puis, l'Inde traversée, il s'agit de la relier à son tour à l'Indo-Chine, qui elle-même touche à la Chine et va être raccordée avec le réseau futur des voies chinoises par des lignes ne présentant pas de difficultés anormales. Sur le trajet de l'Inde à l'Indo-Chine, ces difficultés naturelles sont, au contraire, énormes. La disposition Nord-Sud des chaînes, perpendiculaires à la voie Est-Ouest qui serait désirable, donne aux profils hypothétiques de cette ligne directe Calcutta-Hong-kong une allure en dents de scie avec d'énormes dénivellations peu séduisantes pour les entrepreneurs. Les vallées sont ici, par suite de la constitution géologique, disposées de manière à créer une série de compartiments distincts allongés dans ce sens Nord-Sud et séparés de leurs voisins les plus immédiats par des obstacles presque décourageants. Les amorces de voies ferrées remontent le long de ces dépressions naturelles, suivant lesquelles se sont groupées les populations, plutôt qu'elles n'essayent de se raccorder transversalement entre elles. L'obstacle créé par ce faisceau de plis montagneux ne sera sans doute pas plus infranchissable aux ingénieurs de l'avenir que ne l'a été, avec des proportions moindres, la Suisse, devenue déjà et tendant à devenir de plus en plus, malgré ses montagnes, un nœud de voies ferrées internationales entre l'Europe du Nord et l'Europe méridionale. Il faudra néanmoins du temps, et, sans doute, en attendant, des lignes provisoires dessinant bien des méandres.

Nous n'avons envisagé jusqu'ici que les voies tout à fait fondamentales, les artères transcontinentales. Mais les relations de peuple à peuple, de groupe à groupe, exigent également des voies ferrées, dont le tracé, encore généralement hypothétique sur les cartes, constitue un premier projet de réseau asiatique. Un grand nombre de ces lignes sont destinées à s'amorcer sur les premières voies essentielles, afin de participer aux débouchés lointains que celles-ci peuvent assurer. Quelques-unes également répondent à un besoin plus local, quoiqu'embrassant encore, dans l'ordre de vues très général que nous envisageons en ce moment, des régions fort étendues.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Prenons d'abord l'Asie Russe. On a commencé, nous le rappelions tout à l'heure, par construire à la hâte, avec des intentions bien plus stratégiques que commerciales, les deux lignes du Transsibérien et du Central-Asie, destinées d'abord, dans l'esprit de leurs constructeurs, à permettre de transporter rapidement des troupes aux frontières de la Chine ou de l'Afghanistan. La guerre russo-japonaise a d'abord hâté l'achèvement du Transsibérien ; elle a ensuite empêché, pendant longtemps, de s'en servir pour les besoins industriels ; elle amène aujourd'hui à le rendre plus pratique par un doublement de la voie qui s'effectue lentement (d'abord en ce moment d'Atchinsk à Irkoutsk) dans la mesure des ressourses disponibles.

Sur le Transsibérien, deux voies perpendiculaires sont amorcées, toutes deux au voisinage du Pacifique. L'une descend de Kharbin vers Moukden et se bifurque bientôt en trois : vers Pékin, vers Port-Arthur, vers la Corée. Cette dernière ligne, qni aboutit par Séoul à Fou-san, relie directement, sauf un court bras de mer, le Japon à l'Europe. En sens inverse, vers le Nord, la ligne de Vladivostok à Khabarovsk va, d'après un projet actuellement très avancé, qui n'est que la reprise du premier plan du Transsibérien, être prolongée le long de l'Amour en territoire russe, sans empiéter sur la Mandchourie, par Blagovetschensk vers Tchita, et déjà l'on annonce (1909) que les travaux de cette ligne viennent d'amener la découverte de placers extraordinaires.

Sur le reste de cette grande ligne, deux voies s'imposent immédiatement à l'attention : l'une, déjà suivie par un service postal régulier, qui irait directement d'Irkoutsk à Pékin par la Mongolie en évitant le grand crochet de Kharbin ; l'autre, partant probablement de Tomsk, allant par Sémipalatinsk, l'Est du Baïkal et Vierny, suivant le trajet actuel des courriers postaux, rejoindre Tachkent et les lignes du Turkestan. Celle-là constitue, pour la colonisation russe, une nécessité presque immédiate. Elle peut, en ce qui concerne spécialement la richesse minérale, faciliter la mise en valeur de toute une série de gisements charbonneux, dont celui de Kouznetsk est le principal, desservir la grande région métallifère de l'Altaï et relier la Sibérie centrale, qui fournirait aisément de grandes quantités de combustibles, à des pays où l'on est forcé d'importer à grands frais des mazouts du Caucase, non seulement avec un surcroît de dépense, mais aussi avec un encombrement fâcheux de la ligne [1].

Plus au Sud, dans le Turkestan russe, la voie ferrée a été, bien des géographes l'ont mis en lumière, le grand instrument de colonisation qui a supprimé, sur son passage, à la fois le désert lui-même et les pillards nomades, dont le danger s'ajoutait à ceux de la nature. En de tels pays, on voit, par un enchaînement de faits qui prend, pour des

[1] Cette ligne amènerait, en même temps, des blés de la Sibérie méridionale dans un pays où l'extension de la culture cotonnière tend à diminuer les récoltes de froment.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

esprits disposés au symbolisme, un caractère presque miraculeux, dès que la voie ferrée s'avance, le sable même de la steppe se fixer et se fertiliser. De la Caspienne à Andidjan, on a franchi allègrement plus de 2.100 km. ; et l'on construit, aujourd'hui l'embranchement de Kokan à Namangan. C'est en 1881 que les Russes, conduits par Skobeleff, ont occupé les pays jusqu'alors réputés presque inabordables, de Boukhara et de Samarkande. La voie ferrée est venue aussitôt après, d'abord jusqu'à Merv et Samarkande, puis, de là, poussée dans trois directions : à l'Est, vers Andidjan ; au Nord, vers Tachkent et, plus tard, en 1904, vers Orenbourg ; au Sud, de Merv vers Kouchka, sur la frontière afghane, d'où l'on ira bientôt rejoindre Hérat et, de là, tant vers l'Est, Kaboul et Peshawar par la route classique d'Alexandre, tant vers le Sud, Kandahar et les lignes anglaises du Béloutchistan. La jonction directe par voie ferrée de l'Inde avec l'Europe, si elle présente encore des difficultés politiques et commerciales, n'en offre plus de techniques.

Du côté Nord, des projets, depuis longtemps à l'étude, qui ne rencontrent pas d'obstacles du même genre, tendent depuis longtemps à rattacher Tachkent avec Vierny, au Sud du lac Balkach et, de là, avec Tomsk, c'est-à-dire avec la Sibérie centrale.

C'est un service du même genre que va rendre la voie ferrée de Médine et de la Mecque, la voie sacrée des pèlerins, ouverte en 1908. A travers des pays sans eau, aux rampes multipliées, la ligne a, en moins de huit ans, franchi les 1.700 km. qui séparent le port de Haifa de la Mecque, atteignant non seulement Damas, mais la côte même. Et, sans doute, cette voie n'est, en principe, destinée à aucune entreprise industrielle, surtout à aucune entreprise européenne ; elle n'en produira pas moins son effet fatal de transformer, par un contact plus intime avec l'Europe, l'esprit des populations.

En Asie Mineure, les voies ferrées se réduisaient, il y a une vingtaine d'années, à presque rien. Aujourd'hui, la ligne de Constantinople (ou plutôt Haidar Pacha) à Angora se raccorde, par l'embranchement d'Eski-cheir à Koutaia et Afioun-Karahissar, sur la ligne de Smyrne à Konia qui, par Adana, Mossoul et Bagdad, doit aller atteindre le golfe Persique. Et une troisième parallèle Est-Ouest, partant également de Smyrne par Aidin, atteint déjà Bourdour. Il reste toutefois, dans cette Asie Mineure qui était hier encore si rebelle à toute ingérence européenne, d'énormes massifs inattaqués, où la pénétration qui aurait un but industriel demeure toujours singulièrement difficile : par exemple, tout le massif de l'Arménie, du Kourdistan et de la Cappadoce, toute la zone montagneuse de la Carie, de la Lycie, de la Pisidie et de la Cilicie, où sont peut-être les richesses minières les plus intéressantes.

Si nous continuons notre promenade à travers l'Asie, nous n'avons rien à dire, ni de la Perse, parce qu'elle manque encore totalement de chemins de fer, ni de l'Inde, parce que le premier réseau général, dont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nous nous occupons en ce moment, y est, dès aujourd'hui, achevé. En Birmanie, une ligne remonte, parallèlement à l'Iraouaddy, de Rangoon à Mandalay et Myitkyina. Dans le Siam, une ligne part de Bangkok pour se brancher : d'une part le long du Meinam, de l'autre vers Korat. La presqu'île de Malacca possède sa ligne longitudinale de Georgetown à Malacca. Dans nos possessions françaises, la future ligne littorale est à peine amorcée près de Saïgon, mais achevée de Hanoï à Yunnan-sen, vers le Nord, et à Vinh, vers le Sud. La ligne de Hanoï à Yunnan-sen atteint les mines de cuivre, d'étain, de houille, etc., au delà desquelles on conseille de ne pas la prolonger pour ne pas amener un écoulement en sens inverse de nos désirs. La ligne d'Hanoï à Langson doit aboutir à Canton.

Nous arrivons enfin à la Chine, où le réseau, non sans péripéties politiques et financières, tend peu à peu à souder ses premiers rameaux disjoints. Ici la grande artère future est celle qui reliera Pékin à Canton par Han-kéou et qui, de Pékin, se rattache déjà à l'Europe. Des transversales Est-Ouest, qui sont les voies de pénétration dans l'intérieur, sont déjà amorcées de Kiaou-tchéou à Tsinan et de Chang-hai à Nankin.

Le premier chemin de fer chinois fut commencé en 1886 ; c'est la ligne de Tien-tsin à Takou et Chan-haï-kouan. En 1889, on décida la ligne de Pékin à Hankéou, dont la construction contribua, en 1900, à l'insurrection des boxeurs. Actuellement, plus de 9.000 km. ont été concédés ou construits [1] :

Le grand central Pékin-Hankéou a déjà été achevé de Pékin à Hankéou (1.250 km.). La ligne Canton-Hankéou (1.200 km.) a eu, au contraire, toutes sortes de vicissitudes. Concédée aux Américains, elle fut reprise en 1905 par les Chinois qui avaient la prétention de la construire eux-mêmes. En 1907, ils avaient réussi à en établir 4 km. En 1908 et 1909, avec des ingénieurs américains devenus « employés chinois », ils ont fini par en achever 80.

Les relations de la Chine avec le Tonkin sont destinées à s'établir par

[1] Ces lignes comprennent : Mandchouria (frontière russo-chinoise) à Dalny et Inkéou (ligne mi-russe, mi-japonaise, 1.900 km.), ouverte ;
Inkéou-Pékin (ligne chinoise, 760 km.), ouverte ;
Pékin-Hankéou (ligne franco-belge, 1.250 km.), achevée en novembre 1905 et prolongée jusqu'à Io-tchéou.
Lignes annexes vers l'Ouest : Tcheng-ting à Tai-yuen, franco-russe, et Kai-fong à Honan, franco-belge, en construction (500 km.) ;
Kiaou-tchéou-Tsinan, ligne allemande, 450 km., allant de la côte au Hoang-ho ;
Lao-kai (Tonkin) à Yunnan-sen, française, ouverte le 31 janvier 1910 (870 km.) ;
Chang-hai-Nankin, ligne anglaise ouverte (300 km.) et Chang-hai-ningpo ;
Pékin-Kalgan, ligne chinoise ouverte (200 km) ;
Ping-siang (centre minier et arsenal dans le Kiang-si) à Tchang-cha (Hounan), ligne chinoise, (100 km.)
Canton-Hankéou (1.200 km.), en construction ;
La ligne anglo-italienne du Péking-Syndicate conduit de la rivière Ouei, affluent du Pei-ho (Pékin), jusqu'aux mines de la province du Ngan-hoéi (250 km.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

deux lignes, l'une ouverte, l'autre en partie construite : la première d'Hanoï à Lao-kay, Mong-tzé et Yunnan-sen, avec prolongement possible vers Sui-Fou, sur le fleuve Bleu ; l'autre, d'Hanoï à Lang-son et Nan-ning, que l'on pourra continuer ultérieurement, soit vers Kouei-lin-sen, capitale du Kouang-si, soit vers le Yunnan et le Kouei-tchéou. Une autre concession a été accordée du port de Pak-hoi à Nan-ning et une transversale dans la presqu'île de Loui-tchéou.

Ainsi se constitue progressivement, par l'effet des voies ferrées, une Asie artificielle, toute différente de celle que la géologie avait pétrie et modelée, de celle qui, pendant des milliers d'années, avait imprimé son image dans l'esprit humain : une Asie, où les obstacles naturels tendent à disparaître, comme les premières voies de communication naturelles, par la mer, les vallées, à perdre du même coup leur importance prépondérante. Un bloc compact comme celui-là était autrefois seulement abordable par les côtes et, de la mer, en remontant les fleuves. Des mondes absolument indépendants s'étaient ainsi constitués, dont quelques-uns seulement communiquaient entre eux par de longues et incertaines traversées. La manière même dont les fleuves, dans toute la ceinture escarpée qui entoure la péninsule indoue, traversent, par des gorges abruptes, par des coupures qu'ils se sont péniblement frayées, les hautes chaînes montagneuses, divisait le bassin de ces fleuves en deux ou plusieurs parties sans rapport entre elles, aussi distantes que si le fil du cours d'eau ne les avait pas reliées à leur insu et dans lesquelles ce cours d'eau portait même des noms différents. Aujourd'hui, le chemin de fer arrive, perfore les murailles des montagnes, jette des ponts sur les fossés des fleuves, relie brusquement entre eux des peuples qui, depuis l'origine de l'humanité, avaient été séparés. En même temps, les montagnes s'abaissent ; les déserts, les toundras, les steppes désolées s'amincissent, se réduisent, comme sur ces graphiques où l'on représente une France de plus en plus restreinte avec les années, dont les dimensions sont proportionnelles, non à leur longueur réelle, mais, ce qui est bien plus important dans la vie moderne, au temps que l'on met à les franchir. Ainsi se préparent, pour l'avenir, avec des relations imprévues entre producteurs possibles qui laissaient perdre leurs richesses et consommateurs qui ignoraient ou sacrifiaient leurs besoins, des centres industriels dont nous avons peine à nous imaginer l'importance future. Les Sheffield, les Chicago, les Saint-Étienne asiatiques du prochain siècle sont encore des points ignorés, non marqués sur nos cartes, dont quelques-uns pourtant s'imposent aux prévisions quand on examine, comme nous allons le faire dans les chapitres suivants, les « possibilités » du continent.

Le jour où ce réseau sera développé, où les richesses de l'Asie seront

[1] Voir une carte dans les *Petermanns Mitt.*, mars 1910.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

utilisées, l'Europe ne sera peut-être pas très longtemps sans le regretter et sans redouter les facilités de communication qu'elle établit en ce moment pour pénétrer d'Europe en Asie, mais qui serviront encore bien plus pour pénétrer d'Asie en Europe. Ce jour est, en tout cas, lointain, et l'état de choses qu'il réalisera est de ceux qui, funeste un moment à quelques intérêts particuliers, n'en est pas moins économiquement désirable pour le sort amélioré de l'humanité future.

En ce qui concerne notre sujet spécial des richesses minérales, il se passera encore de longues périodes avant que l'Asie nous envoie des produits fabriqués et vienne nous faire concurrence sur notre propre sol, comme cela peut se produire assez prochainement pour les produits manufacturés de l'Inde venant concurrencer l'Angleterre. Les richesses minérales sont, pour la plupart, longues à mettre en valeur, dès que les trajets par voie ferrée les grèvent de frais de transport importants ou éliminatoires, et, dans la plupart des cas, on n'entrevoit même que dans un avenir assez reculé la phase économique préliminaire vers laquelle nous tendons en ce moment : celle où les mines de l'Asie intérieure viendront fournir un aliment à nos usines pour certaines substances qui leur manquent déjà ou leur feront bientôt défaut.

Sauf dans les régions abordables de l'Asie méridionale et au voisinage des côtes, ce grand continent est encore trop massif, trop difficile d'accès pour qu'on puisse y exploiter des minerais autres que ceux de très grande valeur sous un très faible poids, comme l'or, les pierres précieuses, l'étain, à la rigueur l'argent ou le cuivre. Aussi, la grande production minérale asiatique se restreint-elle, en dehors de l'or, exploité surtout en Sibérie et dans l'Inde, ou de quelques charbons consommés dans un rayon dont l'extension est toute récente, aux minerais à moitié européens de l'Oural et du Caucase : cuivre, manganèse et pétrole ; aux manganèses et aux houilles de l'Inde, à l'étain des Détroits, au pétrole de Sumatra, aux métaux divers du Japon. Pour que cet état de choses se modifie, pour qu'on commence à extraire en Asie, suivant l'évolution normale, des substances de valeur de plus en plus faible, d'abord des métaux vulgaires, comme le plomb ou le zinc, puis le charbon et le fer (dont les réserves paraissent en certains points considérables), il faut que le développement des voies ferrées ait, non seulement permis une exportation, restreinte par les longues distances à parcourir, mais surtout amené ensuite des besoins locaux de métaux et de fer (que ces chemins de fer commenceront par satisfaire souvent plus aisément au moyen d'importations européennes), créé une demande de combustibles pour l'industrie, déterminé la création de centres qui auront leur vie propre, leur vie indépendante, avec un réseau d'échanges plus ou moins lointain. C'est naturellement ce qui se manifeste ou se manifestera en premier lieu dans les pays déjà peuplés et riches, comme le Japon, la Chine, l'Inde, l'Asie Mineure. C'est ce qui n'aura lieu que bien après pour les autres.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE III

LA PRODUCTION MINÉRALE ACTUELLE DE L'ASIE. — SA RÉPARTITION. SON AVENIR.

Quand on étudie la carte d'Asie, non en géologue, mais en économiste, pour examiner où se présentent ses richesses minérales utilisées ou bientôt utilisables, quand on cherche quelles parties de ce vaste continent ont déjà fourni ou fourniront un jour des minerais utiles et des métaux, soit pour la consommation mondiale, soit pour l'usage local, on aperçoit bientôt quelques traits généraux que nous nous proposons de faire ressortir dans ce chapitre, en profitant de l'occasion pour esquisser un tableau de la répartition minérale et métallifère par substance, dont les éléments, en raison de l'ordre régional adopté plus tard pour la description, se trouveront dispersés dans le reste de l'ouvrage.

Tout d'abord on est frappé de voir combien, en dehors de quelques cas particuliers mentionnés plus loin (or, étain, manganèse, platine, chrome, pétrole, graphite, etc.), la production métallifère de l'Asie est actuellement faible pour les grands métaux industriels : fer, cuivre, plomb et zinc, et reste secondaire pour les combustibles minéraux. L'Asie se présente à nous avec ce double caractère un peu contradictoire d'un vieux continent, presque épuisé (du moins dans les parties hautes des gisements), partout où l'accès est facile et la vie prospère, et, ailleurs, d'un pays neuf, encore difficilement abordable, dont les richesses, à peine soupçonnées, n'ont pu être mises en valeur. Ce qu'est aujourd'hui la production minérale de l'Asie, on pourra le voir de suite dans le tableau d'ensemble ci-joint, que compléteront plus tard d'autres tableaux de détail insérés à propos de chaque région. Et, si l'on se bornait à cet état actuel, l'impression serait qu'il n'est vraiment pas utile de consacrer un travail aussi étendu à une industrie aussi médiocre. Rien ici de comparable à ce qu'est l'énorme production minière de l'Amérique du Nord, à l'avenir presque immédiat qui s'annonce pour tant de gisements vierges en Amérique du Sud, au rôle que jouent, dès à présent, dans la production mondiale, les mines d'or et de diamants de l'Afrique australe, ou même aux champs d'or, aux mines d'argent de l'Australie. On commence par se demander

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

		CHINE	CORÉE	INDES ANGLAISES ET CEYLAN	INDES NÉERLANDAISES	ÉTATS MALAIS (Angleterre).	INDO-CHINE	JAPON	RUSSIE		TURQUIE D'ASIE
									Sibérie et Oural.	Caucase.	
Or en kg.	1904	6.700	»	17.300	»	»	»	»	33.955	»	»
	1905	environ	3.930	18.900	»	»	»	2.960	33.785	»	»
	1906	»	3.400	16.599	2.323	525	»	4.135	33 812	»	»
	1907	»	3.308	16.330	3.498	485	»	5.090	39.895	»	»
	1908	7.800	4.040	15.686	4.071	466	»	4.824	46.365	»	»
Argent en kg.	1905	»	»	»	»	»	»	»	1.872	»	»
	1906	»	»	»	5.754	»	»	88.151	4.296	»	»
	1907	»	»	»	5.910	»	»	88.151	4.410	»	»
	1908	»	»	»	15.521	»	»	117.223	3.250	»	»
Platine en kg.	1905	»	»	»	»	»	»	»	5.238	»	»
	1906	»	»	»	»	»	»	»	5.766	»	»
	1907	»	»	»	»	»	»	»	5.359	»	»
	1908	»	»	»	»	»	»	»	4.881	»	»
Cuivre en 1.000 t.	1904		»	»	»	»	»	»	4,9	4,8	environ
	1905	environ	»	»	»	»	»	35,9	4,7	3,7	1
	1906	1,5	»	»	»	»	»	36,9	9,3		
	1907	Yunnan	»	»	»	»	»	39,8	14,7		
	1908		»	»	»	»	»	44,7	18,1		
Plomb en 1.000 t.	1905	environ	»	»	»	»	»	2,3	0,78		environ
	1906	3	»	»	»	»	»	2,8	»	»	15
	1907	Yunnan	»	»	»	»	»	3,1	»	»	
Zinc en 1.000 t.	1906	environ 2,5	»	»	»	»	»	»	»	»	
	1907	Yunnan	»	»	»	»	»	»	»	»	environ 3
Étain en 1.000 t.	1904		»	»	16	51,8	»	»	»	»	»
	1905	environ 3 à 4	»	»	12.9	51,8	»	»	»	»	»
	1906	Yunnan	»	»	16	49	»	0,2	»	»	»
	1907		»	»	16,3	49.2	»	0,03	»	»	»
Minerais de fer en 1.000 t.	1905	»	»	102	»	»	»	48 fonte	»	»	»
	1906	»	»	75	»	»	»	43	»	»	»
	1907	»	»	69	»	»	»	52	»	»	»
Minerais de manganèse en 1.000 t.	1900	»	»	»	»	»	»	»	»	660	»
	1905	»	»	258	»	»	»	13	»	508	»
	1906	»	»	504	»	»	»	13	»	341	»
	1907	»	»	912	»	»	»	»	»	668	»
	1909	»	»	900	»	»	»	»	»	108	»
Fer chromé en 1.000 t.	1904	»	»	3,6	»	»	»	»	26	»	environ
	19 6	»	»	2,75	»	»	»	»	27	»	25
	1907	»	»	7,40	»	»	»	»	»	»	»
Antimoine en t.	1906	»	»	»	»	»	»	286	»	»	environ 2.500
	1907	»	»	»	»	»	»	250	»	»	de minerai
Mercure en kg.	1906	environ	»	»	»	»	»	350	»	»	»
	1907	1.000	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	1902	700	»	»	»	»	»	9.500	»	»	»
Houille en 1.000 t.	1904	»	»	8.348	221	»	»	»	»	»	»
	1906	»	»	8.552	389	»	315	11.547	2 045	29	700
	1907	»	»	11.447	416	»	»	13.800	(inclus	»	»
	1908	»	»	12.865	»	»	329	13.942	Sakhaline)	»	»
Pétrole en 1.000 t.	1903	»	»	281	662	»	»	156	»	9.750	»
	1904	»	»	476	955	»	»	215	»	10.060	»
	1905	»	»	581	1.062	»	»	177	»	7.500	»
	1906	»	»	564	1.186	»	»	217	»	8.168	»
	1907	»	»	587	2.200	»	»	239	»	8.435	»
	1908	»	»	661	2.348	»	»	»	»	7.631	»
Graphite en 1.000 t.	1905	»	»	33,5	»	»	»	0,16	»	»	»
	1906	»	»	39,2	»	»	»	0,24	»	»	»
	1907	»	»	35,5	»	»	»	0,10	»	»	»

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

si l'Asie, tellement riche à tant d'autres égards, ne serait pas, en ce qui concerne les substances minérales, quelque peu déshéritée. Dans quelle mesure restreinte cette impression première est confirmée par la constitution géologique de ce continent, et, notamment, par l'ancienneté de sa formation, qui en est, pour de vastes contrées, le caractère dominant, nous le verrons plus tard. L'Asie n'en joue pas moins déjà un rôle important, parfois même prépondérant, pour la production de certaines substances; et, pour d'autres, il a manqué seulement, jusqu'ici, la possibilité d'organiser une industrie, à laquelle des conditions dépendant de la volonté humaine, et notamment, du régime social, administratif ou légal, se sont seules opposées.

Dans l'Asie, nous comprendrons ici, par une extension que les conditions géographiques rendent assez naturelle : d'une part l'Oural et le Caucase, de l'autre, le chapelet d'îles de l'Archipel malais et du Japon. Ainsi étendue, l'Asie tient la première place dans la production minérale du monde, pour quelques substances, dont aucune (sauf l'étain) n'est de tout premier ordre, mais dont quelques-unes cependant présentent une réelle importance : l'étain avec le groupe des Détroits, le platine avec l'Oural, le manganèse avec le Caucase et l'Inde, le chrome avec la Turquie d'Asie, l'Oural et l'Inde, le graphite avec Ceylan, l'émeri à Smyrne et à Naxos, les rubis et saphirs avec Ceylan et la Birmanie, l'écume de mer d'Asie Mineure, les turquoises en Perse, le jade en Asie centrale. La production des combustibles atteint déjà, au Japon et dans l'Inde, des chiffres assez élevés. Il faut ajouter, comme substances minérales d'un rôle plus essentiel, pour lesquelles, sans tenir la tête, l'Asie fournit un appoint notable : l'or avec l'Asie russe, l'Inde et le Japon; le pétrole avec le Caucase, la Birmanie, Sumatra et le Japon. Dans un champ secondaire, l'Asie tient encore une bonne place pour l'antimoine et les borates avec l'Asie Mineure sous le cuivre avec le Japon et la Chine. Ce qui manque à l'Asie, c'est, d'abord, dans le domaine de la grande industrie, l'utilisation des combustibles, qui y sont pourtant fort abondants et celle, jusqu'à un certain point connexe, des minerais de fer qui ne manquent pas. L'Asie, avec une industrie mécanique à peu près nulle et des chemins de fer peu développés, n'arrive même pas à s'alimenter encore en combustibles ; et sa production de fer ou d'acier, à peu près localisée au Japon, où son développement reste artificiel, et, très accessoirement, dans l'Inde et en Sibérie, est insignifiante. Quant au plomb et au zinc, leur extraction ne compte pas. En ce qui concerne ces deux groupes qui tiennent ailleurs une si grande place dans la production minière et surtout le premier, l'Asie n'est pas mûre encore. Dans l'ordre de succession chronologique ordinaire qui fait se succéder l'âge de l'or, l'âge du cuivre, l'âge du plomb et l'âge du fer, la plus grande partie de son territoire n'en est encore qu'à l'âge de l'or, le reste au plus à l'âge du cuivre ; une partie de l'Inde aurait atteint

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'âge du plomb, si ce métal n'y était aussi rare ; le Japon seul touche à l'âge du fer.

Le peu d'industrie sidérurgique locale, qui a existé antérieurement dans certaines parties de l'Asie relativement avancées, a même, d'ici quelque temps, plus de chances pour disparaître avec le progrès des voies de communication que pour s'accroître, jusqu'à ce qu'un stade de plus la fasse renaître en se concentrant et se localisant, sous une forme nouvelle. Il faut d'abord le temps que les besoins se créent et deviennent assez intenses pour permettre la création de grandes usines, dont on commence à entrevoir les places futures ; jusque-là, la concurrence étrangère paralysera d'autant plus les tentatives prématurées que les pays les plus avancés de l'Asie ont un système de côtes très développé, par lequel elles sont mises en communication facile avec l'Europe comme avec l'Amérique, ou, sans aller si loin, avec le Japon, dont l'industrie, déjà très en avance, jouit de conditions locales exceptionnellement favorables. Logiquement, on doit attendre que les chemins de fer se soient étendus suffisamment pour rendre de vastes régions solidaires les unes des autres et permettre de mettre en valeur, non seulement le littoral, mais l'intérieur du pays. Alors seulement se créeront les Sheffield de l'Inde, de la Chine, puis de l'Asie Mineure, enfin de la Sibérie.

Un mouvement, comme celui qui se produit en ce moment en Asie, par la création de moyens de transport et l'introduction de notre forme de civilisation européenne dans des pays jusqu'alors fermés à cette influence, entraîne un bouleversement profond ; et l'on aurait tort de s'imaginer que, même pour une industrie en quelque sorte créatrice de sa matière première comme l'industrie minérale, le premier résultat soit toujours la mise en valeur de richesses nouvelles. L'équilibre réalisé par la mise en contact avec des pays plus avancés détermine, sans doute, souvent la mise en exploitation de substances auxquelles on n'eût pas songé auparavant parce qu'elles ne pouvaient avoir aucun emploi dans leur pays d'origine. Il est évident, par exemple, que l'Asie, livrée à elle-même, n'extrairait pas le manganèse, le fer chromé, le borate, etc., qu'actuellement elle exporte totalement au dehors. Par contre, certaines extractions locales, qui pouvaient vivre autrefois, périssent quand elles se trouvent mises en concurrence avec des installations tellement mieux outillées et armées à tous égards. Ce sont celles pour lesquelles la centralisation se manifeste de plus en plus dans le monde moderne, et parmi lesquelles le fer doit être compté en premier lieu. Les forges de l'Inde, celles de l'antique pays des Chalybes en Asie Mineure, etc., ont beau se montrer à nous avec ce prestige d'avoir été les berceaux de la métallurgie antique. Il faut aujourd'hui qu'elles disparaissent.

Mais ce sont là les fluctuations nécessaires pour arriver, un jour, à l'équilibre économique, dans lequel tous les pays, ayant atteint un degré de développement industriel analogue, utiliseront leurs richesses natu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

relles dans la mesure où les seules conditions de production et de vente les rendront utilisables. Alors les pays plus avancés aujourd'hui perdront le bénéfice de cette avance et les ressources minérales de l'Asie alimenteront les vastes usines dont l'imagination seule entrevoit aujourd'hui la création.

Les progrès se font vite de notre temps ; la prise de possession des pays nouveaux s'opère sous nos yeux avec une rapidité prodigieuse ; et ce qui nous apparaît dans un futur un peu nuageux n'en est donc pas moins intéressant à considérer. C'est ainsi que nous aurons déjà à signaler un mouvement fort intéressant dans le commerce des combustibles : mouvement, qui a commencé par refouler les charbons anglais d'Extrême-Orient sous la pression des charbons japonais, et qui commence à les repousser de la mer des Indes sous celle des charbons indiens. Nous verrons de même les pétroles des Indes hollandaises et du Japon accaparer maintenant, au détriment des pétroles américains, le marché d'Extrême-Orient.

Nous allons, dès ce chapitre, examiner tour à tour les questions économiques relatives aux substances fondamentales pour lesquelles l'Asie tient déjà une grande place comme l'or, le platine, l'étain, le cuivre, le manganèse, le pétrole et les combustibles. Puis, en ce qui concerne les autres, nous indiquerons très rapidement les régions de l'Asie où on les rencontre, renvoyant, pour plus de détails, aux chapitres suivants où ces régions seront étudiées dans l'ordre géographique.

Or. — J'ai essayé ailleurs de donner une répartition approximative de toute la production aurifère jusqu'à nos jours, par continents [1]. Sans attribuer à de tels chiffres une précision qu'ils ne comportent pas, ce tableau, dont nous allons rappeler les éléments, montre néanmoins la place occupée par l'Asie dans cette production. Sur 70 milliards d'or environ, qui ont pu sortir de terre jusqu'au 1er janvier 1910, la part de l'Asie est d'à peu près 8 milliards, dont 6,9 fournis par la Russie d'Asie, avec sa production séculaire (tandis que l'Afrique du Sud, en un quart de siècle, atteint déjà presque le même chiffre). Comme éléments de comparaison, les États-Unis montent à 16,3 et l'Australasie à 14,3.

Ainsi qu'on vient de le voir, cette production d'or asiatique est, en très grande partie, celle de l'Empire russe. L'Oural a pu produire, depuis 1814, environ 1,4 milliard, et la Sibérie, de 1829 à 1910, 5,5 milliards.

Dans ces dernières années, la Sibérie et l'Oural ont produit par an 30 à 40.000 kg. d'or, progressant peu, malgré la mise en valeur de champs d'or nouveaux. En 1908 seulement un mouvement assez important dans le district de la Léna a poussé le total à 46.565 kg., et, en 1909, à 49.150 kg. valant 174.200.000 fr.

Cette production classe la Russie comme le quatrième des grands

[1] L. De Launay. *L'or dans le monde* (A. Colin, 1908).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pays aurifères, rapidement rejointe par le Mexique qui vient ensuite (132 millions de fr. en 1909). Les trois premiers sont : le Transvaal, où l'on a atteint, en 1909, 770 millions, puis les États-Unis (492 millions) et l'Australasie (367 millions).

Le reste de la production d'or asiatique est fourni par l'Inde qui a atteint 15.686 kg. en 1908 et 16.400 (54 millions de fr.) en 1909; par le Japon qui oscille, depuis quelques années, entre 4.000 et 5.000 kg. et par des pays pour lesquels l'évaluation est, faute de statistiques, très hypothétique, comme la Chine, la Corée et l'Asie centrale : la Chine, évaluée très approximativement à 6.700 kg. (7.800 en 1908), la Corée à environ 4.000 kg. Au total, l'Asie a pu produire, en 1909, 284 millions de fr. d'or sur 2.330 millions pour l'ensemble du monde.

Quand nous étudierons plus tard la métallogénie des diverses régions, nous aurons à signaler un assez grand nombre de gîtes aurifères n'ayant actuellement qu'une extraction nulle ou médiocre. Si l'on envisage l'avenir, il peut y avoir lieu d'en tenir compte, de même qu'on doit envisager la disparition de certains champs aurifères aujourd'hui très productifs. A cet égard, il faut faire une première grande distinction entre les gisements d'or alluvionnaires, dont l'épuisement est toujours très rapide et les gisements en place qui peuvent durer plus ou moins longtemps. A peu près partout jusqu'ici, l'Asie en est restée à la phase où l'on extrait l'or alluvionnaire. En fait de filons, nous devrons nous borner à quelques veines d'une valeur secondaire en Transbaïkalie, au champ d'or relativement important de Mysore dans l'Inde, aux filons du Nord de Célèbes et à ceux du Japon. C'est cependant partout, dans le monde, de cet or en gisements primitifs que l'or vient de plus en plus et qu'il est destiné à venir tout entier dans le temps assez proche, où, la prise de possession de la terre étant complète, les alluvions aurifères auront été partout épuisées.

En ce qui concerne ces gisements primitifs qui ont alimenté les alluvions aurifères d'Asie, quelles sont les prévisions logiques ? Dans une grande partie de l'Asie, et spécialement dans celle qui est la plus productive, dans l'Asie russe, ces gisements primitifs se composent, comme nous le verrons, d'imprégnations disséminées et, en moyenne, fort pauvres dans les terrains primitifs. D'où l'insuccès général des tentatives pour les exploiter. Ces types de gisements ne deviendront fructueux, que le jour où l'on aura trouvé des points sur lesquels les imprégnations à basse teneur seront assez rassemblées pour permettre une exploitation en grand économique, dont il existe des types dans l'Amérique du Nord. Cela peut se rencontrer et, dans une aussi vaste étendue, où on connaît autant de points aurifères, on ne saurait dire qu'il n'existe pas un ou plusieurs Witwatersrand ignorés. On ne les a pas trouvés encore. Ailleurs, comme dans l'Inde, on a, à côté d'imprégnations analogues, des types filoniens à fractures minces et multipliées.

UNIVERSITE DE PARIS-GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sans donner de grandes richesses, ces gisements sont pourtant exploitables fructueusement dans le Mysore et le seront sans doute ailleurs. En dehors de cela, y a-t-il chance de rencontrer le type des grands filons aurifères continus qui ont fait la fortune de l'Ouest américain ou de l'Australie ? Cela peut arriver sur toutes les zones de dislocations tertiaires à roches éruptives déjà atteintes par une érosion suffisamment profonde, qui occupent de vastes espaces en Asie, d'abord sur le littoral Pacifique, au Japon, dans l'Archipel malais, aux Philippines, etc.; puis, dans toute la traversée de l'Asie centrale, par exemple au Tibet et dans la région voisine de la Chine et de la Birmanie, dans tout ce nœud montagneux si profondément disloqué, et en même temps si peu connu. Cependant, en ce qui concerne le Japon, il y a lieu de remarquer que le type des filons aurifères (associés d'ordinaire avec du cuivre) y a été attaqué dans ses parties hautes depuis plusieurs siècles, en sorte qu'on sera réduit aux ressources profondes de ces gisements, dont la teneur est toujours plus faible.

En résumé, les probabilités sont pour que la production aurifère de l'Asie contribue, pour un chiffre croissant, à la consommation du monde. L'essor le plus immédiat est à prévoir pour l'extrême Est de la Sibérie et les régions voisines de la Chine et de la Corée, où de nombreux placers seront encore quelque temps découverts; et cela se produira ensuite, au fur et à mesure d'une pénétration plus complète, dans les régions que je viens d'énumérer.

Argent. — Le Japon produit environ 100.000 kg. d'argent. Les Indes néerlandaises montent à 15.500. La Russie est tombée à 3.000.

Platine. — L'Oural détient, on le sait, presque le monopole de la production platinifère dans le monde : la Colombie qui vient ensuite ne donnant que 155 kg. et les États-Unis, 15. Cette production oscille, suivant les années, entre 5 et 6.000 kg. (chiffres officiels) : soit de 7 à 8.000 (chiffres réels)[1]. Le prix du platine demeure, en conséquence, extrêmement élevé, avec des fluctuations qui donnent lieu à d'incessantes spéculations. L'Océanie et le groupe de l'Archipel malais sont parmi les régions du monde, où il serait le plus naturel de découvrir d'autres gisements de platine, étant donné leur richesse en roches basiques, avec lesquelles le platine est en relation d'origine. Jusqu'ici, on a extrait un peu de platine à Bornéo et Sumatra; mais cette extraction est tout à fait insignifiante (une quinzaine de kilos par an).

Étain. — Le grand centre de production de l'étain dans le monde est la région dite des Détroits, comprenant : les États anglais de la presqu'île de Malacca et les îles néerlandaises de Bangka, Billiton, etc. Si l'on ajoute la production stannifère du Yunnan qui monte à près de

[1] Voir pages 67 et 72.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

3.000 t. pour le seul district de Ko-tiou, puis le peu que produisent la Birmanie, le Tonkin, l'Annam, etc., on voit quelle place prépondérante tient l'Asie dans la production stannifère. Elle fournit à elle seule plus des 3/4 de la production mondiale. La répartition actuelle de cette production, dans la région des Détroits, est d'environ 70 p. 100 pour les États Malais et 30 p. 100 pour les îles hollandaises (dont 22 p. 100 pour Bangka, 7 p. 100 pour Billiton et 1 p. 100 pour Singkep). Le total des possessions anglaises a été, en 1907, de 49.200 t. et celui des îles hollandaises de 16.300 : soit 65.500 t. Les années précédentes, l'ensemble avait produit 68.000 t. en 1904 ; 64.000 t. en 1905 ; 65.000 t. en 1906.

En dehors de ces grands producteurs, nous nous attacherons spécialement à signaler l'étain partout ailleurs où il a été reconnu ; car ce métal présente, en dehors de son intérêt métallogénique tout spécial, une importance archéologique ; mais cela se bornera à peu de choses : des traces en Arménie et en Transbaïkalie et une petite mine au Japon ayant produit 23 t. en 1906, 3 t. en 1907. La production mondiale a été de 112.000 t. en 1908.

Cuivre. — Parmi les producteurs de cuivre asiatiques, les groupes les plus importants sont, avant tout, le Japon où l'on a extrait 44.700 t. en 1908 ; puis la Russie qui atteint environ le 1/3 de ce chiffre avec le Caucase (3.763 en 1905) l'Oural (4.737 t. en 1905), la Sibérie (2.423 t. en 1909) ; (9.300 pour toute la Russie en 1906, 18.100 t. en 1908) ; la Chine, où le Yunnan fournit 1.000 à 1.500 t. après avoir eu une extraction bien plus forte ; accessoirement, quelques points en Turquie d'Asie.

Tout cela est, en somme, fort peu de chose sur une production mondiale de 762.000 t. en 1908.

Manganèse. — En ce qui concerne le manganèse, l'Asie tient une place tout à fait prépondérante, avec les deux principaux centres d'extraction dans le monde : le Caucase (Tchiatoura), où cette production, commencée vers 1880, est montée à 660.000 t., pour retomber, en 1909, à 108.000 t., et l'Inde, où l'exploitation, beaucoup plus récente, a fourni, en 1907, 912.000 t. C'est ce que met suffisamment en évidence le tableau suivant (en milliers de tonnes) qui montre les seules régions où les métallurgistes peuvent puiser ce métal si nécessaire à leur industrie.

	1905	1906	1907
Indes Britanniques (exportations)	254	504	912
Russie (exportations) Caucase	341	738	668
Russie (exportations) Nikopol	158	240	252
Brésil (exportations)	228	119	233
Allemagne	51	52	73
Espagne	26	62	41

Plomb et zinc. — Nous avons dit combien la production de ces métaux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

était insignifiante en Asie. Pour le plomb, à peu près toutes les exploitations qui ont pu exister autrefois ont disparu progressivement, tant par l'épuisement de leurs affleurements que par la baisse de prix du plomb et de l'argent connexe résultant de la mise en valeur d'énormes gisements aux États-Unis, en Australie, en Espagne, etc. Parmi les pays qui ont produit du plomb autrefois avec une certaine activité et qui peuvent être susceptibles d'en fournir de nouveau un jour, nous citerons, d'abord, la Turquie d'Asie, où quelques mines, comme Balia-Karaidin, ont été récemment reprises. Cette dernière est, en 1910, sur le pied d'une production de 12.000 t. de plomb et 4.000 de blende. D'autres parties du pays, comme l'Arménie et le Taurus, ont vraisemblablement beaucoup d'avenir. En Asie Russe, les célèbres gisements de l'Altaï et de Nertchinsk semblent épuisés ; mais on en signale un grand nombre d'autres dans la steppe kirghise; et, d'une façon générale, sur toute la longueur de la chaîne hercynienne asiatique, dans ses parties redislo-quées par les mouvements tertiaires, les filons plombo-zincifères sont abondants. Au Japon, une petite exploitation s'est déjà organisée et produit, dès aujourd'hui, 3.100 t.

Le zinc, toujours associé avec le plomb, est connu dans les mêmes régions et un peu exploité en Asie Mineure, au Japon, en Chine, dans l'Inde. Il ne donne lieu nulle part en Asie à une mine valant la peine d'être citée.

Chrome. — L'Asie fournit une très grande part de la production mondiale de cette substance. En Turquie d'Asie, des statistiques, malheureusement fort inexactes, accusent 25 à 35.000 t. par an. L'Oural doit en produire à peu près autant (27.000 t. en 1905). On en extrait également dans les Indes (7.400 t.) et 45.000 à 60.000 dans la Nouvelle-Calédonie qui forme le prolongement direct de l'Asie (46.000 en 1908[1]). Il est probable que les Indes hollandaises, avec toutes leurs serpentines, doivent en renfermer aussi.

Antimoine. — La production de l'antimoine asiatique vient surtout de l'Asie Mineure, où les gisements sont très nombreux et où la production peut monter à 2.500 t. de stibine (1.036 t. exportées en 1906). On en a également signalé un groupe dans l'Est du Tonkin, qui, après avoir donné lieu à beaucoup d'espoirs et de compétitions, s'est trouvé sans valeur. Le Japon a fourni 286 t. d'antimoine en 1906, 250 en 1907.

Mercure. — L'Asie ne renferme qu'une région, où il y ait eu de véritables exploitations de mercure, c'est le Kouei-tchéou, où cette industrie, autrefois prospère, et ayant produit jusqu'à 1.000 t. de mercure, avant 1848, est tombée à un millier de kilos.

[1] Exportations d'après l'Engineering. La statistique française ne donne que 15.800 t. pour l'extraction.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Nous signalerons, en outre, quelques traces de cette substance en Arménie, au Japon, etc. Le Japon a produit 350 kg. de mercure en 1906.

Fer. — La question du fer ne présente, pour l'ensemble de l'Asie, qu'un intérêt d'avenir. Aussi a-t-elle été généralement peu étudiée. Les gisements de fer semblent y être assez nombreux sous deux formes principales : lentilles intercalées dans les terrains métamorphiques et chapeaux de filons complexes dans les zones à dislocations tertiaires. Mais l'Asie, dans son ensemble, est encore très loin d'avoir atteint ce qu'on pourrait appeler l'âge moderne du fer, ou plutôt l'âge de l'industrie sidérurgique; et, pendant longtemps encore sans doute, les petites industries du fer locales, qui ont alimenté les besoins indigènes, continueront à disparaître devant la concurrence européenne sans qu'on soit amené à créer des usines nouvelles pour la fabrication de la fonte ou de l'acier. Nous citerons cependant bientôt quelques beaux gisements de fer qui, dans des conditions plus favorables, pourraient être exploités fructueusement, sans même parler de toutes ces catégories de minerais pauvres, facilement fusibles, qui ont pu alimenter, depuis l'antiquité, des industries primitives. Il leur manque généralement la proximité des combustibles; il leur manque surtout des débouchés industriels dans le pays. D'autre part, on n'a pas encore reconnu, en Asie, de ces grands gisements de fer voisins de la côte qui méritent d'être exploités en vue d'une exportation de leurs minerais, ni un Bilbao, ni un Mokta, ni une île d'Elbe. Il en résulte que l'attention a été fort peu appelée jusqu'ici sur les minerais de fer asiatiques et que nous ne leur attribuerons certainement pas, dans ce travail, la place qu'ils occupent réellement dans la nature.

Cependant, bien des projets ont déjà été faits pour utiliser tels ou tels de ces minerais en vue de la constitution d'une industrie locale qui, à première vue, pouvait paraître séduisante; et, malgré l'illogisme de telles conceptions, il est fort possible que le nationalisme ardent, dont les États asiatiques font de plus en plus preuve pour résister à la pression humiliante des Européens, amène la réalisation prématurée de tels projets à l'aide de tarifs douaniers prohibitifs.

Comme industrie actuelle du fer, nous n'avons à signaler que le Japon, une usine en Chine, près Hankéou, et, très accessoirement, l'Inde.

Ailleurs, la production se borne à quelques tonnes obtenues, soit par les méthodes indigènes dans le Yunnan chinois, soit par des méthodes un peu plus modernes en Sibérie.

Nous verrons que l'idée de créer une industrie sidérurgique a déjà été étudiée dans les pays les plus avancés et les mieux desservis : en Sibérie, à Kouznetsk; dans l'Inde, sur les bassins houillers de Ranigang, où, en fait, on a, depuis plusieurs années, installé des usines qui n'ont jamais donné de brillants résultats, puis au Tonkin, ou même au Yunnan.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Charbon. — L'Asie renferme un grand nombre de très importants gisements charbonneux qui, en général, sauf dans une partie de la Chine et de la Sibérie, appartiennent à des étages géologiques postérieurs au terrain houiller et dont la qualité est le plus souvent, en conséquence, inférieure à celles des houilles européennes ou américaines, mais dont quelques-uns pourtant sont susceptibles de fournir du combustible d'excellente qualité. Cette abondance si remarquable des charbons minéraux, qui doit avoir, pour l'avenir industriel de l'Asie, une importance capitale, correspond, en grande partie, comme nous le verrons, à la très ancienne émersion continentale de la plus grande partie de ce continent et au régime lacustre qui en a été très longtemps la conséquence, avec facilités pour l'accumulation des débris végétaux. Cependant l'Afrique, qui présente des conditions géologiques assez analogues, est beaucoup moins riche à cet égard, sauf dans le Sud, au Transvaal, au Natal, etc., où les formations sont presque identiques à celles de l'Inde ou de la Sibérie.

De ces richesses en houille, quelques-unes ont été très anciennement utilisées par les populations locales; et, en Chine, par exemple, l'usage de la houille comme combustible remonte très loin; il y est d'autant plus naturel que le pays a été extraordinairement déboisé par une fâcheuse intervention humaine. Au Japon également, on a brûlé des « pierres noires » depuis le XVIIIe siècle. Aujourd'hui, il tend à se créer de divers côtés une foule de petites exploitations que nous énumérerons à leur place. Ces exploitations sont, pour la plupart, très restreintes, beaucoup moins par la difficulté d'extraire du charbon que par celle de trouver à le vendre, alors que les consommateurs locaux font défaut et que les chemins de fer peu développés ne donnent pas la possibilité d'un transport à une certaine distance. A de rares exceptions près, les houillères situées dans l'intérieur du pays se bornent donc à fournir ce que les chemins de fer locaux, les bateaux à vapeur et les quelques rudiments d'industrie déjà existants ou les chauffages domestiques demandent. Sauf en quelques districts de l'Inde et de la Chine où la population est très dense et l'industrie déjà active, il a fallu, pour qu'une véritable industrie houillère ait commencé à se créer, ou des circonstances permettant l'accès facile à la côte par voies ferrées, comme cela se produit pour la plupart des charbonnages indous qui exportent au total environ un douzième de leur production, pour les lignites d'Ombilien à Sumatra, etc., ou un voisinage tout à fait immédiat de la côte, comme au Japon, à Sakhaline, au Tonkin, en Mandchourie, en Asie Mineure (à Héraclée). Avec les progrès du peuplement, avec l'extension des moyens de transport, la distance du rivage à laquelle des charbonnages peuvent vivre s'augmentera progressivement, jusqu'au jour, en général encore assez lointain, où la création sur place d'une industrie sidérurgique, d'usines à gaz, etc., ou encore la proximité de grandes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

villes auront fourni aux charbonnages les débouchés qui leur manquent encore.

Étant donné les remarques précédentes sur l'état actuel de l'industrie houillère en Asie et sur la grande abondance des gisements déjà connus, une étude économique sur ce sujet doit logiquement prendre plutôt comme point de départ les besoins de la consommation que les possibilités de la production. C'est dans cet ordre d'idées que nous allons faire le tour de l'Asie en commençant par l'Asie russe, continuant par la Turquie d'Asie et abordant ensuite la mer des Indes, l'Inde, l'Indo-Chine, la Chine et le Japon.

Charbon de l'Asie russe. — Le marché de l'Asie russe est un marché très limité, mais, en même temps, très fermé, pour des raisons géographiques auxquelles se superposeraient, s'il le fallait, des interventions politiques. Il se suffit aisément à lui-même. Ce marché n'a encore que de faibles besoins de combustibles, surtout pour le transsibérien ou la navigation des grands fleuves. On a utilisé d'abord les forêts, dont les ressources en bois sont considérables, ou les résidus de pétrole. Ces derniers, fournis par Bakou, servent également dans la Russie du Sud-Est, sur les chemins de fer, sur la Volga, etc., puis dans les lignes Caucasiques, sur la Caspienne ou dans le Turkestan. On s'est attaqué plus récemment aux combustibles et la production de 1905, en laissant même de côté Sakhaline dont les charbonnages littoraux ont leur marché spécial, a atteint 1 million de tonnes, dont 406.000 reviennent au bassin de Kouznetsk, en Sibérie centrale, qui semble appelé à un très grand développement futur, 492.000 à l'Oural (bassin de la Kama) et le reste au bassin d'Akmolinsk ou au Turkestan. Deux régions qui avaient un moment semblé prendre quelque essor, le Caucase et la steppe kirghise, sont en décroissance notable. Si l'on ajoute à ces chiffres la production de Sakhaline, on dépasse 2 millions de tonnes pour l'Asie russe.

Ces chiffres ne sont évidemment que des chiffres d'attente. La Sibérie méridionale offre un champ de colonisation très étendu, qui est destiné à prospérer rapidement, maintenant que le Transsibérien en rend l'accès facile et permet de revenir sur la fâcheuse impression que le nom seul de Sibérie produisait jadis sur tous les esprits. D'autre part, les forêts situées à proximité des voies ferrées se détruiront vite ici comme partout, quand le peuplement se fera. Les combustibles sibériens doivent donc attirer l'attention. Et quelques-uns d'entre eux, comme nous le verrons, semblent, dès à présent, situés dans des conditions favorables, qui ne pourront manquer de s'améliorer. Le bassin énorme de Kouznetsk, sur lequel on voit déjà en imagination se dresser les cheminées des usines futures, sera certainement, dans sa partie Nord qui touche à la voie ferrée, un des premiers à profiter de cette situation. D'autres bassins seront mis en exploitation, suivant leur situation par rapport

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

aux embranchements que l'on commencera sans doute à construire dès que le Transsibérien lui-même sera complètement outillé, notamment dans la direction du Turkestan.

Charbon en Turquie d'Asie. — La Turquie d'Asie comprend un marché littoral sur la mer Noire, un marché intérieur et enfin des côtes baignées par la Méditerranée. Sur la mer Noire, les charbonnages russes du Donetz et les charbons anglais viennent faire concurrence aux charbonnages importants que possède le pays lui-même, à Héraclée, et qui, sous un autre régime, auraient pu constituer une source de richesse considérable. Le grand bassin d'Héraclée, où l'abondance de la houille est extrême, serait, d'autre part, très favorablement avantagé par sa situation côtière, par sa proximité de Constantinople, etc. Dans l'état actuel, avec sa production de 700.000 t., il se borne à alimenter une partie de la côte, à fournir partiellement les régions littorales de la Bulgarie et de la Roumanie, et pénètre fort peu dans l'intérieur.

Pour le bassin méditerranéen, les charbons anglais règnent en maîtres, et remontent de là par les voies ferrées, qui commencent à se multiplier.

Marché du charbon dans la mer des Indes. — Ce sont encore les charbons anglais que l'on retrouve dans la mer Rouge, le Golfe Persique et une grande partie de la mer des Indes. Cependant, quand on arrive aux Indes, le cardiff, qui avait autrefois la prépondérance jusqu'en Extrême-Orient, commence à perdre, d'abord une partie, puis, en avançant vers l'Est, la presque totalité du marché, contrebalancé, au début par les charbons indiens, puis par les charbons japonais, et, dans le sens du Sud-Est, par les charbons australiens.

Il y a là un état de choses fort intéressant à étudier; car il s'accomplit dans ce domaine, au détriment de l'Angleterre, une évolution qui peut avoir des conséquences sérieuses pour l'avenir. Longtemps, la Grande-Bretagne a assuré sa prédominance commerciale et maritime par l'exportation de ses charbons. Ceux-ci lui fournissaient à la fois une marchandise d'exportation et un fret d'aller permettant de réduire au minimum le fret de retour pour toutes les marchandises importées d'Extrême-Orient. C'est cette suprématie qui se trouve de plus en plus battue en brèche, comme nous allons le voir bientôt par des chiffres, sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir ultérieurement. Résumés en deux mots, les faits, dont nous donnerons plus tard le détail, sont les suivants. Tout d'abord l'Inde, il y a trente ans, ne produisait pas un million de tonnes de houille, elle en est à près de 12 millions. Encore en 1894, ce grand pays importait 800.000 t. de plus qu'il n'en exportait; la balance s'est retournée et, dès 1905, on avait un supplément à l'exportation de 600.000 t. D'autre part, le Japon accroît sa production avec une rapidité américaine et arrive déjà à 14,5 mil-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lions. On peut ajouter environ 12 millions pour l'Océanie (Australie, Nouvelle-Zélande). En nous bornant à la production asiatique, voici, d'ailleurs, les chiffres approximatifs de charbon produit et de combustible disponible pour l'exportation (chiffres de 1907) :

	Production.	Surplus des exportations sur les importations.
Japon	14.000.000	3.500.000
Hindoustan et Birmanie	11.500.000	800.000
Chine	1.500.000	»
Sumatra, etc.	390.000	»
Indochine	320.000	320.000
	27.710.000	4.620.000

L'Australie exporte, en outre, près de 4 millions, de tonnes, dont 3.500.000 en 1900 pour la Nouvelle-Galles du Sud.

Pour apprécier ces chiffres à leur valeur, il faut tenir compte de ce que chacun d'eux est en voie d'accroissement rapide. Malgré les progrès de la consommation locale, le Japon, la Chine et l'Inde peuvent jeter des quantités croissantes de houille sur le marché.

C'est pourquoi, dès qu'on arrive à Colombo, on voit les charbons de l'Inde refouler les charbons anglais avec concurrence des japonais. A Singapour, le japonais prend la supériorité avec faible intervention de l'australien. A Chang-hai, à Hong-kong, etc., le japonais règne presque exclusivement.

Les chiffres des importations dans les principaux ports précisent cette évolution commerciale :

En 1902, nous voyons que Colombo a importé 406.000 t., dont 191.000 de cardiff, 183.000 de charbons indiens, 12.000 d'australiens et 19.000 de japonais. La consommation du cardiff est nettement décroissante. En 1897, sur un total analogue, elle montait à près de 289.000 t., et le charbon indien, qui le concurrence surtout, comme on vient de le voir, ne montait alors qu'à 101.000 t.

A Singapour, nous trouvons, dans la même année 1902, 568.000 t., dont 50.000 de cardiff, 78.000 d'indien, 72.000 d'australiën, 388.000 de japonais et 10.000 de divers. Ici le cardiff reste stationnaire, ce qui équivaut à une baisse, et sa place est surtout prise par le charbon japonais, un peu par le charbon indien. Rapportée à un total égal, la consommation du japonais en 1898 aurait été seulement de 290.000, tandis que celle du cardiff était alors de 53.000.

A Hong-kong, la presque totalité de l'importation est aujourd'hui devenue japonaise. Elle a monté (1903) à 1.051.000 t., dont près de moitié en charbon dit Moji de qualité inférieure et 245.000 de charbon japonais Miiké réputé de qualité supérieure.

A Chang-hai, on a importé, en 1902, 708.000 t., dont la très grande majorité vient du Japon.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Si l'on compare les prix de vente moyens en 1903, à Hong-kong, le cardiff valait alors 44 francs; l'australien, 25; les charbons japonais, de 16 à 23. Le bas prix du japonais lui crée une supériorité notable, quelle que soit d'ailleurs sa qualité, sur laquelle nous reviendrons. Il tient principalement à deux causes :

1° Les mines sont très voisines de la mer et très facilement exploitables au moyen de puits de faible profondeur.

2° Elles bénéficient d'un fret très bas.

En outre, tous les charbons asiatiques ont pour eux un avantage analogue sur ceux qui pourraient venir d'Europe ou d'Amérique par suite du bas prix extrême de la main-d'œuvre. Par contre, pour la plupart d'entre eux, il y a infériorité de la qualité. Ces charbons permotriasiques, rhétiens ou même tertiaires, sont d'ordinaire cendreux, pauvres en matières volatiles, impropres à la fabrication du coke et du gaz, souvent insuffisants pour les usages métallurgiques. La plupart sont légers, maigres et friables. Cette friabilité, jointe à leur légèreté qui leur fait occuper une grande place dans les soutes, nuit pour l'emploi sur les navires. Mais, avec les progrès industriels, les cas sont de plus en plus nombreux, où le bon marché du combustible peut contrebalancer sa qualité inférieure. Et, d'autre part, à mesure que l'on exploite davantage les gisements et qu'on s'y enfonce au-dessous de la zone altérée superficielle, on trouve de plus en plus de charbons à qualité convenable, ou même excellente.

Comparaison des charbons asiatiques. — Il peut être intéressant de résumer, à ce propos, quelques éléments de comparaison entre les qualités des divers charbons asiatiques. Nous les emprunterons à un rapport de M. Lantenois.

La qualité réelle d'un combustible est très insuffisamment connue quand on se borne à des chiffres de teneur en cendres ou en matières volatiles et de pouvoir calorifique, tels qu'on les trouve dans divers tableaux : chiffres correspondant à des prises d'essai dont on ignore la méthode. La teneur en cendres pratique joue un rôle capital dans le prix de vente et, avec elle, intervient puissamment l'état physique du charbon, notamment sa friabilité. Avec ces restrictions, on sait que les matières volatiles sont le premier élément d'appréciation : non seulement leur quantité, mais leur qualité qui est plus difficile à définir. En règle générale, les charbons flambants ont un moindre pouvoir calorifique que les charbons demi-gras. Ces charbons flambants sont rares en Europe et, par suite, recherchés pour corriger les charbons trop maigres, à moins qu'on ne s'en serve directement pour produire le gaz d'éclairage. En Extrême-Orient, on peut considérer comme flambants les charbons carbonifères du Kaiping, les charbons japonais miiké. Ces derniers ont un défaut pratique, qui se retrouve chez tous les charbons très flambants et qui existe notamment pour ceux d'Héraclée. Les flam-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

bants, quand ils ne sont pas d'excellente qualité, dégagent une fumée abondante, encrassent les tubes et ne brûlent qu'incomplètement.

La supériorité incontestée du cardiff tient à son grand pouvoir calorifique, à sa très faible proportion de cendres (3 ou 4 p. 100), à sa teneur en matières volatiles qui le fait coller juste ce qu'il faut, en dernier lieu à l'état physique dans lequel il se présente (gros morceaux et menus mélangés). Toutes ces qualités réunies permettent une chauffe extrêmement facile sans qu'on ait besoin de piquer le feu, en même temps qu'on peut obtenir une chauffe très intense dans de bonnes conditions économiques de consommation. Aussi le cardiff est-il tout particulièrement recherché pour les navires de guerre et pour les paquebots.

En prenant pour unité le cardiff, un même effet utile est obtenu avec des consommations croissantes des autres charbons qui peuvent être représentées par les chiffres suivants, naturellement très approximatifs :

Cardiff	100
Australien (Nouvelle Galles du Sud)	110 à 112
Japonais, première qualité	112 à 115
Japonais, seconde qualité	115 à 120
Indien	120 à 125

Ces chiffres varient beaucoup avec les vitesses à obtenir. Ainsi, à vitesse modérée, un paquebot consommera 1/3 en plus de japonais que de cardiff. S'il veut forcer la vitesse, la consommation supplémentaire de japonais deviendra de moitié. D'où la préférence pour le cardiff toutes les fois que l'on tient à la vitesse.

Parmi les charbons autres que le cardiff, l'australien semble venir en tête comme qualité; mais il est, paraît-il, très variable.

Le japonais est, à de rares exceptions près, un charbon flambant; cela lui permet de s'allumer rapidement et de tenir le feu. On peut, avec lui, pousser la marche en cas de nécessité. Son principal défaut, déjà indiqué, est d'encrasser.

Certains charbons japonais, comme le miiké, donnent du coke à la distillation, tandis que d'autres ont une composition qui les rapproche franchement des lignites, à 40, 45 p. 100 de matières volatiles, et ne donnent pas de coke. Le charbon miiké contient pratiquement, d'après M. Lantenois (teneur différente des teneurs théoriques données par divers documents), 12 à 15 p. 100 de cendres. C'est un charbon flambant, à 35 p. 100 de matières volatiles, humidité comprise.

Outre sa consommation plus forte, le charbon indien a l'inconvénient de donner beaucoup d'escarbilles, d'user les appareils de chauffe et de fatiguer le personnel, forcé à donner plus de travail dans le même temps pour alimenter une consommation plus forte. Ce charbon indien, vendu 25 fr. la tonne à Colombo, est surtout employé par les cargoboats.

Le charbon chinois, consommé dans le pays, ne vient pas en concurrence avec les précédents sur le marché. Il y a en Chine beaucoup de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

charbons très médiocres, secondaires et tertiaires, et quelques charbons de bonne qualité appartenant à l'étage carbonifère ou s'en rapprochant.

Le charbon de Kaiping est très apprécié. Il est très gras, flambant et en gros morceaux.

Le charbon du Yunnan (Hai-kéou), et les charbons du Chantoung sont des demi-gras.

Quant au charbon du Tonkin (Hongay), nous avons déjà dit que son défaut était la friabilité. On a réussi cependant à en fabriquer d'excellentes briquettes en mélangeant les menus maigres avec du menu japonais préalablement lavé à Hongay même : ce qui permet d'abaisser de quelques unités la teneur en cendres. Ces briquettes peuvent être comparées aux meilleurs charbons australiens.

Charbons du Japon. — Le tableau suivant donne, pour 1902, d'après un rapport de M. Péron, les principales directions d'exportation des charbonnages Japonais. Le total monte à environ 3 millions de tonnes contre 2.400.000 en 1900. Les chiffres actuels seraient notablement supérieurs.

Chine (Chang-hai et Chéfou)	1.280.000
Hong-kong	899.000
British straits settlements	406.000
Philippines	127.000
Colonies allemandes	57.000
Etats-Unis	35.000
Russie	38.000

Si l'on ajoute environ 500 000 t. consommées par les navires étrangers pendant leurs stationnements dans les ports japonais, on arrive au total à 3.500.000 : soit, cette année-là, 45 p. 100 de la production totale, qui monte maintenant à près de 15.000.000 de tonnes, sans que la consommation japonaise se soit accrue en proportion.

On peut remarquer, dans ces chiffres, un commencement d'exportation aux États-Unis, sur la côte californienne, où le charbon japonais vient faire concurrence à celui de Vancouver.

Charbons des Indes hollandaises. — Quand on passe aux Indes hollandaises, on rencontre de plus en plus de charbon australien, et, en même temps, on voit apparaître, pour l'usage local, les lignites tertiaires que possèdent beaucoup de ces îles, Sumatra, Bornéo, etc. Nous verrons, par exemple, qu'à Sumatra, le gouvernement hollandais a engagé des dépenses importantes pour mettre en valeur les lignites d'Ombilien qui, aujourd'hui reliés à la côte, produisent 389.000 tonnes.

Charbons du Tonkin. — Au Tonkin nous possédons, surtout à Hongay, des charbonnages qui, après une période difficile, produisent aujourd'hui 320.000 t. Ce charbon, qui a le défaut d'être friable, s'est fait peu à peu sa place.

En 1902, Hongay a exporté 170.000 t. en Chine (surtout du menu), sur 260.000 t. produites.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Charbons de Chine. — Dans les charbonnages asiatiques, il faut, pour les prévisions d'avenir, faire une place spéciale à la Chine.

La Chine a des gisements de houille considérables, et, d'autre part, une consommation locale déjà très développée. L'extrême déboisement de la plus grande partie du pays a, depuis longtemps, habitué la population à l'usage des combustibles minéraux; et l'industrie minière et métallurgique, les usines à cuivre ou à fer, les salines, ont de leur côté commencé à en consommer. Ces charbons chinois, dont une partie appartiennent à l'époque carbonifère, sont, en même temps, d'une qualité supérieure à celle de la plupart des charbonnages asiatiques, quoiqu'on ait peut-être surfait, dans certains cas, cette qualité et peut-être aussi été parfois trop affirmatif pour l'âge même des gisements. Nous citerons les charbons du Yunnan, autour de Yunnan-sen, comme demi-gras, friables et assez cendreux, ceux du Chantoung, Ping-tai, etc., comme demi-gras, ceux du Kaiping comme presque flambants. M. Leclère avait estimé l'exportation future des charbons du Yunnan, le jour où le chemin de fer les atteindra, à 500.000 t., non compris une renaissance probable de la métallurgie locale. M. Lantenois est, au contraire, très sceptique sur la valeur économique du charbon du Yunnan pour le trafic d'exportation.

Actuellement les principales exploitations déjà organisées en Chine sont celles du Pétchili (Kaiping) et celles de la Mandchourie, qui, de fait, ne sont plus chinoises. Kaiping, situé à 100 km. du port de Tchingouan-tao, voisin de Chang-hai et à 300 km. de Pékin, dépasse aujourd'hui 1.000.000 de tonnes. Le Chantoung est en voie d'installation. On songe également à la mise en valeur des charbons gras de Ping-siang, à 600 km. de Canton, non loin de la ligne de Canton à Hankéou.

Pétrole. — La production pétrolifère de l'Asie, du moment que l'on y englobe, comme nous le faisons ici, le Caucase, les Indes hollandaises et le Japon, atteint des chiffres très considérables, et intervient, pour une forte part, dans la production mondiale. Il est, au contraire, à remarquer que tout l'intérieur de la masse continentale est à peu près stérile. Nous n'aurons guère à y mentionner que quelques gisements du Turkestan, de l'Asie Mineure, de la Perse et de l'Inde, dont l'importance demeure, jusqu'à nouvel ordre, insignifiante.

Le principal centre pétrolifère d'Asie est le Caucase avec 8.000.000 de t. de pétrole brut. Après quoi viennent les Indes hollandaises (principalement Sumatra) avec 2.300.000 t. en 1908; l'Inde (Birmanie) avec 660.000; le Japon avec 239.000. Cela représente, pour l'ensemble de l'Asie, 11 à 12 millions de t., alors que la production des États-Unis est (1908) de 25.000.000 et celle du monde de 39.000.000.

Dans ce total, il y a lieu de distinguer les pays en voie d'accroissement rapide comme Sumatra, la Birmanie, ou, à un degré beaucoup moin-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dre, le Japon et ceux où la production tendrait plutôt à décroître comme le Caucase, dont les signes de fatigue sont manifestes, en dehors même des troubles révolutionnaires qui ont amené une baisse momentanée.

Petites substances minérales. — Nous allons passer rapidement en revue un certain nombre de minéraux utiles, pour lesquels l'Asie a une production importante, ou qu'il peut être intéressant à divers titres d'y signaler.

Graphite. — L'île de Ceylan est le principal centre de production du graphite dans le monde. Sur un total d'environ 120.000 t., elle en a fourni (avec quelques districts indous), 39.200 en 1906, soit près du 1/3. En valeur, la proportion est beaucoup plus forte, car ce graphite est de qualité supérieure, tandis que la plupart des autres grands producteurs, l'Autriche (40.000 t.), l'Italie (11.000), l'Allemagne (4.000), les États-Unis (2.000), fournissent des graphites inférieurs.

Dans le reste de l'Asie, nous citerons plus tard le gisement, fameux en minéralogie, de Batougol au Sud-Ouest du lac Baïkal, dont la production est actuellement nulle, et nous indiquerons également quelques gisements de graphite dans l'Oural ou au Japon.

Émeri, rubis, saphir, gemmes diverses, diamant. — A des titres très divers, l'alumine, sous la forme de l'émeri et sous celle du rubis et du saphir, est fort recherchée. Dans les deux cas, l'Asie a une production prépondérante.

Pour l'émeri, il existe deux centres mondiaux : Smyrne et Naxos. Ce dernier peut être rattaché géologiquement à l'Asie, quoique, politiquement, il dépende de l'Europe. Le premier centre produit 20.000 t., le second 10 à 11.000. Pour le rubis et le saphir, c'est Ceylan, la Birmanie, l'Afghanistan, le Siam, sur les bords du Mékong.

Il faut encore, comme gisements de gemmes diverses, signaler la région des monts Ilmen, dans l'Oural.

Le diamant a été exploité autrefois en grandes quantités dans l'Inde, où ses mines sont, depuis longtemps épuisées. On peut encore en citer quelques autres gisements : les uns, comme à Bornéo, peuvent avoir un certain intérêt industriel; d'autres qui ne sont qu'une curiosité minéralogique, comme dans l'Oural, en Transbaïkalie, dans le Chantoung.

Mica. — L'Inde arrive en tête de la production mondiale du mica, concurrencée seulement par le Canada. Cette production indoue représente, en 1905, 3.550.000 fr. pour 1.174 t. En 1907, on a extrait 1.772 t. Comme comparaison, la production du Canada, en 1908, valait 1.000.000 de francs.

Turquoises. — Les mines de turquoises les plus importantes du monde sont celles de la Perse dans la région de Nichapour. Si l'on rattachait à l'Asie la région du Sinaï qui y confine, intermédiaire entre elle et l'Afrique, on aurait l'autre grand gisement de cette pierre précieuse.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Jade. — Le jade a passé longtemps pour provenir d'un point unique au monde, dans le Tibet. On en a aujourd'hui reconnu en quelques autres points, et nous en signalerons une exploitation dans la Birmanie supérieure; mais le jade du Tibet reste toujours le plus célèbre.

Ambre. — On produit un peu d'ambre en Birmanie : 2.500 kg., valant 10.000 fr. en 1907.

Borates. — L'un des principaux centres de production mondiale du borate est l'Asie Mineure avec le groupe de Panderma, qui exporte par an 10 à 15.000 t. valant, en 1900, environ 150 fr. la tonne (sur un total d'environ 100.000 t. dans le monde).

Écume de mer. — Toute l'écume de mer utilisée en industrie vient exclusivement d'un point nommé Eski-cheir en Asie Mineure, pour lequel il n'existe pas, à notre connaissance, de statistique précise.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE IV

L'INDUSTRIE MINIÈRE DE L'ASIE RUSSE PRODUCTION ACTUELLE. — CONDITIONS D'EXPLOITATION. CHANCES D'AVENIR. — DÉBOUCHÉS, ETC.

Préambule. — Nous avons, dans le chapitre précédent, indiqué en raccourci, avec des chiffres statistiques, quels sont actuellement les centres d'exploitation minière en Asie, et, dans le chapitre II, résumé quelques traits généraux qui s'appliquent à l'ensemble de l'industrie minérale asiatique, indépendamment de sa nature. Il nous reste maintenant à passer en revue les grandes régions minérales en y étudiant les conditions d'exploitation propres aux diverses substances minérales qui seront tout naturellement divisées en deux groupes indépendants : 1° minerais et 2° minéraux non métallifères (combustibles, pétroles, phosphates, sels, etc.). Il va sans dire que cet aperçu, ayant pour but de débarrasser ensuite l'étude métallogénique de toutes considérations techniques, ne saurait faire double emploi avec celle-ci et que nous mentionnerons ici seulement les gîtes déjà mis en valeur avec quelque activité, sans entrer dans l'énumération de tous les autres, qui occupera suffisamment de place ultérieurement.

Dans l'exploitation industrielle d'un gisement, on sait assez que deux ordres de considérations interviennent : la constitution géologique du gisement, d'une part, et, de l'autre, les conditions géographiques, ethnographiques, politiques, etc. : autrement dit, dans un énoncé plus simple, les choses et les hommes. Ce qui concerne le gisement lui-même sera étudié en détail dans la partie plus théorique de l'ouvrage ; nous n'aurons ici qu'à en annoncer d'avance les conclusions principales. Mais, quoique l'existence d'un gisement exploitable, d'un gisement riche, soit la condition nécessaire d'une exploitation fructueuse, on se tromperait grossièrement, nous l'avons remarqué déjà, si l'on supposait que cette condition suffit, ou même est la principale ; et, plus on acquiert d'expérience, plus on arrive à la conviction que les hommes font l'affaire bonne ou mauvaise, plus encore que l'affaire elle-même. Il suffit, pour s'en rendre compte, de voir deux exploitations contiguës portant sur des gisements identiques (comme cela se produit si souvent dans les grandes zones industrielles charbonneuses ou dans les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

districts aurifères, tels que le Witwatersrand), arriver, l'une à la prospérité, l'autre à la faillite. Et cela est encore plus vrai si on envisage, non plus deux mines du même district, mais deux mines situées dans deux pays distincts. Le régime politique, auquel un pays se soumet, détermine l'état de ses finances et de son industrie. La corruption qu'entraînent les autocraties sans contrôle, ou l'anarchie qui désagrège vite les démocraties sans frein, annihilent toutes les ressources naturelles. Dans ce vieux continent asiatique et ces nouvelles terres océaniques qui offrent côte à côte les survivances des plus lointains passés et les essais parfois les plus téméraires du soi-disant progrès moderne, nous trouverons plus d'une vérification de cette observation, qui cesse seulement d'être banale si on lui attribue, comme nous sommes disposés à le faire, un rôle non accessoire, mais prépondérant. Il sera, par suite, tout naturellement indiqué d'adopter, dans l'étude industrielle, les divisions politiques des pays, tandis que, plus tard, en métallogénie, nous laisserons volontiers celles-ci de côté pour envisager les divisions géologiques et tectoniques naturelles. Nous traiterons donc tour à tour ici : (chap. IV) la Russie d'Asie, avec ses annexes de l'Oural, du Caucase, du Turkestan ; (chap. V) la Turquie d'Asie et la Perse ; (chap. VI) les Indes britanniques ; (chap. VII) l'Indo-Chine et l'Insulinde ; (chap. VIII) la Chine ; (chap. IX) le Japon.

L'INDUSTRIE MINIÈRE DE L'ASIE RUSSE [1]

Nous étudierons, dans cet ouvrage, tous les gisements de l'Oural et du Caucase. Géographiquement, c'est peut-être une double hérésie ;

[1] Il ne saurait entrer dans notre plan de raconter l'histoire des explorations scientifiques en Asie. Pour ce qui concerne la Sibérie, on en trouvera un résumé méthodique dans la notice sur la carte de la Russie d'Asie publiée par E. Koversky à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900.

Nous croyons utile de rappeler ici, comme nous le ferons à l'occasion des principaux pays asiatiques, quelques-unes des principales mesures usitées en Russie dans l'industrie minière, en supprimant les décimales, inutiles dans les études très générales que nous envisageons seules ici. On peut, si l'on veut des chiffres précis, recourir à l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*.

Monnaies : 1 rouble papier = 2.50 fr. — **Longueurs** : 1 verste = 1.066,78 m. = 500 sagènes. 1 sagène = 2,13 m. — 1 archine = 0,71 m. — 1 fout (pied anglais) = 0,304 m. — 1 druime (pouce) = 0,025 m. — **Superficies** : 1 déciatine = 2.400 sagènes carrés = 109,25 ares. — **Poids** : 1 berkowetz = 163,81 kg. = 10 pouds. — 1 poud (π) = 16.381 kg. = 40 livres russes — 1 found (livre russe) = 0,409 kg. = 96 zolotniks. — 1 zolotnik = 4,266 gr. = 96 doli — 1 dol = 0,044 gr.

Pour convertir des teneurs de minerais aurifères exprimées en zolotniks au poud en teneurs au gramme à la tonne, il faut multiplier par 2,60. Exemple : 3 zol = 13,007 gr., etc.

Voici quelques dénominations russes fréquentes en géographie minière : Gora : montagne. — Kop : fosse, excavation à ciel ouvert. — Klioutch : source, ruisseau. — Iama : excavation. — Kamen : pierre, mont. — Myss : cap. — Osrro : lac. — Ostrow : île. — Selmia : pays. — Gorod (diminutif, gorodok) : ville. — Soloto : or. — Viérno : argent. — Shelièso : fer. — Mied : cuivre. — Ssviniéz : plomb.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mais, géologiquement, ces deux chaînes se relient trop intimement aux formations asiatiques pour être ici laissées de côté, même en ce qui concerne leur versant européen. Comme la Russie elle-même, dans un autre ordre d'idées, elles constituent un trait d'union entre l'Asie et l'Europe et l'intermédiaire obligé, par lequel nous passerons plus aisément d'un monde qui nous est familier à un autre, avec lequel il faut d'abord que nous fassions connaissance. D'ailleurs, en ce qui concerne les richesses métallifères de l'Oural, notre excuse, s'il nous en fallait une, serait que la plupart d'entre elles, pour des raisons tectoniques, sur lesquelles nous aurons à revenir, se trouvent sur le versant asiatique. Peu importe, dès lors, le tracé conventionnel qu'il a plu de donner à la frontière politique entre l'Europe et l'Asie : tracé qui, en fait, laisse tous les gisements métallifères décrits plus loin dans les gouvernements européens de Perm, d'Oufa et d'Orenbourg.

L'immense étendue de l'Asie russe présente des régions totalement différentes et qui, malgré certaines conditions communes, demandent à être aussitôt envisagées séparément ; d'où les quatre paragraphes, entre lesquels nous allons diviser bientôt ce chapitre, après avoir résumé, pour l'ensemble, la production de chaque substance par des tableaux statistiques : *a*. Caucase ; *b*. Oural ; *c*. Sibérie ; *d*. Turkestan russe. L'Oural et le Caucase, à cheval sur l'Asie et l'Europe, se rattachent encore, par bien des côtés, à cette dernière, et ont été naturellement les premiers mis en valeur ; leur accès demeure plus facile ; le climat y est, en outre, moins rigoureux ou même propice ; l'évolution en est donc plus avancée. La Sibérie, et surtout le Turkestan russe, sont des régions plus neuves. Les traits communs, sur lesquels nous aurons à revenir dans les paragraphes de détail, sont ceux afférents à un régime politique dont les défauts sont suffisamment connus et sans doute difficiles à modifier, sinon par la marche lente du temps. Les capitaux nationaux font défaut, et nombreux sont les déboires que les capitalistes étrangers ont déjà éprouvés dans un pays de bon plaisir, où, du jour au lendemain, toutes les conditions industrielles sont modifiées au gré d'un caprice impérial, où l'on commence par les appeler avec les promesses les plus séduisantes, afin de constituer des centres industriels dont on les expulse le jour où l'on croit ne plus avoir besoin d'eux. On sait les qualités solides du peuple russe ; nous dirons tout à l'heure aussi les grandes ressources minérales que contient le sol de la Russie d'Asie. Mais il est impossible de ne pas faire allusion à la corruption de certaines administrations, et au désordre habituel qui s'est cruellement manifesté dans la guerre russo-japonaise. Les essais tentés dans ces dernières années pour substituer révolutionnairement un régime nouveau au vieux système ont, d'autre part, donné immédiatement lieu à de tels excès que le rétablissement de l'ordre, coûte que coûte, a semblé aux plus libéraux une nécessité. La Russie ne se transformera pas du jour au lende-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

main parce qu'on lui aura donné le simulacre d'un régime parlementaire, et il faut la considérer telle qu'elle est, sauf à éprouver une agréable surprise si les durs enseignements de ces dernières années portaient réellement fruit et amenaient l'avènement d'un système plus favorable à la mise en valeur durable de la richesse minérale.

Comme compensation à d'autres circonstances défavorables, on peut remarquer, pour la plupart des métaux d'un usage courant, notamment le plomb, le cuivre, etc., les conditions avantageuses où une exploitation de ces métaux se trouve placée par suite de leur rareté dans l'immense empire et de l'esprit protectionniste qui domine dans le gouvernement.

Quelques tableaux statistiques ci-joints, destinés à être commentés ultérieurement, permettront de connaître la production minière de l'Asie russe dans ces dernières années. On remarquera que, sauf dans le cas de la houille, du fer et du mercure, les chiffres donnés ci-dessous représentent à peu près toute la production minérale de la Russie.

Production russe de l'or. — Un premier tableau donne, depuis 1883, la répartition de la production aurifère en Russie :

TABLEAU I. — *Production aurifère de la Russie (en kilos).*

	CABINET de Sa Majesté.	SIBÉRIE orientale [1].	SIBÉRIE occidentale [2].	OURAL	TOTAL [4]
1883	1.654	23.883	2.133	8.075	35.745
1884	1.491	24.048	2.031	7.961	35.531
1885	999	21.245	2.064	8.698	33.018
1886	1.687	20.525	2.047	9.172	35.436
1887	1.556	20.426	2.227	10.647	34.861
1888	1.409	20.508	2.326	10.909	35.164
1889	1.736	22.441	2.539	10.516	37.256
1890	1.667	24.530	2.432	10.524	39.369
1891	1.590	20.377	7.101	10.532	39.010
1892	1.818	22.130	7.265	11.925	43.138
1893	1.362 [3]	23.513	7.538	12.010	44.222
1894					38.050
1895		28.718	2.653	9.729	41.100
1896		24.799	2.815	9.360	37.174
1897		25.110	2.882	10.171	39.168
1898		26.040	2.749	10.015	38.804
1899		25.564	2.853	10.497	38.914
1900		27.272	2.640	8.831	38.743
1901		27.270	2.782	9.065	39.117
1902		24.169	1.925	8.760	34.854
1903		24.641	1.816	8.246	34.703
1904		23.432	2.012	8.511	33.955
1905		20.564	1.871	8.068	33.785
1906		»	»	»	33.812
1907		25.688	2.145	11.435	39.895
1908		26.716	4.154	14.396	46.565

[1] La Sibérie orientale comprend les districts d'Atchinsk, Iénisséï, Léna, Transbaïkalie, Amour, etc.
[2] La Sibérie occidentale comprend : Altaï, Mariinsk, steppe Kirghise, etc.
[3] Pour les années suivantes, la production du Cabinet de Sa Majesté a été répartie entre les deux groupes de la Sibérie orientale et de la Sibérie occidentale.
[4] Les totaux rectifiés depuis 1905 sont supérieurs à l'addition des chiffres de détail.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TABLEAU II. — *Production d'or en Russie par districts (en kilos).*

Pour 1904 et 1905, les chiffres d'or brut seraient à réduire de 12 p. 100 pour avoir l'or fin. Cette réduction peut être laissée de côté pour tenir compte dans une certaine mesure des vols et des dissimulations. En 1907 et 1908, il y a lieu d'ajouter, pour la même raison, 10 à 12 p. 100 aux chiffres de détail qui sont les chiffres officiels destinés à la perception de l'impôt. Les totaux tiennent compte de cette correction.

	1896	1905	1907	1908
Oural { Perm	9.360	6.16	1.041	1.439
Oural { Orenbourg		4.452		
Lena, Olekma et Witim (Irkoutsk)	8.976	8.613	14.318	16.181
Province de Amour (Zéya)	6.683	5.187		
Transbaïkalie (Nertchinsk)	2.981	2.371	11.370	10.535
Sibérie orientale		2.003		
Province maritime (Amgoun et Oussouri)	1.338	1.607		
Iénisséi	2.663	1.100		
Altaï	1.766	851	2.145	4.154
Mariinsk	502	639		
Steppe Kirghise (Semipalatinsk)	525	371		
Atchinsk-Minoussinsk	840	275		
Or passé par les banques privées			7.370	11.549
Total (inclus correction pour l'or non contrôlé)	37.174	33.785	39.895	46.563

Ce tableau met en évidence la baisse qui s'est produite dans la production russe de 1896 à 1905; puis son relèvement dans ces dernières années, grâce à la mise en valeur d'un très riche gisement sur la Léna, d'où vient maintenant plus du tiers de l'or russe.

Le chiffre de 46.565 kg. en 1908 est à mettre en pendant avec les 219.429 kg. produits la même année par le Transvaal. En 1909, la production est montée à 175 millions (49.150 kg.), en augmentation de 15 millions sur l'année précédente.

TABLEAU III. — *Répartition de la production russe entre les alluvions et les filons.*

Le tableau III donne, pour 1905, les répartitions de la production aurifère par districts entre les filons et les alluvions. — Tous les districts non mentionnés sur ce tableau exploitent uniquement des alluvions. Les évaluations sont en kilos.

En 1909, les placers ont fourni, paraît-il, 78,4 p. 100 du total, les filons 21,6 p. 100.

	OURAL		STEPPE KIRGHISE	ALTAI	MARIINSK	SIBÉRIE ORIENTALE	TOTAL, y compris les autres districts pour les alluvions.
	Perm.	Orenbourg.					
Alluvions.	2.442	1.164	224	822	82	1.446	24.717
Filons . .	1.174	3.288	147	29	557	587	5.782

Ce tableau montre la façon dont l'exploitation se reporte de plus en

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plus sur les filons dans les districts les plus anciens comme l'Oural et la Sibérie occidentale, dont la production baisse cependant chaque année, tandis que, dans les régions plus neuves et plus riches de la Sibérie orientale, on exploite encore presque uniquement des alluvions avec emploi croissant des dragues.

Le nombre total des ouvriers employés à l'extraction de l'or en Russie, a été, dans ces dernières années, le suivant :

1896	1898	1900	1902	1904	1905
72.508	77.558	90.988	86.770	77.742	73.006

Argent. — En 1905, la Russie a produit (uniquement dans la Sibérie et le Caucase) 1.872 kg. d'argent, extraits de 159 tonnes de minerais plombo-argentifère.

La décomposition se fait ainsi, non compris l'or argentifère :

Argent en Sibérie (kilos).

	1896	1899	1900	1906
Altaï	4.549	2.888	957	680
Nertchinsk (Transbaïkalie)	924	499	388	262
Caucase	418	»	»	917
Steppe Kirghise	1.530	1.304	699	»
Finlande	376	242	24	»
Ensemble de la Russie	7.799	4.414	2.068	1.850

Il faut, en outre, rapporter à la Sibérie environ 2.500 kg. d'argent par an provenant de l'affinage de l'or brut.

La production argentifère a varié, dans ces dernières années, de la manière suivante en kilogrammes :

1896	1898	1900	1902	1905	1907	1908
7.799	5.443	2.068	1.496	1.872	4.110	4.200

Platine, osmium et iridium. — La production du platine vient exclusivement de l'Oural (gouvernement de Perm) et il va en être question en étudiant cette zone. La plus grande partie (soit 2.490 kilos) est extraite dans les terrains de la couronne du district de Goroblagodatsk. Les principaux producteurs particuliers ont été, en outre, Krestovoz-Dvichensk (1.200 kg.) et Nijni-Taguilsk (892 kg.).

La production totale, depuis 1896, a varié dans la proportion suivante, d'après les chiffres officiels, notoirement trop faibles de 40 à 50 p. 100.

1896	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908
kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
4.930	5.962	5.089	6.371	6.135	6.009	5.015	5.238	5.776	5.350	4.881

On peut remarquer, au sujet de ces chiffres, que, l'exportation officielle de la Russie étant de 3.100 kg., la consommation mondiale correspon-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dante, uniquement alimentée par cette exportation, est de 7.000. Plus de moitié de la production est donc écoulée en fraude.

Il est produit, en outre, une certaine quantité d'osmiure d'iridium. Les statistiques officielles n'en mentionnent pour 1908 que 47 kg. 5 ; mais la production réelle est, prétend-on, près de dix fois plus forte. Cet osmiure vient surtout du district de Miask.

Cuivre. — Il a été produit, en 1905, 8.501 t. de cuivre en Russie, provenant de 17 usines, dont 7 dans l'Oural, 8 dans le Caucase, 1 dans l'Altaï, 1 dans la steppe kirghise. La quantité de minerai correspondant était de 191.800 t. : soit une teneur de 4,40 p. 100 en moyenne.

La répartition de la production cuprifère a été la suivante :

1905...	Oural, 3.639 t.	Caucase, 3.763 t.	Steppe Kirghise, 995 t.	Divers, 104 t.
1908...	— 8.560	— 4.840	— 1.100	— 2.200

Une grande augmentation a été réalisée ces dernières années dans la Sibérie, dont la production était à peu près nulle, il y a dix ans et où l'on a fait, en 1909, 2423 t. L'Oural et le Caucase progressent lentement. L'Altaï diminue d'année en année.

Le total de la production du cuivre en Russie a été, en tonnes, de :

1896	1898	1900	1902	1904	1905	1906	1907	1908
5.830 t.	7.290 t.	8.255 t.	8.815 t.	9.830 t.	8.500 t.	9.300 t.	16700 t.	18.100 t.

Plomb. — La production du plomb, qui avait été, en 1899, de 322 t., en 1900 de 221, est montée en 1905 à 786 t., venant pour la plupart du district de Teresk (Caucase), 650 t. ; le reste, de l'Altaï, 74 t., et de Nertchinsk (Transbaïkalie), 62 t.

Zinc. — Un peu de zinc est extrait à Petrokorsk, dans le gouvernement de Teresk, au Caucase.

Manganèse. — Les mines de manganèse du Caucase, auxquelles s'ajoutent aujourd'hui celles d'Elisabethpol, tiennent, on le sait, la tête, avec celles de l'Inde, dans la production mondiale. Leur extraction a varié, dans les dernières années, de la manière suivante :

Production des minerais de manganèse en Russie (milliers de tonnes).

	1896	1898	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Caucase.								341	810	668
Ekaterisnolav(Nikopol).								158	108	254
Total	192	329	802	522	537	414	430	508	978	922

Ce tableau montre les grandes variations qui se sont produites dans l'extraction du Caucase, tant par suite des troubles révolutionnaires que par l'effet de la concurrence étrangère. La plus grande partie vient du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

gouvernement de Koutais (Kvirila), qui a longtemps fourni la presque totalité. Cependant le total précédent compte, en outre, la production croissante du district d'Ekaterinoslav qui, en 1905, a atteint 158.000 t. contre 341.000 dans le Caucase, 43.000 dans l'Oural, etc., et, en 1907, est monté à 254.000 t. contre 668.000 au Caucase. En 1909, le Caucase est tombé à 108.000 t. Ce pays, qui fournissait il y a quelques années la moitié de l'approvisionnement du monde, n'en fournit plus que le tiers.

Fer. — L'extraction des minerais de fer est la suivante :

Production de minerais de fer en Asie russe.

	Oural.	Sibérie.	Caucase.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1900	1.658.000	9.600	3.500
1905	1.354.000	8.091	851

En 1905, il y avait, dans l'Oural, 109 hauts fourneaux (contre 138 en 1900). La production d'acier dans l'Oural, qui était de 307.200 t. en 1900, est montée à 489.000 t. en 1907.

En Sibérie il y avait, en 1905, 2 hauts fourneaux, ayant produit 4.450 t. de fonte.

La production de la fonte a été en milliers de tonnes :

	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Oural	652	717	735	821	795	727	645	652	666	610	627
Sibérie	8	12	5	5	3	5	6	5	4	6	6

Houille. — Le tableau ci-joint montre, pour 1900 et 1905, la petite production de combustibles minéraux dans l'Asie russe.

Production de combustibles minéraux en Asie russe (tonnes).

	1893	1900	1905
Sibérie orientale (Iénisséi, Irkoutsk, Transbaïkalie, Iakoutsk, Kamchatka, Sakhaline), inclus 12.000 t. de lignite en 1900	11.790	140.420	1.024.800
Sibérie centrale (Tomsk). Bassin de Kouznetsk et Soudjenka	16.710	75.710	406.900
Sibérie occidentale (Akmolinsk)	»	15.870	81.200
Steppe Kirghise (inclus 1.400 t. d'anthracite en 1900)	1.640	62.060	1.474
Turkestan (Kokan et Margellan)	»	9.950	39.400
Caucase (Houille de Tkvibouli, Koutais et lignite de Kouban)	?	64.300	29.400
Oural. Bassin de la Kama (ce chiffre comprend 6.800 t. d'anthracite en 1900)	?	371.000	492.000
		739.310	2.075.174

On remarque la production de la steppe Kirghise qui, en 1901, avait atteint 81.000 t. et qui, depuis, baisse d'année en année. La production du Caucase est également en décroissance. Au contraire, la Sibérie Orientale et le bassin de Kouznetsk ont pris un sérieux accroissement.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Il a été produit, en outre, en 1905, 917 kg. de **cobalt** dans le Dachkessan ; 27.043 t. de **fer chromé** dans l'Oural (Orenbourg) ; 13.530 kg. de **fer titané** dans le gouvernement de Perm.

On a extrait, en 1900, 3.845 t. **d'asbeste** dans l'Oural, 5.036 t. de **glaubérite** dans le Caucase et la Sibérie.

La production de **sel gemme** en 1905 a été :

Iékaterinenbourg	363.000 t.
Perm	328.000 »
Semipalatinsk	50.900 »
Orenbourg	33.200 »
Ferghana (Turkestan)	30.500 »
Irkoutsk	9.000 »
Touran	2.300 »

Pétrole. — La production du pétrole a été de 8.167.000 t. en 1906 ; 8.435.000 t. en 1907 ; 7.631.000 en 1908 ; et se décompose comme suit, en tonnes :

		1900	1904	1905
Caucase	Bakou	9.856.000	10.180.600	6.783.000
	Grosny (Terek)	501.000	655.000	704.000
	Kouban	4.000	2.358	60
	Elisabethpol	75	40	32
	Tiflis	640	622	376
	Daghestan	134	30.810	17.821
Transcaspie		6.000	9.828	14.250
Turkestan (Ferghana)		163	7.280	33 600
		10.369.000		7.553.700

A Bakou, la répartition a été la suivante entre les principaux producteurs :

	1904	Nombre de puits.	1905	Nombre de puits.
Sabounchy	3.515.360	837	2.237.200	743
Romany	2.196.400	273	1.434.800	255
Balakani	1.349.530	775	934.550	774
Bibi Eibat	2.975.330	236	2.078.400	255
		2.121		2.027

A. — OURAL

OR, PLATINE, FER, CUIVRE, GEMMES, ETC.

Nous abordons maintenant la première des quatre grandes régions naturelles, entre lesquelles nous divisons l'Asie russe.

La connaissance des richesses métallifères dans l'Oural est relativement ancienne et, en ce qui concerne quelques-unes d'entre elles, celles sur lesquelles on s'est jeté d'abord comme l'or, il en résulte qu'elles touchent à leur épuisement. Certaines autres ressources minérales, au contraire, sont, par suite de leur valeur moindre, restées jusqu'ici à peu près inutilisées, attendant, pour être mises en valeur, des moyens

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de communication qui se développent très lentement; nous aurons à en reparler tout à l'heure à l'occasion du fer. Outre sa richesse en or et en fer, l'Oural est, comme on le sait, le principal centre de production platinifère dans le monde. On en tire également du cuivre, un certain nombre de gemmes, un peu de charbon, etc.

Cette industrie de l'Oural a commencé sur les riches territoires des Demidoff autour de Nijni-Taguilsk (or, platine, cuivre et fer).

Actuellement encore la région industrielle de l'Oural est à peu près exclusivement comprise du 60e au 52e, sur 700 km. de long, entre Solikamsk au Nord et Orenbourg au Sud. Il y a peut-être à cela, comme nous le verrons, quelques raisons théoriques et il est possible que les gisements soient réellement plus rares aux deux extrémités; mais la principale cause de ce développement localisé tient évidemment au fait que cette région est la plus aisément accessible d'Europe en passant par Perm, Oufa et Orenbourg, vers lesquelles il a existé de bonne heure des moyens de communication et que des chemins de fer relient aujourd'hui aux capitales. La ligne ouralienne de Tcheliabinsk à Perm et Solikamsk par Iékaterinenbourg a encore accentué ces facilités.

Or. — L'or de l'Oural se trouve seulement dans la zone la plus orientale de la chaîne (Oural proprement dit et monts Ilmen). L'exploitation y a passé par ses trois phases habituelles: exploitation des placers, aujourd'hui à peu près finie (bien qu'on ait tenté, depuis 1907, quelques essais de dragages); puis travail sur les parties hautes des filons, enrichies par altération superficielle; enfin, exploitation actuelle, qui essaye sans grand succès l'extraction directe des minerais pauvres originels à sulfures plus ou moins complexes, encaissés dans des filons minces et irréguliers. L'extraction totale est tombée à un millier de kilos, contre 10.000 vers 1895. Nous décrirons plus tard les trois districts principaux de Bérézovsk, Tchéliabinsk et Kotchkar.

Les filons de Bérézovsk ont été découverts en 1745. En 1885, Bérézovsk produisait encore 403 kg. d'or, dont moitié venant des alluvions. Les gisements de Pychminsk n'ont été mis en exploitation que depuis 1885.

L'exploitation de l'or dans la région de Kotchkar a commencé en 1844 par les placers dont je dirai bientôt quelques mots. Vers 1868, on a commencé à exploiter les filons, de plus en plus à mesure que les alluvions sont devenues moins productrices. Vers 1897, les filons produisaient par an 1.300 à 1.400 kg. d'or, contre 300 à 350 pour les placers. De 1844 à 1897, on estime qu'il est sorti là au total 47.000 kg. d'or, dont 25.100 venant des placers et 21.900 des filons. Il faut ajouter 450 kg. d'argent. La teneur moyenne des minerais filoniens exploités était de 5 à 10 gr. Les gisements ont donné beaucoup de déboires dans ces dernières années.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A Kotchkar, les travaux les plus profonds ont atteint 140 m. Tchéliabinsk est, au contraire, une mine récente et presque superficielle.

Platine. — Après l'or, le platine est la principale richesse minière de l'Oural. Nous avons indiqué plus haut, en chiffres, sa production [1].

La région platinifère occupe une longueur d'environ 130 km. sur les deux versants de la chaîne, dans le gouvernement de Perm (district minier d'Iékaterinenbourg). Les deux centres d'exploitation les plus importants sont ceux de Goroblagodatsk ou de la rivière Iss sur le versant asiatique, au Nord, dans le bassin de l'Iss, affluent de la Toura (mines du comte Shouvalof à Kreztovoz-Dvichensk, produisant 1.100 kg., Nijni-Tourinsk, etc.) et ceux de Nijni-Taguilsk, au Sud, du côté européen, qui appartiennent entièrement à la famille Demidoff et extraient 1.000 kg. d'un million de tonnes d'alluvions. La Société industrielle du platine, qui est le plus grand producteur de platine dans le monde, produit environ 2.400 kg.; elle travaille sur l'Iss, sur la Vyia, sur la Toura (270 kg.), à Nijni-Tourinsk (400 kg.) et à Mariinsk (190 kg.). Le platine de Goroblagodatsk provient du massif montagneux du Saranaia, de l'Elovaia et du Katchkanar. Les chiffres suivants, donnant la production relative des divers districts de l'origine à 1895, feront connaître leur importance :

Nijni Taguilsk	Riv. Martian	49.791 kg.
	Vissim	28.661 »
	Chaitanka	1.719 »
	Chouga	2.015 »
	Autres districts	8.378 »
Goroblagodatsk	Compagnies div.	26.217 »
	Kreztovoz-Dvichensk (Comte Shouvalof)	8.521 »
Total général pour l'Oural (chiffres officiels)		125.302 »

Suivant une remarque précédente, ces chiffres officiels doivent être augmentés d'au moins 30 à 40 p. 100 pour tenir compte des vols et fraudes, dont plusieurs procès ont permis d'apprécier toute l'importance ; mais leur proportion relative a des chances pour n'en être que peu influencée. En 1894, 97 placers étaient exploités pour platine dans l'Oural ; dans 85, on n'extrayait que le platine et 5.546 hommes lavaient environ 1.800.000 t. d'alluvions pour obtenir 5.131 kg. de métal (soit, en moyenne, 2,85 gr. par tonne); les 12 autres étaient des placers aurifères, où l'on obtenait accessoirement 75 kg. de platine. L'épaisseur de la couche platinifère exploitée est, en moyenne, de 1 m.; au maximum de 2 m. Elle est recouverte par des terrains stériles, dont l'épaisseur est en moyenne de 5 m., au maximum de 25. Par exemple, à Avrorinski, sur la Martian (Nijni-Taguilsk) une étendue de 20 à 60 m. de large sur 2 km. de long est exploitée au moyen d'une série de puits

[1] Page 67. Voir *The min. Ind. dur.*, 1908, p. 709 à 722.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de 20 m. de profondeur, distants de 24 m. l'un de l'autre ; la couche a là de 3 à 4 m. et repose sur un conglomérat serpentineux.

Un fait capital pour l'avenir de ces exploitations est leur diminution progressive de teneur avec le temps, diminution qui correspond à l'épuisement des placers riches des hautes vallées et à la nécessité où l'on se trouve, par suite, de descendre progressivement vers les zones de plus en plus pauvres. Dans le district de Nijni-Taguilsk, de 1825 à 1829, on a commencé par traiter des minerais extrêmement riches, tenant en moyenne 72 gr. à la tonne : jusqu'à 100 gr. en 1828. Une moyenne de 15 gr. a été maintenue jusqu'en 1838. De 1850 à 1883, on est tombé environ à 10 gr. ; en 1894, on était à 3 gr. ; actuellement, on ne dépasse guère 2 gr. 6, sans augmenter pour cela la production : ce qui montre que la diminution de teneur ne tient pas à un progrès industriel permettant de traiter des minerais plus pauvres. On commence cependant à développer l'emploi des dragues.

Fer. — Les gisements de fer de l'Oural, fort nombreux sont, du Nord au Sud : Bogoslovsk, Troitsk, Katchanara, le mont Blagodat, Nijni-Taguilsk et le mont Vissokaya, Goumechevsk, Soimonovsk et le mont Magnitnaya. L'industrie du fer est dans des conditions très spéciales par suite de la nécessité où se trouve la métallurgie d'employer pour combustible le bois et, par conséquent, de restreindre sa production à la proportion permise par le stock de bois subsistant dans le voisinage de chaque petite usine. Il en résulte que ces usines se dispersent, qu'elles sont toujours très petites (un ou deux hauts fourneaux en moyenne) et que, pour vivre, elles sont amenées à porter leur effort principal sur la fabrication des produits très finis, coûteux, pour lesquels le prix de transport entre relativement peu en ligne de compte. Des efforts tentés dans ces dernières années pour modifier cet état de choses ont eu, pour la plupart, un succès assez médiocre. On peut citer, par exemple, la société de l'Oural-Volga (Tzaritzine) qui s'était fondée pour traiter des fontes de l'Oural au moyen des pétroles du Caucase. A peine était-elle installée que le prix des mazouts commençait à monter. Et, d'autre part, les fontes de l'Oural ne pouvaient alimenter l'usine ; impossibilité absolue de communiquer pendant l'hiver ; en été, bateaux coulant à fond, etc. Il fallut alors travailler avec des fontes du Donetz à un prix très haut.

En 1908, on a cherché à améliorer les conditions métallurgiques de la Russie par la formation d'un grand trust de 400 millions destiné à supprimer la concurrence et maintenir les prix, ainsi que le trust de l'acier avait réussi à le faire peu auparavant en diminuant la production de 45 p. 100.

Géologiquement, nous le verrons, les minerais de fer à haute teneur, 60 à 65 p. 100, sont certainement abondants dans l'Oural, plus encore

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qu'on ne le croit d'après les résultats connus ; mais ils sont difficiles à découvrir sous un épais manteau de forêts et de tourbières, d'autant plus qu'il s'agit de gîtes en amas pouvant présenter un affleurement restreint, ou même ne pas affleurer du tout.

Cuivre. — On ne peut sans doute pas en dire autant du cuivre, ordinairement associé avec la magnétite, et qui n'a formé de gites réellement exploitables, avec des minerais à 3 ou 4 p. 100, que dans les parties altérées superficielles, naturellement destinées à s'épuiser bientôt. Depuis 1814, on a sorti de Mednoroudiansk environ 3 millions de tonnes de minerais à 2 p. 100, soit quelque 60.000 t. de cuivre. L'extraction, dans ces dernières années, était de un millier de tonnes par an.

Je ne mentionne que pour mémoire les gîtes de **fer chromé**, dont la production a atteint, dans ces dernières années, environ 20.000 t. et les carrières d'où l'on a extrait les **gemmes**, les malachites, etc.

B. — CAUCASE

CUIVRE, MANGANÈSE, PÉTROLE, ETC.

L'industrie minière est encore peu développée au Caucase. Nous verrons plus tard dans quelle mesure la géologie peut y contribuer. Il est certain que les gisements métallifères sont peu nombreux sur le versant Nord ; ils le sont plus en Transcaucasie ; mais, là, les conditions industrielles ont été longtemps et sont encore défavorables. L'occupation de la Transcaucasie par les Russes date seulement du commencement du XIXe siècle. Il a fallu ensuite lutter contre des populations hostiles, soutenir contre la Perse et la Turquie des guerres qui n'ont pris fin qu'en 1878, extirper le brigandage et assainir un pays dont les grandes vallées étaient ravagées par la fièvre. Le morcellement de la propriété et les coutumes variées furent plus tard un autre obstacle ; mais le principal est dans les difficultés de communication. Actuellement encore la chaîne du Caucase n'est traversée que par deux routes de voitures, celle du Dariel, entre Vladicaucase et Tiflis et celle de Vladicaucase à Koutais. Une ligne de chemin de fer la suit au Nord de Batoum à Bakou depuis 1882 et une autre au Sud, de Poti ou Batoum à Bakou (depuis 1884), avec embranchements stratégiques de Tiflis sur Kars (1898) et sur Érivan (1902), de Mikailovo sur Borjom. Mais ces lignes, à rampes très dures et généralement à une seule voie, sont insuffisantes pour assurer le trafic industriel ; 1.552 km. de voie ferrée sur les 250.000 km^2^ de la Transcaucasie ne sont qu'un premier jalon ; de grandes parties du Caucase restent à peu près inconnues ; d'autres, situées à des altitudes de 3 à 5.000 m., sont presque inaccessibles. Enfin le charbon manque : il faut recourir au bois, au pétrole de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Bakou ou aux charbons coûteux du Donetz, etc. Et, si ce n'est dans le Daghestan, le bois fait généralement défaut partout où l'on pourrait songer à exploiter des mines, par suite d'un déboisement qui a été souvent volontaire afin de faciliter la pacification.

Aussi l'industrie minière s'est-elle lentement établie dans ce pays et seulement par l'intervention (souvent malheureuse) des capitaux étrangers. Si nous laissons de côté les gisements de pétrole qui sont, à tous égards, dans une situation spéciale, il n'existe guère, dans le Caucase, que deux districts miniers vraiment actifs : les manganèses de Kvirila, dont l'exploitation, la seconde du monde pour ce métal, a commencé en 1879 et qui sont maintenant reliés par un embranchement à la ligne de Poti, et les mines de cuivre du groupe de Kiadébek et Khélakent, achetées par la maison Siemens en 1864[1], où l'on a commencé par engloutir plusieurs millions avant d'arriver, depuis 1890, à une phase plus prospère. En dehors de ces deux grands districts producteurs, les mines françaises d'Akhtala (Allah-verdi), autrefois étudiées par Chaper et par leur directeur de Morgan, ont abouti à un échec. Les gisements de l'ancienne province de Kakhétie, à gauche de la Koura, après avoir donné quelque espoir vers 1880, ont été abandonnés rapidement. Aucun des filons plombifères n'a pu être travaillé avec quelque profit.

C'est ce que l'on verra mieux en examinant tour à tour les substances exploitées avec un peu d'activité :

Cuivre. — Les minerais de cuivre paraissent riches et importants en Transcaucasie. Ils donnent déjà une certaine production ; il est possible qu'un jour cette production s'accroisse lorsque l'on aura triomphé de difficultés qui ont, jusqu'ici, ralenti l'extraction du cuivre et paralysé celle des autres métaux. Les deux principales de ces difficultés sont, nous venons de le dire, le défaut de voies de communication et le manque de combustibles qui en est un peu la conséquence. Il en est résulté que la métallurgie du cuivre s'est longtemps éternisée dans les anciennes routines locales, ne trouvant, d'autre part, de débouché pour ses produits qu'en Perse, où les diverses mines se faisaient une concurrence désastreuse dès qu'elles élevaient un peu leur chiffre de production. Quand les Européens sont arrivés avec des installations modernes, ils ont eu plus de déboires que de succès. La première affaire montée à l'européenne a été celle des Siemens à Kiadébek (ou Kédabek), qui, grâce à des capitaux très importants, a fini, après trente ans d'efforts, par surmonter ces difficultés si graves. Cette entreprise, dite du Miss-Dagh (montagne de cuivre), fut rachetée en 1864 par les Siemens de Berlin et s'alimenta d'abord avec les forêts du voisinage, dont le gouvernement, fort sagement, défendait la coupe au delà de certaines limites. On construisit, en

[1] C'est en 1845 que le Zanghezour fut repris.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1884, une voie ferrée de 36 km. qui coûta près de 2 millions, pour rejoindre une forêt. Enfin on eut l'idée, vers 1891, d'installer des fours de fusion au naphte : ce qui conduisit, pour remonter le naphte jusqu'à Kiadébek, avec 800 m. de différence de niveau, à établir (non sans graves ennuis au début) une conduite forcée, avec compression, d'abord à 120, puis à 40 atmosphères. L'installation, qui n'a pu fonctionner régulièrement qu'en 1897, a coûté près de 2,5 millions pour refouler par jour 60 t. avec un prix de revient de 30 fr. la tonne. Ailleurs, comme à Allah-verdi où une première compagnie française, qui dut fermer, a, depuis 1897, été remplacée par la « Société industrielle et métallurgique du Caucase [1], » on a essayé d'appliquer le procédé dit « pyritic smelting », dans lequel on utilise comme combustible le soufre même des pyrites. En 1883, on avait organisé en outre, à Khélakent, une usine de traitement électrolytique appliqué directement aux minerais, qui ne donna pas de bons résultats et qu'on essaya ensuite, également sans succès, d'employer pour le traitement du cuivre rouge obtenu aux fours d'affinage.

Les chiffres statistiques donnés précédemment montrent que les progrès de cette industrie, dont l'établissement fut si long, demeurent bien peu rapides. Encore les derniers résultats obtenus ne sont-ils dus qu'aux droits protecteurs sur le cuivre. Le Caucase est parti de 2.400 t. en 1896 pour s'élever à 3.722 en 1900 et même 4.857 en 1904; mais on est retombé à 3.763 en 1905 et l'on n'a atteint que 4.840 en 1908.

La répartition s'est faite comme suit en 1902 :

Gouvernement d'Élisabethpol. — Kiadébek (usines Siemens) : 1.540 t. — Sionninsk (usines russes de Méli-Azariansk) : 690 t. ; Ougour-tchai : 162 t. ; Halizour : 54 t.

Gouvernement de Tiflis. — Allah-verdi : 935 t.

Gouvernement de Batoum. — Ergha : 104 t.

En 1905, Kiadébek a produit 1.340 t. et Allah-verdi 1.240 t.

Néanmoins, la Russie, pour laquelle la production de cuivre dans le Caucase représente environ un quart de la production totale et qui consomme 20 à 25.000 t. de cuivre par an, a un grand intérêt à développer cette industrie et c'est à quoi on s'est efforcé par l'élèvement progressif des droits protecteurs, qui étaient, il y a quelques années, de 625 fr. par tonne de métal en lingots à l'entrée en Russie et que l'on a, croyons-nous, notablement augmentés depuis lors.

Manganèse. — Le Caucase joue, dans la production mondiale du manganèse, un rôle capital, grâce à ses minerais de la Kvirila (Tchiatoura), à 46-48 p. 100, auxquels on reproche pourtant d'être très

[1] Cette société a distribué, pour 1908-1909, 12,50 fr. de dividende et absorbé, à la fin de 1909, la « Compagnie française des mines d'Akhtala ». En fin 1908, elle a installé un troisième water jacket et une usine hydro-électrique.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

friables, siliceux et parfois un peu trop phosphoreux. Si l'on ajoute, pour la Russie, le champ minier, également important, de Nikopol (gouvernement d'Ékaterinoslav), exploité depuis 1886, dont nous nous trouverons dire incidemment quelques mots, on comprendra la perturbation jetée dans tout le commerce du manganèse et, dès lors, dans la métallurgie du fer, par les troubles révolutionnaires qui suivirent la guerre russo-japonaise, surtout à un moment où ne s'était pas encore produit l'essor réalisé, dans cet ordre d'idées, par l'Inde britannique, pendant les dernières années. Mais, un peu par l'effet de cette perturbation qui a déterminé des recherches et des mises en valeur dans tous les pays du monde, un changement complet s'est fait à la fin de 1907 dans la situation de la Russie pour le commerce mondial du manganèse. Au lieu de fournir la moitié de l'approvisionnement total, elle s'est vite trouvée réduite au tiers et les stocks de minerais se sont accumulés sur ses mines : ce qui a amené une crise grave en 1909.

Les minerais de Tchiatoura, signalés dès 1848 par Abich, n'ont commencé à être exploités qu'en 1879. Leur teneur marchande est de 46 à 50 p. 100 de manganèse. Leur production s'est accrue dans les proportions suivantes : 1880, 10.000 t. ; 1885, 56.000 t. ; 1889, 70.000 t ; 1890, 168.000 t. ; 1896, 200.000 t. ; 1897, 232.000 t. ; 1905, 341.000 t. ; 1907, 668.000 t. Mais, en 1909, il s'est produit une chute sensationnelle. De 652.000 t. on est tombé à 108.000 t. et de 3.250 ouvriers employés à 640. On en estime le cube, sur 60 km., avec 1,50 m. à 2,50 m. d'épaisseur, à plus de 100 millions de tonnes.

Bien que les conditions d'exploitation se soient un peu améliorées en ces dernières années, en ce qui concerne les moyens de transport, elles offrent de très graves défauts qui tiennent surtout au régime légal russe de la propriété minière et rappellent les effets causés par une même cause pour le soufre de Sicile, etc. La mine appartient, en effet, au propriétaire du sol, et cette propriété est, non seulement très divisée, mais très mal définie. D'où la presque impossibilité, pour une société sérieuse, d'organiser une exploitation méthodique, où l'on tirerait parti des richesses considérables qui sont gaspillées et gâchées pour l'avenir par des grattages maladroits aux affleurements, dans lesquels on rejette même une forte partie du minerai utilisable. Quelques sociétés (anglaise, française, etc.) ont cependant réussi à grouper une certaine étendue du gîte ; mais elles sont forcées d'utiliser un personnel ouvrier très instable et peu expérimenté. Les moyens de transport ont été également d'une installation difficile, tant par les conditions géographiques que par l'opposition de la population indigène, pour laquelle les transports à engins primitifs sont une occasion de bénéfices. On n'a pu, par exemple, installer des transports aériens tout indiqués. Cependant, depuis 1892, un embranchement à voie étroite, partant de Tchiatoura, va se relier au réseau général.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans ces conditions, on estime que le minerai, dont l'abatage a coûté 3 ou 4 fr. la tonne, coûte déjà 4 fr. de plus pour descendre à Tchiatoura, plus le prix extraordinaire de 18 fr. pour les 38 km. de Charopan à Tchiatoua, plus 3,50 fr. pour les 126 km. jusqu'au port de Poti : soit 30 fr. à Poti et 42 fr. rendu à Marseille.

Pétrole. — La question du pétrole devant être traitée spécialement au chapitre XXII, nous renvoyons à ce moment ce que nous aurions à dire ici sur les pétroles du Caucase.

C. — SIBÉRIE

En Sibérie, la grande richesse minière est l'or, dont nous allons surtout nous occuper dans ce chapitre. Le plomb argentifère et le cuivre de l'Altaï ou de Nertchinsk ne sont plus guère que des souvenirs. Les mines de la steppe Kirghise, dont on s'est fort occupé dans ces dernières années, ne sont guère qu'une espérance. Quant à la houille, dont nous parlerons ensuite, c'est une richesse incontestable pour ce pays, mais à laquelle il manque encore l'élément le plus important en industrie : le consommateur[1].

a. **L'or et les métaux en Sibérie.** — Les formations aurifères présentent, sur toute l'étendue de la Sibérie, dans une zone de plus de 7.000 km. de long, un développement qui est bien connu et qui correspond à une production industrielle déjà ancienne, aujourd'hui encore considérable, comme le montrent les chiffres ci-joints.

Au XVIIIe siècle on ne connaissait, comme mines sibériennes, que les gisements argentifères de l'Altaï et Nertchinsk, qui ont été exploités longtemps par la main-d'œuvre pénale, aujourd'hui envoyée à Sakhaline.

La découverte de l'or en Sibérie remonte vers 1830. On a commencé alors par attaquer les gisements de l'Iénisséi, région assez facile à atteindre, puisqu'elle est à 2 ou 300 km. de la grande ville de Krasnoiarsk. La production s'est ainsi rapidement élevée jusqu'à 68 millions en 1847. Vers 1850, on a découvert les placers de la Vitim et de la Léna. La production a oscillé autour de 50 à 60 millions jusqu'en 1852 : époque où a commencé la baisse sur les districts de la Sibérie occidentale, les premiers découverts, parce que les plus facilement accessibles. Peu à peu on s'est avancé de l'Ouest vers l'Est avec le progrès du peuplement. En 1867, on a découvert la Zéya ; de 1875 à 1880, les provinces amouriennes ont commencé à entrer en jeu et ont ramené, en 1892, le chiffre de la production d'or russe à 110 millions, dont 85 venant de la Sibérie et le reste de l'Oural. On est même remonté un moment à 138 (en 1893) ;

[1] Voir, outre les nombreux ouvrages cités plus loin : 1901. A. AULAGNON. *La Sibérie économique*, 1 vol. (Guillaumin, Paris).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

puis on est redescendu à environ 110, pour remonter à ce même chiffre de 138 en 1908 et à 174 en 1909, par suite du développement de la Léna [1].

En 1890, l'industrie aurifère sibérienne occupait 40.000 ouvriers, dont 6.600 dans la Sibérie occidentale (Tomsk, Semipalatinsk et Akmolinsk) et 6.800 dans la Sibérie orientale (11.000 dans les gouvernements d'Iénisséi et d'Irkoutsk, 8.400 en Transbaïkalie, etc.). Cette année-là, les seuls districts de l'Est d'Irkoutsk ont donné 61 millions d'or : soit 47 p. 100 pour la Léna, 40 p. 100 pour la province amourienne, 10,7 p. 100 pour la Transbaïkalie et 2,3 pour la Province Maritime.

En 1908, comme nous l'avons dit, l'Oural étant pratiquement à peu près épuisé, 45.000 kg. d'or sont venus des divers districts sibériens. On en a trouvé plus haut la répartition. Les progrès, réalisés dans cette année 1908 et accentués en 1909, ont été dus surtout aux découvertes faites dans le gouvernement d'Irkoutsk, et dans le district d'Iakoutsk où se trouve maintenant la principale région aurifère de Sibérie, fournissant à elle seule près d'un tiers de l'or russe. La Léna goldfields, après avoir dépensé plus de 60 millions de francs en installations, a, par la rencontre heureuse de sables très riches, produit, en 1908, 8.510 kg. d'or : chiffre le plus élevé qu'une entreprise particulière ait encore obtenu. Au contraire, la production de l'Oural est tombée à un chiffre infime et, dans le district, autrefois fameux, de l'Iénisséi, on se borne maintenant à quelques essais de dragage.

Au total, la Sibérie passe pour avoir produit cinq milliards et demi d'or, et l'Oural un milliard et demi.

Les chiffres que nous avons donnés montrent comment la production aurifère russe, par un contraste frappant avec l'essor énorme des autres grands producteurs, tels que le Transvaal, progresse peu en somme depuis une quinzaine d'années. Le tableau serait plus sombre si nous pouvions donner le chiffre des bénéfices, qui, sauf dans certains cas exceptionnels, se réduit sans cesse. Et, sans doute, les conditions administratives et sociales y sont pour quelque chose. En présence de gisements appauvris qui demanderaient un grand effort de centralisation, les propriétaires russes manquent de capitaux ; les capitalistes anglais, qui avaient commencé à venir, ont été découragés par des excès de spéculation. En même temps, un peu de développement général a eu pour premier résultat d'augmenter le prix de la main-d'œuvre sans diminuer le désordre. Mais, en dehors de ces considérations industrielles, la constitution géologique me paraît avoir ici une influence dont il faut, dès à présent, dire un mot. Un pays aurifère n'a une existence durable que

[1] La *Lena goldfieds*, fondée en 1908 au capital de 35 millions, exploite les placers appartenant à la *Lenskoié*, qui, antérieurement, avaient déjà fourni 344 millions de francs. Les lits aurifères délimités mesurent 80 kilomètres de long. La production brute a atteint 25 millions en 1907-08, 33,7 millions en 1908-09. Cette société possède le chemin de fer de Bodaibo qui la dessert.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lorsque l'exploitation peut s'y enfoncer en profondeur, comme sur les conglomérats du Transvaal, les filons de Californie ou de l'Australie orientale, ou même, dans une certaine mesure, les filons plus précaires de Cripple-Creek au Colorado ou de Kaalgoorlie, en Australie occidentale. Les placers sibériens ne sont pas dans ce cas et, jusqu'ici, les gisements primitifs qu'on a trouvés en Asie russe sont, à quelques exceptions près, de médiocre valeur. L'ancienneté de la consolidation de ce voussoir sibérien et le manque de venues relativement récentes à caractère nettement filonien laissent peu d'espoir de trouver, si ce n'est peut-être dans l'extrême Est, de vrais filons ; seules, des strates de conglomérats imprégnées, comme celles du Transvaal, ne seraient pas incompatibles avec l'existence de plissements hercyniens qui se manifestent dans tout le Sud du pays en arrivant vers la frontière chinoise ; mais on n'en a encore signalé aucun indice.

Comme dans presque toutes les contrées aurifères, les mines d'or sibériennes portent : 1° sur des placers et 2° sur des gisements en place. Mais les premiers seuls ont eu, jusqu'ici, un rôle industriel, et cela sous leur forme, précaire entre toutes, des alluvions les plus récentes. Quant aux « filons sibériens » qui ont trouvé dans ces derniers temps des enthousiastes, ce que nous en connaissons nous inspire en moyenne peu de confiance. Ce sont, pour la plupart, des lentilles sans continuité, pouvant assurément renfermer quelques poches ou cheminées riches, de nature à encourager momentanément les espoirs, mais devant rarement et difficilement alimenter une industrie durable, la seule sur laquelle un grand pays puisse compter pour maintenir un chiffre élevé de production[1]. Les placers sibériens, même les plus riches[2], sont le produit d'une longue concentration naturelle, opérée mécaniquement et chimiquement sur des gisements ou placers très disséminés, très pauvres, à peu près partout inexploitables dans les conditions industrielles naturelles. C'est le même fait que nous avons essayé autrefois de mettre en évidence pour le continent africain où, sauf sur quelques zones riches de conglomérats, comme le Witwatersrand ou la Côte-d'Or, l'on trouve d'ordinaire, pour origine des placers les plus fameux, des imprégnations très pauvres ; et nous montrerons ultérieurement que cette analogie tient à une cause géologique profonde.

Dans notre travail théorique, nous insisterons, néanmoins, surtout sur les gîtes en place qui, pour la métallogénie, comme pour l'avenir industriel, sont les plus intéressants. Mais, en ce moment, où nous consi-

[1] On a dû liquider la plupart des entreprises récentes portant sur des filons d'or dans l'Altaï, le district de Nertchinsk et la Transbaïkalie.

[2] Quelques pépites de dimensions particulièrement considérables ont été trouvées : notamment une de 30,422 kg. dans la taiga de Minoussinsk, une autre de 36,022 à la mine de Tsarevo-Alexandre, dans l'arrondissement de Zlatoust, au Sud de l'Oural, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dérons l'extraction aurifère actuelle, il faut envisager les placers qui la fournissent à peu près toute. Les explorations officielles faites à l'occasion du Transsibérien en ont amené la reconnaissance générale par les géologues du gouvernement, avec une série de monographies et de cartes au 1/84.000e (malheureusement fort peu avancées), dans lesquelles nous aurons plus tard beaucoup à puiser.

En principe, l'extraction de l'or sibérienne présente des caractères industriels particuliers que M. Levat a mis en lumière et que nous résumerons d'après lui, en apportant seulement un peu moins d'optimisme pour les progrès à espérer dans l'avenir.

D'abord, en ce qui concerne l'organisation financière des exploitants, les concessions sont aux mains de sociétés spéciales, dites « par Compagnons », dont les membres sont souvent des parents ou des cohéritiers et dont il est à peu près impossible de sortir autrement que par déchéance, les parts n'étant négociables à aucune Bourse. Ces sociétés travaillent exclusivement par campagnes annuelles ou « opérations » de cent vingt à cent trente jours, souvent préparées longtemps d'avance, en raison des conditions toutes spéciales du climat et du pays, qui nécessitent de lents et coûteux approvisionnements en fournitures et en hommes. Ce conseil des Compagnons s'entend donc un an ou deux d'avance pour faire les frais, souvent considérables, d'une semblable expédition ; mais, d'après le principe même du travail, il faut que chaque expédition annuelle se suffise à elle-même, couvre les frais et donne un bénéfice. D'où l'impossibilité évidente de recourir à des installations compliquées et durables, destinées à être amorties en plusieurs années ; d'où aussi la tendance à ne prendre que le minerai le plus riche en gaspillant l'avenir ; d'où, enfin, l'abandon regrettable d'une foule de gisements, sur lesquels a été faite quelque tentative malheureuse ou mal conduite. Si l'on ajoute les frais inhérents à un pays à peu près sans voies de communication[1], où la population est peu nombreuse, où les mineurs sont à la fois rares et mal vus, où, dans les parties les moins peuplées, il est administrativement interdit de détourner les agriculteurs vers les mines pour ne pas interrompre la colonisation, où le froid est souvent extrême, où les propriétaires, ne séjournant pas, sont volés sous toutes les formes[2], on s'expliquera aisément l'état assez rudimentaire dans lequel est toujours restée cette industrie et dont elle ne se dégage que lentement. On sait qu'en été, la plus grande

[1] Le Transsibérien réalisera un très grand progrès, mais qui demeure localisé faute d'embranchements latéraux et la guerre russo-japonaise, en amenant sa confiscation pour les transports militaires, a d'abord créé un état encore pire que le précédent, les anciens transports par route ayant été abandonnés.

[2] Dans les conditions du travail sur les placers sibériens, on ne saurait passer sous silence le travail clandestin des « Khischtchniki », ou pillards, souvent Chinois, ou Khounkhouzes, qui exportent chaque année en cachette 2 à 3.000 kg. d'or par la frontière chinoise.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

partie de la Sibérie devient un immense marécage, où la circulation est impossible ; c'est seulement en hiver que les transports et les ravitaillements ont lieu plus pratiquement par traîneaux. Le travail lui-même, en été, ne peut guère durer que cent dix à cent vingt jours par an.

Ces conditions si spéciales suffiraient déjà à elles seules pour rendre l'exploitation plus chère qu'ailleurs. Mais, techniquement, il se présente, en outre, des difficultés particulières dans le gel profond et permanent du sol (Léna, Transbaïkalie, etc.), dans la nature des alluvions, etc.

Disons quelques mots sur le travail des alluvions profondément gelées propres à la Sibérie. Il consiste à foncer une série de puits reliés par des galeries boisées à cadres jointifs et à abattre le front de taille en allumant un feu de bois à son contact. On admet, comme formule courante, qu'il faut une épaisseur de bois brûlé égale à celle d'alluvion dégelée. L'inconvénient du système est la formation de cloches entraînant de brusques éboulements et nécessitant, pour y parer, un boisage particulièrement coûteux. Cette question du sol gelé est donc une des principales difficultés de l'exploitation sibérienne. Le dégelage par des tuyaux de vapeur, qui a réussi au Klondyke, a échoué en Sibérie.

De même, malgré de nombreuses tentatives dans le bassin de l'Iénisséi comme dans l'Oural, on n'a guère pu appliquer, ni le dragage, utilisé avec succès en Nouvelle-Zélande, ni aucune des variantes de la méthode hydraulique. En ce qui concerne les dragues, cela tient à la nature tout spécialement irrégulière des alluvions sibériennes qui, elle-même, a pour cause, par un cercle vicieux, la nécessité de se borner à des couches plus riches, sur lesquelles la préparation mécanique a été incomplète [1].

D'ordinaire, les alluvions sont encombrées de gros blocs irréguliers qui gênent le travail des dragues. La Verkné-Amoursky Cy, par exemple, avait fait venir une drague à aspiration, dite suceuse, du type australien. Mais ce qui réussit dans une alluvion sableuse est impraticable quand on est en présence de cailloux et de blocs de dimensions quelconques, comme c'est le cas ordinaire en Sibérie orientale. Plus tard, M. Levat avait préconisé aussi les pompes de pression destinées à monnayer en quelque sorte le procédé hydraulique, en provoquant artificiellement la pression par une pompe à vapeur et s'en servant pour démolir les alluvions gelées. En principe, le jet d'eau coupe l'alluvion gelée, à la fois par sa force vive et par sa chaleur relative. Mais, dans un pays aussi plat que la Sibérie, où les alluvions aurifères sont toujours dans le fond du thalweg, tous les essais d'élévateurs (lifts) hydrauliques pour relever les déblais lavés ont échoué (1890) sur le Vitim, etc. Les simples appareils de lavage ont eux-mêmes grand peine à se perfectionner

[1] En 1908, sur 65 dragues travaillant en Russie, 55 donnaient des pertes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

par l'introduction des sluices américaines. Quand aux gîtes en place, il suffira de dire qu'en 1895, il y avait, dans toute la Sibérie orientale, une seule batterie de pilons pour broyer les quartz aurifères. Aujourd'hui, encore le nombre en est très restreint, malgré quelques bons résultats momentanés dans la région de Minoussinsk.

En se rappelant d'autre part ce qui a été dit d'un régime politique qui assure fort peu de sécurité réelle et durable aux capitaux étrangers, on s'explique aisément comment cette Sibérie, où l'or apparaît de tous côtés avec une telle abondance, n'arrive guère qu'à maintenir sa production, tandis que d'autres régions aurifères du globe augmentent la leur avec une rapidité vertigineuse.

Donnons maintenant quelques indications plus particulières aux divers districts métallifères sibériens, la plupart exploités pour or, quelques-uns pour d'autres métaux, en les parcourant de l'Ouest à l'Est, dans l'ordre que nous conserverons plus tard pour notre étude métallogénique.

1° *Steppe Kirghise* (*District de Sémipalatinsk-Sémiretchie*). — Ce district ne renferme que quelques placers pauvres à couches minces de 0,50 à 1 m. avec de l'or très fin, exploitables seulement parce que les kirghises travaillent à très bas prix : ce qui a permis de descendre à des teneurs de 30 et 20 cgr. par tonne[1]. En 1897, plus de 5.000 Kirghises, travaillant sur 120 placers, ont lavé 1.500.000 t. de sable pour obtenir 524 kg. d'or.

Quelques gisements de cuivre ont donné un moment, dans ce district, 500 t. de cuivre par an. En 1897, on était tombé à 56 t. En 1904, on a constitué, pour les reprendre industriellement, la Cie de la Spassky qui, outre les mines de cuivre d'Iouzpensky, possède les charbons de Karagandy. Cette société, après une phase très difficile, a produit, en 1909, 1.696 t. de cuivre (contre 1.560 en 1909) : chiffre qu'elle a annoncé, avec quelque fracas, devoir porter promptement à 3.000 t. [2].

2° *District de l'Iénisséi*[3]. — Ce district, où l'on a commencé les exploitations en 1840, a été un moment à la tête des gisements d'or du monde entier. En 1847, l'année qui a précédé la découverte des gisements californiens, il donnait à lui seul 20.000 kg. d'or. Puis sa production a rapidement décliné (1857, 16.000 kg. ; de 1860 à 1870, 8 à 10.000 ; aujourd'hui, moins de 1.000). Il a, dans l'ensemble, produit environ 460.000 kg. d'or.

[1] Les évaluations de teneurs en or se font généralement en zolotniks et dolis aux 100 pouds (1.638 kg.) : les 100 pouds correspondant à peu près à 1 m³. 1 zol. aux 100 pouds correspond à 2,60 gr. à la tonne. Voir p. 63, note 1.

[2] Voir Min. a. sc. press., 11 juillet 1908, Rev. S. Af., 9 janvier 1910, p. 23. Les autres usines à cuivre de Sibérie sont la Yuli (800 t. en 1909) et Dzhitav (Karkaralinsk), ouverte fin 1908.

[3] Voir Towey et Gorbatcheff. *L'or dans la partie mérid. du district d'Iénisseisk.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La teneur moyenne des sables lavés est tombée de 6 gr. en 1842 à 2,5 gr. en 1852, à 1,3 gr. en 1860, enfin aujourd'hui à 0,8 ; et, en même temps, le nombre des placers exploités diminuait. On a supposé récemment que les conditions d'exploitation, particulièrement favorables ici pour la Sibérie, permettraient peut-être une reprise des alluvions pauvres, au-dessous de 1 gr. à la tonne. L'accès de cette région par Iénisseisk ou Krasnoiarsk nécessite, après un trajet par bateau à vapeur ou route de poste jusqu'à Oust-Tongouskoi, au confluent de l'Iénisséi et de l'Angara, environ 120 km. de mauvais chemin.

3° *Altaï.* — La mine métallique classique du district de l'Altaï est *Sméinogorsk* (mont des serpents). Au Nord-Est de Sémipalatinsk, à peu près sur le méridien de Barnaoul, on a trouvé là, sur un système de filons-couches que nous aurons à décrire, quelques beaux amas de minerais complexes (galène, blende, pyrite cuivreuse, pyrite de fer, etc.) ayant atteint 340 m. de long et 100 m. de puissance.

Au Sud de Sméinogorsk, on trouve d'autres mines : *Riddersk* (plomb argentifère) qui a donné de 1783 à 1854, 35.750 kg. d'argent et 28.740 t. de plomb et *Syrianovsk*, qui, de 1796 à 1844, a produit 410.000 kg. d'argent, à peu près le quart de tout l'argent extrait de l'Altai et 10.000 t. de plomb.

On cite encore la fonderie de cuivre de *Souzoun*, sur un petit affluent de l'Ob, produisant 540 t. de cuivre en 1880, 160 en 1907; celle de *Loktevskyi*, qui, vers 1860, produisait en moyenne 4.900 kg. d'argent et 240 t. de plomb; les gisements argentifères de *Salair* au Nord-Est de Barnaoul, entre l'Ob et le Tom; les jaspes, marbres, porphyres, serpentines, etc., travaillés à Kolyvan dans une usine du trésor.

Au total, les mines de l'Altaï, dont j'ai rappelé plus haut l'histoire[1], ont, de 1745 à 1860, donné 2.227.500 kg. d'argent, valant 250 millions et 50 millions d'or.

On considère que l'abolition du servage en 1861 a été, avec épuisement progressif des gîtes, l'arrêt de mort de ces mines, dont la production est aujourd'hui à peu près nulle.

En 1897, le filon de Syrianosk a encore donné 500 t. d'un minerai riche, d'où l'on a extrait 60 kg. d'or, 2.600 kg. d'argent, 42 t. de cuivre. Le filon de Riddersk a donné, la même année, 50 kg. d'or, 230 kg. d'argent et 50 t. de plomb.

Le district, qui produisait 25.000 kg. d'argent et 3.000 t. de plomb, entre 1850 et 1860, n'a plus donné en 1900 que 50 t. de plomb et 300 kg. d'argent.

4° *District de Kouznetsk.* — Le district de Kouznetsk, qui renferme de très importants gisements de houille, contient aussi des minerais de fer intéressants par la proximité du combustible. On a un peu travaillé,

[1] Page 26.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

depuis 1897, ceux d'Arinitcheff et de Zalairsk, constitués par des lits d'hématite brune intercalés dans le dévonien et on en a tiré un peu de fonte (1.660 t. en 1897) dans l'usine Gourievski. Une autre petite usine à fer, ayant déjà un siècle d'existence, est à 450 km. Sud-Ouest de Tchita (usine Petrovski).

5° *Districts d'Atchinsk et de Minoussinsk.* — On a tenté là quelques exploitations sur de petits filons aurifères, dont quelques-uns ont donné jusqu'à un ou deux millions de francs d'or. Nous aurons l'occasion de les énumérer dans notre étude métallogénique. Citons seulement ici, sur le haut bassin du Yous noir, dans le groupe de Tchébaki, la mine Podvintzeff, où un petit moulin de broyage a été installé en 1900 à côté de placers ayant donné 7 millions de francs de 1853 à 1880; puis, dans le groupe de l'Yous blanc, les placers Préobrajenski (2 millions de 1836 à 1883) et Fédorovsky (500.000 fr.), près desquels le filon Bogom-Darovanny a donné, de 1898 à 1902, 1.500.000 fr. d'or extraits d'une poche riche d'environ 10.000 t. (30 m. de long sur 70 m. de profondeur) avec teneur de 45 gr. par tonne.

Nous signalerons, dans ce district, les minerais de fer d'Akabansk sur l'Iénisséi, utilisés dans une petite usine fondée en 1867.

6° *District de la Léna.* — Ce district fournit, depuis 1900, environ 10.000 à 15.000 kg. d'or : soit le tiers de la production totale de la Sibérie. Cette production, concentrée sur quelques centaines de kilomètres carrés, est répartie entre trois ou quatre grandes compagnies (Cie de la Léna arrivée en 1908 à 8.510 kg., Cie du Vitim 2.000 kg. et Cie de Bodaïbo produisant 1.200 kg., etc.).

Le trajet d'Irkoutsk à la Léna dure quinze jours et représente 500 km. par voie de terre et 1.000 km. par voie d'eau. Il faut, chaque année, faire venir les 10 à 12.000 ouvriers qui travaillent pendant la saison d'été (milieu de mai au début de septembre). Le prix de la main-d'œuvre (4 à 5 fr. par jour) est augmenté de la nourriture (environ 2 fr.). Quelques placers très riches sont exploités par travaux souterrains; les placers plus récents et plus pauvres sont exploités à ciel ouvert. En moyenne, la couche aurifère a de 1 à 3 m. d'épaisseur (sous une épaisseur de stérile atteignant 80 mètres), avec des teneurs qui peuvent arriver à 14 gr. (placer Ouspenski sur la rivière Bodaibo et Tichono-Zadanski).

7° *Transbaïkalie.* — Les exploitations les plus anciennes de Transbaïkalie sont, comme un peu partout en Sibérie, celles que le gouvernement a fait faire par les forçats sur les territoires du domaine impérial. C'est dans ces conditions que l'on a exploité les gisements du district de *Nertchinsk*, dans un territoire de 30.000 km². 14 mines

[1] Le district de la Léna est un des rares districts sibériens sur lesquels se soit constituée une société européenne, dont la production donnée plus haut, page 79, est élevée : la Lena Goldfields.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

principales ont broyé, de 1703 à 1870, 1.500.000 t. de minerai pour obtenir environ 40.000 t. de plomb, 412.000 kg. d'argent et 1.346 kg. d'or : le tout valant une centaine de millions. On produisit jusqu'à 20.000 kg. d'argent par an. Ces mines sont aujourd'hui abandonnées : peut-être en partie parce qu'elles appartiennent au gouvernement, et qu'aucune initiative individuelle n'a l'occasion de s'y manifester. On cite, comme travaux profonds : la galerie Espérance de 1.500 m. de long au fond d'un puits de 143 m. ; la galerie Oscar à la mine Kadaiska de 682 m., la galerie Ernest-Auguste, à Gartza, qui, avec les galeries latérales, a atteint 22 km. à 390 m. de profondeur.

On a produit, en même temps, une certaine quantité de minerais de cuivre, mais sans que leur valeur ait paru jamais motiver l'installation d'une fonderie. En résumé, les résultats obtenus à Nertchinsk par l'exploitation officielle sont assez décourageants.

Les exploitations aurifères ont été surtout celles du district de l'*Onon*, à la frontière de la Mandchourie, où l'on a trouvé quelques riches placers qui sont en train de s'épuiser et que, là comme partout, on s'efforce sans grand succès de remplacer, soit par l'exploitation intensive des alluvions pauvres, soit par le broyage des filons primitifs.

Un groupe de placers exploité par la société de l'Onon (groupe Sabachnikoff) se trouve vers le point où la vallée de l'Onon (sous-affluent de l'Amour) entre sur le territoire russe, au Sud-Ouest de Tchita, sur un petit affluent, nommé le Khangarok. D'autres sont sur la Kyra et la Byrtsa.

L'ensemble de ces placers de la Société de l'Onon a donné 43 millions en vingt ans, de 1874 à 1895, mais, pour la plus grande partie, dans les cinq premières années, avec une chute profonde depuis 1879.

Parmi les principaux placers, le placer Blagovietchensk, découvert en 1867, a donné, à lui seul, jusqu'en 1894, 31 millions de francs, avec un rendement qui a atteint un moment 50 gr. à la tonne pour descendre à 1/2 gr.

Un essai de lévigation y a montré que l'alluvion aurifère peut contenir, en moyenne, 2,5 kg. de pyrite à la tonne, (5 kg. au mètre cube). A Baian-Zourga, la pyrite tient en moyenne 0,30 gr. d'or à la tonne.

Dans cette vallée du Baian-Zourga, le placer Novo-Alexandrovsky a donné, de 1873 à 1900, 4,5 millions (1.440 kg).

8° *Provinces amouriennes. Bassin de la Zéya.* — L'introduction de l'industrie aurifère dans les provinces amouriennes a suivi de près l'occupation russe. Dès 1867, le groupe fameux des placers de la Djilinda était mis en exploitation par la Cie du Haut-Amour. En 1875, on commença à travailler sur la Zéya, qui a fourni la plus grosse partie de l'or récolté dans cette région. Vers 1890, on s'est porté plus loin vers l'Amgoun, puis vers la mer d'Okhotsk et le Kamchatka, dans des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

régions mal explorées, sur lesquelles on fonde quelque espérance pour l'avenir.

Dans le bassin de l'Amour, la plupart des affluents sont aurifères (Almazar, Oldoi, Zéya, Bouréya, Argoun). Mais le principal district aurifère est le bassin de la Zéya, entre les deux chaînes du Grand et du Petit Khingan[1], dont l'exploitation a commencé en 1875.

En 1897, la production des provinces amouriennes se répartissait ainsi :

Zéya	4.625 kg.
Bouréya	835 »
Petit Khingan	502 »
Haut-Amour	268 »
	6.230 kg.

La plus grande partie du bassin de la Zéya est recouverte de « toundra », tissu végétal vivant formé de mousses et de lichens et imbibé d'eau en tout temps comme une éponge : ce qui détermine des crues subites des rivières après les pluies. Les rivières y restent gelées à peu près exactement la moitié de l'année.

Le mode de transport par chameaux est universellement adopté par les compagnies de la Zéya. 3.000 à 3.500 de ces animaux font les transports d'hiver, arrivant à la fin de novembre sur le cours gelé de l'Amour des steppes de la Transbaïkalie et de la Mandchourie, où ils ont passé l'été.

Le ravitaillement des exploitants se fait en été par des bateaux à faible tirant d'eau appartenant aux compagnies et des magasins, ou résidences, sur le parcours. En hiver, les grands transports ont lieu sur la glace. Les placers d'un même groupe sont reliés par téléphone. Toutes ces installations et le matériel correspondant doivent être compris dans les frais généraux à amortir pendant la durée des placers.

Pour exploiter un placer, on commence par écrémer le lit mineur de l'ancienne alluvion, généralement beaucoup plus riche, en même temps que plus étroit; puis on attaque des deux côtés ce prolongement appauvri qui constitue le lit majeur, soit avec des entrepreneurs (padraitchikis), soit avec des orpailleurs volontaires (staratiélis), qui ont toujours pour résultat de gâcher le gisement.

Dans le groupe Djolon, sur la Brianta, on cite le placer Léonovsky qui, à lui seul, a donné en dix ans (1883-1892) 13.000 kg. d'or. Un placer voisin a donné 16.000 kg., soit 50 millions de francs. Et l'ensemble du Djolon a donné, en dix ans, environ 100 millions.

[1] Voir, dans l'ouvrage de M. Levat sur la Sibérie Orientale, une bibliographie des ouvrages antérieurs en langue russe. Les premiers placers de la Zéya remontent à 1875. La concession de toute la vallée du Mogotte fut obtenue en 1878. Leur histoire détaillée a été donnée par M. Levat, mais n'a qu'un intérêt financier purement local.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les autres placers les plus fameux du pays sont ceux du Djilinda, du Joltouga, etc.

9° *Province maritime.* — Dans la province maritime, les gisements exploités, signalés en 1872, mis en valeur depuis 1891, sont ceux de l'Amgoun. Le climat y est très rude et, bien que l'accès par Nikolaievsk et l'Amgoun, navigable en été, soit relativement facile, les transports montent à des prix élevés. La faible épaisseur des couches stériles recouvrant la couche aurifère est une condition favorable : mais les teneurs, qui, en moyenne, ont été seulement de 5 gr. dès le début des exploitations, ne semblent pas promettre une longue continuation d'un essor, très brillant au début.

Combustibles en Sibérie[1]. — Avec des richesses minérales en combustibles qui semblent considérables, l'industrie houillère de la Sibérie est encore dans l'enfance, et les chiffres d'extraction, quoiqu'un peu augmentés dans ces dernières années, demeurent tout à fait insignifiants. Jusqu'ici, les consommateurs ont fait défaut, non moins que les moyens de communication entre les gisements et les rares industries ou les centres de population, où le combustible aurait pu trouver un emploi. Mais le Transsibérien a déjà modifié cet état de choses et contribuera certainement de plus en plus à attirer la vie dans des contrées jusqu'alors déshéritées. Il est même possible que les déboires des Russes en Extrême-Orient, les détournant des visées lointaines, profitent à la colonisation intérieure, qui suffira pendant longtemps à absorber fructueusement l'activité et les forces de l'Empire. A cet égard, les mines de charbon sibériennes sont, même industriellement parlant, plus intéressantes que leur production infime d'aujourd'hui ne le ferait croire, et divers économistes ou voyageurs en ont parlé avec un véritable enthousiasme.

Sans doute, quand il s'agit de ces richesses en houille, il ne faut pas être dupe des apparences et adopter aveuglément les chiffres que l'on trouve alignés dans les rapports avec des listes interminables de mines, dont aucune n'a encore un commencement d'existence, si ce n'est en espoir. Beaucoup de ces gisements, où l'on s'est contenté de reconnaître à la surface des veines charbonneuses plus ou moins continues, n'ont pas de valeur, soit que le charbon même y manque en quantités réellement notables, étant distribué par lentilles discontinues, soit que ce charbon, trop cendreux, ou trop ligniteux, soit à peu près inutilisable, soit enfin que les voies de communication soient par trop éloignées, et

[1] Voir, au ch. XII, des bibliographies géologiques. On peut consulter en outre : 1893. Helmhacker. *Die Mineralkohlen in russisch Asien* (Z. f. pr. G., 32). — 1898. *Charbons de Sibérie* (Z. f. pr. G., 339). — 1898. *Charbon dans l'Est de la Sibérie* (Z. f. pr. G., 179). — 1900. Frech. *Die Steinkohlenformation.* — 1900. Kleve. *Der Steinkohlenbergbau auf der Insel Sachalin* (Oest. Z. f. B. u. H., 573 à 577).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sans grande chance d'un changement rapide en un pays où la population fait totalement défaut, où les routes sont impraticables pendant toute la saison d'été, etc.

Ces réserves faites, il paraît bien démontré qu'il existe là quelques bassins charbonneux pouvant être comptés parmi les plus puissants du monde, comme ceux de Kouznetsk (et de Soudjenka au voisinage), celui d'Ekkibad-tous, etc. Reste à voir dans quelles mesures on pourra les utiliser sans attendre un siècle ou deux.

Actuellement, comme consommateurs, il y a, ou il peut y avoir, le Transsibérien et les bateaux à vapeur des grands fleuves. Les uns et les autres ne songent guère à prendre du charbon que dans certaines parties du trajet, où font défaut les forêts, dont la réserve en combustibles est énorme et le restera tant que le pays n'aura pas été défriché et peuplé, c'est-à-dire fort longtemps. Pour la même raison, la consommation des particuliers ou de la petite industrie est généralement insignifiante : la population totale de la Sibérie n'atteignant pas 6 millions d'habitants pour plus de 12 millions de kilomètres carrés. Et, quand on pense à créer une grande industrie, il ne faut pas oublier les milliers de kilomètres qui séparent un point d'un autre sur ces cartes dont on perd facilement de vue l'échelle : par exemple 1.600 km. de Kouznetsk seulement à l'Oural et 2.000 jusqu'aux centres métallurgiques possibles de cette chaîne. Voir, dans ces bassins houillers sibériens, une réserve pour l'Europe, c'est aller un peu vite en besogne. Tout au moins faudra-t-il attendre les deux ou trois cents ans minima nécessaires pour que nos principaux bassins houillers soient finis : ce qui retire tout intérêt d'actualité à la question. Cependant, sans presser autant les mouvements, comme les Slaves le font volontiers en rêveries, et sans voir aussi grand, on peut bien s'attendre à une mise en valeur relative des plus favorablement situés parmi ces gîtes. Le doublement du Transsibérien, qui s'impose à la Russie comme une nécessité politique et qui sera certainement exécuté dès que les conditions financières le permettront, est destiné à accélérer fortement la circulation sur cette voie, le long de laquelle se fera de plus en plus le mouvement des voyageurs vers tout l'Extrême-Orient. Les parties fertiles de la Sibérie qui suivent la frontière chinoise à l'Est de la steppe kirghise, se peupleront ; des besoins se créeront. Enfin, s'il y a 2.000 km. de Kouznetsk à Nijni-Taguilsk ou Perm, il y en a autant depuis le Donetz.

Dans les estimations relatives à l'avenir de la production houillère en Sibérie, la faible importance actuelle de l'industrie sidérurgique ne doit pas faire oublier le développement que celle-ci peut être amenée à prendre un jour, malgré les difficultés qu'il ne faut pas oublier, tenant à la mauvaise qualité des combustibles, si abondants soient-ils. En 1900, toute la Sibérie a fourni au total 9.600 t. de minerai de fer, 5.000 t. de fonte. Autant dire zéro. Mais, comme nous le verrons, la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

principale région houillère, celle de Kouznetsk, contient, en même temps, des minerais de fer et n'est qu'à 2 ou 300 km. des gisements de fer d'Akabansk, Ilinsk, etc... les principaux de la Sibérie. Il y a donc possibilité de créer sur place une industrie, pour laquelle les matières premières existent. Le jour où les voies de communication auront été développées, le fer produit en Sibérie pourrait trouver son emploi, soit dans toutes les villes du pays, soit dans les constructions de machines, de voies ferrées, etc., qui vont se produire.

Les charbons de Sibérie sont de qualité très inégale. Quelques-uns, comme à Kouznetsk, semblent de bonne qualité, suffisants pour les besoins de la métallurgie et de l'industrie. A peu près tous les autres, au contraire, comme ceux de l'Irtych, du Turkestan russe, de l'Angara, de l'Amour, de l'Oussouri, de Sakhaline, sont des lignites jurassiques ou tertiaires, secs, sales, souvent chargés de soufre, qui ne peuvent guère être utilisés que localement. Pour ces lignites à peu près inexploités, si ce n'est à Sakhaline, nos descriptions géologiques du chapitre XII, suffiront amplement et nous pouvons nous borner ici à quelques indications sur les houilles carbonifères ou permiennes.

Nous avons donné plus haut[1] la répartition de la production. Si nous parcourons rapidement le pays de l'Ouest à l'Est, nous trouvons d'abord les gisements de la *steppe kirghise* qui, bien que reposant sur le paléozoïque, et d'âge carbonifère, ont certaines apparences de charbons crétacés. Au Sud-Est d'Akmolinsk, on connaît quelques petits gisements charbonneux, dont les principaux, quoique présentant une houille assez médiocre, sont ceux de Karagandy et de Kouou-tchéou. A *Karagandy*, on a exploité, de 1867 à 1874, et depuis 1904 pour fournir l'usine à cuivre de Spassky[2], un faisceau supérieur formé de deux couches de 0,90 et 1 m. 80 : cette dernière (couche Carnot) semblant avoir de la continuité ; un faisceau inférieur passe pour avoir jusqu'à 6 m. A *Kouou-tchéou*, on parle de plusieurs couches de houille, dont une seule, exactement reconnue, aurait 1,20 d'épaisseur sur plus de 1 km. de longueur. Cette région ne pourra prendre industriellement de l'intérêt que quand on aura exécuté le raccordement projeté du Transsibérien avec les chemins de fer du Turkestan, soit entre Omsk ou Pétrapavlovsk et Vierny en passant par Akmolinsk, soit entre Tchéliabinsk et Tachkent. Ce dernier projet traverse, à l'Est de Tourgai, les riches gisements de Yarkoué et Dchilantchik.

Plus à l'Est, le gisement d'*Ekkibad-tous* est probablement, avec celui de Kouznetsk, le plus susceptible d'une mise en valeur immédiate. Il est, dès à présent, relié à l'Irtych par une voie ferrée de 130 km. ; et on compte sur un débouché de 100.000 t., soit dans l'exploitation du Transsibérien.

[1] Page 69.

[2] Des rapports financiers, dans lesquels on ne peut avoir qu'une confiance médiocre, annoncent un tonnage considérable. Voir page 83.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

soit dans la navigation de l'Irtych, étant donnée surtout l'absence presque complète de forêts entre Tchéliabinsk et Omsk, sur plus de 750 km. de large. On a là, paraît-il, deux épaisses couches de houille que les premiers rapports évaluaient (sur des renflements) : l'inférieure à 40 m., la supérieure à 23. Un rapport de M. Périn parle de 4 m. de puissance moyenne. Des cubages approximatifs, jusqu'à la profondeur de 100 m., ont donné, l'un 8 millions de t., l'autre 75 millions : ce qui en montre assez le caractère hypothétique. La houille est à 20 p. 100 de cendres et rarement collante. Elle ne se prête pas à la fabrication du coke.

Au Sud d'Ekkibad-tous, *Diaman-tous*, paraît avoir une grande extension, mais toujours avec de mauvais charbons. Les autres gisements voisins de l'Irtych sont tourmentés et inconsistants.

Vers le Sud, d'assez nombreux gisements charbonneux crétacés, dont nous reparlerons dans la suite, existent dans l'Est du *Turkestan russe* (Ferghana). Si le charbon était de meilleure qualité, il trouverait de nombreux emplois immédiats. Tel qu'il est, il aura son application facile pour le chauffage local et la consommation des voies ferrées dans un pays où les bois ont complètement disparu, et où les chemins de fer sont forcés de s'alimenter avec des mazouts du Caucase.

Parmi les régions houillères de la Sibérie, celle qui a le plus attiré l'attention et soulevé les plus grands enthousiasmes, est le bassin de *Kouznetsk*, qu'un embranchement de 250 km. relierait aisément au Transsibérien, d'où son charbon pourrait alimenter tous les grands centres de population de Sibérie : soit par voie ferrée, soit en utilisant l'été les fleuves de l'Ob, de l'Irtych et du Tobol. La distance aux usines de l'Oural, qui prennent actuellement leur charbon dans le Donetz, serait la même que celle du Donetz à ces usines, soit 2.000 km. Enfin, on envisage la possibilité d'arriver par les fleuves à Tioumen, qui est relié, par quelques centaines de kilomètres seulement de voies ferrées, aux usines de la région de Nijni-Taguilsk (ligne d'Iékaterinenbourg à Tobolsk). Il faudrait naturellement que ce charbon put être produit à bas prix ; quelques essais en petit conduisent à admettre une dizaine de francs par tonne : la moitié de ce que coûte actuellement le bois sur place. Si les charbons sibériens parvenaient dans des conditions économiques aux usines de l'Oural, il pourrait en résulter une transformation de celles-ci, qui, actuellement, comme nous l'avons vu en étudiant la question de l'Oural, sont entièrement limitées dans leur fabrication et leur extension par la quantité de bois dont elles disposent. Si on suppose d'autre part un débouché pour les charbons de ce bassin, il y a là des ressources en combustibles minéraux, pour ainsi dire indéfinies. La cuvette de Kouznetsk, longue de 250 km., large de 100, renferme, sur une hauteur de

[1] Voir 1900. C. P. Périn. *Mission de 1900 en Sibérie*. Saint-Pétersbourg, imp. Jablonsky.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

terrain houiller, évaluée à 400 m., 12 ou 15 couches ayant plus de 1 m. de puissance, dont une atteint par points 12 m. ; soit au total 30 m. d'épaisseur moyenne : ce qui conduit à admettre, pour les possibilités de charbon, des chiffres colossaux.

La qualité de ces charbons est généralement très convenable. La teneur en matières volatiles varie de 15 à 25 p. 100. D'après quelques sondages préliminaires portant sur des zones très limitées de ce bassin, on a cru pouvoir estimer : à 100 millions de tonnes, le cube existant au Nord du chemin de fer ; à 3 millions de tonnes, le cube effectivement reconnu à Bérézov, 1 million à Kaltanskoi et presque autant près de Kostenkov. Le seul point où l'on ait travaillé avant 1898 est Kaltchouguine, sur le bord Ouest, où l'on a extrait 15 à 20.000 t. par an, pour la petite usine sidérurgique de Gourievski, appartenant au cabinet de l'empereur. En 1898, on a commencé à attaquer le bassin de Soudjenka, qui est le prolongement rétréci de celui de Kouznetsk à la rencontre de la voie ferrée. La plus importante des exploitations faites en ce point appartenait au gouvernement russe pour les besoins du Transsibérien. On estimait à 50.000 t. la production de 1899.

Provinces Amouriennes et Sakhaline. — La région Sud de l'Oussouri présente, le long de la côte, à peu de distance de Vladivostok, plusieurs gisements de lignite jusqu'ici assez médiocres, chargés de soufre et brûlant avec beaucoup de fumée, mais pouvant faire concurrence aux charbons japonais (Nadiejda à 20 km. Nord de Vladivostok, etc.) L'île de *Sakhaline* a de meilleurs charbons au voisinage de Doué, qui produisent actuellement plus d'un million de tonnes. Comme le bon charbon utilisé dans ces régions doit venir de Cardiff et revient à 50 fr. la tonne, ce charbon, qui peut se vendre 18 fr. la tonne, trouve un débouché assez facile [1].

Petites substances minérales en Sibérie.

Sel. — Les couches rouges du silurien (ordovicien), sont riches en sel et en gypse au Nord d'Irkoutsk, dans le bassin de la Léna, etc.

On peut citer comme exploité, au Sud de Viliouisk (62° lat. et 120° long.) le groupe important des sources de sel des Toungouses.

Néphrite. — On extrait, depuis longtemps, des galets de néphrite de l'Onot, affluent de la Biélaia, dans la région du lac Baïkal. Des gîtes primitifs de néphrite ont été trouvés en 1896, dans des schistes métamorphiques à actinote sur la rivière Ourik, affluent de l'Onot, etc.

Kaolin. — Une ancienne exploitation qui alimente une fabrique de

[1] Voir page 403.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

porcelaine, porte sur des poches d'argile et kaolin dans l'arrondissement d'Irkoutsk, près du village Telminskoié. Le kaolin est à la base de l'argile dans des excavations des calcaires paléozoïques.

Naphte — On a reconnu un peu de naphte en sources naturelles, dans la vallée de l'Olenek. Il en existe sur les côtes Nord-Est de Sakhaline. Enfin, on en exploite, comme nous allons le dire, dans le Turkestan.

D. — TURKESTAN RUSSE[1]

Le Turkestan russe n'est pratiquement abordable que depuis peu de temps. La conquête est de 1881. Mais, c'est une région où la colonisation fait de rapides progrès. Les gîtes métallifères, dont nous donnerons plus loin l'énumération, sont assez nombreux. Industriellement, il y a lieu de retenir les alluvions aurifères de la Boukharie orientale, et les pétroles du Ferghana.

Les *alluvions aurifères,* depuis longtemps travaillées par les indigènes, ont été, depuis 1894, l'objet de diverses études ayant pour but de donner à leur exploitation une forme industrielle. Mais, comme il arrive dans tous les pays de ce genre, où l'or a attiré l'attention depuis des siècles, tout ce qu'il en pouvait exister sous une forme superficielle, aisément accessible, a été enlevé et l'on doit aujourd'hui se rejeter sur des minerais plus difficiles à obtenir, pour lesquels une exploitation fructueuse et en grand n'est pas encore organisée.

La difficulté des moyens de transport sera longtemps le principal obstacle : tous les grands outils devront être transportés à dos de chameau, sur l'emplacement des mines projetées.

Les *gisements de naphte* du Ferghana peuvent présenter un certain avenir. On a fait divers forages au Sud de Kokan ; au Nord de Namengan ; à Tchimione (entre Kokan et Margellan, etc.)

On connaît encore d'assez nombreux gisements de *charbon* inutilisés, au Sud de la ligne d'Andidjan à Samarkande, à Oucht Kourgan, au Sud de Kokan, au Sud de Khodjent. Ce sont des lignites crétacés très secs, très flambants, se délitant rapidement à l'air, qui donnent 5.000 à 5.500 calories.

[1] Voir la bibliographie, p. 270 et les chapitres XIV, p. 270, sur la géologie, XXVI, sur les richesses minières.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE V

L'INDUSTRIE MINIÈRE EN ASIE MINEURE ET EN PERSE

A. — ASIE MINEURE

Les conditions industrielles de l'exploitation minière en Asie Mineure sont, chacun le sait, lamentables. Nous en montrerons bientôt les causes sur quelques cas particuliers ; mais, en deux mots, la situation peut se définir ainsi. Ou bien, les mines appartiennent à l'État ; elles participent alors au désordre et à la vénalité générale de l'administration ottomane ; les fonds manquent pour les travaux préparatoires les plus indispensables ; des velléités d'installations modernes, coûteusement commencées, restent sans lendemain, etc. Ou bien, les mines ont été concédées à des particuliers ; elles rencontrent alors, outre les difficultés inévitables d'un pays neuf, telles que le défaut de voies de communication, etc., l'influence paralysante de la même administration avec ses lenteurs, son incohérence, sa corruption et son arbitraire. Dans ces conditions, nous ne trouverons guère à citer, comme réellement fructueuses, que de petites exploitations ayant plus ou moins l'allure de carrières, comme celles où l'on extrait le fer chromé, la stibine, le borate de chaux, l'écume de mer, l'émeri, etc. Pour quelques-unes de ces substances, la production minière de l'Asie Mineure arrive à des chiffres importants. D'autres exploitations, portant sur des substances d'un caractère plus industriel, arrivent à vivre péniblement, grâce à la richesse de leurs gisements ; nous citerons, dans cet ordre d'idées, le bassin houiller d'Héraclée dont la production a atteint 700.000 t., quoique la plupart des exploitations soient généralement en perte, et des mines de plomb, dont les deux principales sont celles de Balia-Karaidin et de Bulgar-Maden[1], des gisements de cuivre comme celui d'Arghana-

[1] Le mot *maden*, que nous retrouverons sans cesse, veut dire mine ; *dagh* signifie gisement.

Monnaies en Turquie : On compte par piastres ; la livre turque de 100 piastres vaut 22,50 fr. à 23 fr. Une piastre vaut en moyenne 0,22. — **Poids** : 1 cantar = 56.40 kg. = 22 chekys. — 1 cheky = 2,56 kg. = 2 okes. — 1 oke = 1,282 kg. = 400 drachmes. — **Longueurs** : On utilise parfois l'archine de 0,757, plus grand que celui de Russie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Maden. Peut-être la rénovation espérée de la Turquie par le régime nouveau dont on commence l'essai, transformera-t-elle un jour cet état de choses. En attendant, nous devons nous borner à exposer l'état présent.

Il est particulièrement difficile, pour ce pays, de résumer cette situation par des chiffres statistiques. Aucune statistique n'existe en Turquie et, s'il en existait une, il est certain d'avance qu'elle serait fausse, puisque la production minière donne toujours plus ou moins directement lieu à des impôts. Il faut donc se contenter d'approximations très vagues [1].

Plomb, argent et zinc (Balia-Karaidin, Bulgar-Maden). — Entre de très nombreux affleurements plombo-zincifères, il n'existe guère actuellement, en Turquie d'Asie, que deux gisements un peu sérieusement exploités, ceux de Balia-Karaidin et de Bulgar-Maden, qui, tous deux, seront l'objet plus loin d'une description. A *Balia-Karaidin*, des mines très anciennes (Cumush, Koda, Karaidin) ont appartenu longtemps à la société du Laurium grec d'Athènes. En 1892, s'est constituée, pour leur exploitation, la société des mines de Balia-Karaidin de Constantinople, dont la cote donne lieu à des spéculations sur la Bourse de Paris [2]. On y occupait, en 1901, environ 1.600 hommes, pour produire 7.000 t. de galène riche à 70 p. 100 de plomb et 0,125 d'argent, 3.000 t. de plomb brut fondu sur place à 0,18 p. 100 d'argent, 3.000 t. de blende à 40 p. 100 de zinc, quelques centaines de tonnes de calamine et un peu de pyrite cuivreuse. Le même groupe financier a essayé d'exploiter, au voisinage et sur la même direction (Société des mines de Kassandra) quelques gisements de plomb argentifère avec manganèse à Isvor, Varvara, etc., dans la presqu'île de Kassandra. La Balia-Karaidin, produit actuellement (1910) 12.000 t. de plomb d'œuvre par an et 3 à 4.000 t. de blende. L'extraction des minerais a passé, de 1897 à 1908, de 40.000 t. à 113.000 t. et les bénéfices ont suivi un mouvement parallèle. L'exploitation, dite mine d'Ary, se fait surtout à Cumush.

Les exploitations de plomb argentifère et aurifère de *Bulgar-Maden* sont peut-être, dans toute l'Asie Mineure, celles sur lesquelles on a fait les travaux les plus développés et qui doivent avoir contenu les gisements métallifères les plus importants. Leur exploitation a toujours été aussi rudimentaire que possible, conduite sans aucun plan avec la fantaisie et l'inexpérience la plus absolues. Quoique le gouvernement turc ait demandé

[1] Une estimation assez arbitraire de la production minérale en Turquie donnée en 1898 par l'Engineering arrivait aux chiffres suivants : Fer chromé, 36.500 t. — Minerai de manganèse, 35.300 t. — Stibine, 2.300 t. — Min. de cuivre, 10.000 t. — Zinc ? 1.800 ; Calamine, 650 t. — Boracite, 16.800 t. — Borax, 3.900 t. — Lignite, 15.000 t. — Plomb, 2.500 et plomb argentifère, 9.500.

[2] Société au capital de 6.600.000 fr., ayant donné, en 1908, 20 fr. de dividende par action de 100 fr., mais manquant de réserves et de travaux préparatoires.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à diverses reprises l'avis de spécialistes, comme ces avis n'ont pas été suivis, les choses restent toujours dans le même état, et la partie la plus facilement accessible du gîte tout au moins tend à s'épuiser. Néanmoins les conditions de facilité extrême que présente le travail dans un gisement accessible par galeries horizontales, où l'on n'a à s'occuper ni d'aérage, ni d'épuisement, ni d'extraction proprement dite, ont permis aux travaux de se poursuivre, sans même employer d'explosifs. En 1892, par exemple, l'extraction a été d'environ 2.000 t. pouvant contenir 20 p. 100 de plomb, avec 6.500 kg. d'argent et 30 à 40 gr. d'or à la tonne de plomb. Un petit traitement sommaire par fusion au four à manche et coupellation a lieu sur place. Le prix d'extraction des minerais monte à une dizaine de francs par tonne, 7,50 fr. d'après M. Brisse. Mais diverses circonstances augmentent ces frais, notamment les transports. Il arrive, en effet, que les mineurs, étant en même temps entrepreneurs de transports et laissés libres de choisir leurs points d'attaque, ont montré une préférence manifeste pour les galeries les plus éloignées et les plus hautes. On peut compter environ 7 fr. pour le transport. Les marchands d'argent, qui sont la plaie des pays à finances délabrées comme la Turquie, ont, dans ce cas comme dans les autres dont il est question ici, contribué au renchérissement. Néanmoins, on arrive à produire 300 t. de plomb d'œuvre par an et 1.500 kg. d'argent avec un bénéfice de 150 à 200 fr. par tonne pour les entrepreneurs.

Cuivre (Arghana-Maden, etc.) — La région de l'Arménie et du Pont est depuis longtemps connue pour sa production de cuivre, qui alimente les chaudronniers de Trébizonde, de Tokat, etc. Elle forme, à cet égard, le prolongement de celle du Caucase, où cette industrie est depuis longtemps organisée. Avec les moyens de transports actuels, et dans les conditions administratives du pays, ces mines végètent ou sont fermées ; l'avidité, avec laquelle on recherche aujourd'hui les minerais de cuivre, pourra un jour ou l'autre leur rendre de la valeur.

On doit citer en premier lieu la mine fameuse d'*Arghana-Maden* à l'Ouest de Diarbékir sur l'Euphrate. Cette mine était jadis le principal centre d'approvisionnement du cuivre pour toute l'Arménie. Elle appartient à l'État qui y a fait diverses tentatives sans suite de traitement plus industriel : en 1847, sous la direction d'ingénieurs autrichiens, en 1896, sous celle d'ingénieurs italiens, qui devaient établir le procédé Manhès, mais ne purent trouver les capitaux nécessaires. Les minerais triés à 5 p. 100 de cuivre au minimum sont fondus sur place pour cuivre noir. Le cuivre noir était autrefois transporté à Tokat pour y être raffiné dans des fournaux primitifs. On l'expédie aujourd'hui tel quel en Angleterre. D'après des chiffres sujets à caution, cette mine, dite de Diarbekir, aurait produit : en 1893, 576 t. de cuivre noir; en 1894, 790; en 1896, 925 t. de cuivre noir à 75 p. 100.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Antimoine. — L'antimoine joue un certain rôle dans la production minière de la Turquie d'Asie, mais avec des irrégularités analogues à celles qui se produisent pour la plupart des pays producteurs de ce métal au commerce capricieux. La principale mine est au Sud de Koutaya, près de Gedis. En 1901, 100 hommes y extrayaient, par campagne de huit à neuf mois, environ 500 t. de minerai trié valant 250.000 fr. La mine de Tchinlikaya, à 100 km. E-S-E de Smyrne appartient à une compagnie grecque et a donné, en 1898, 500 t. de minerai valant 160.000 fr. Au total, l'Asie Mineure peut produire 2.500 t. de stibine.

Fer chromé. — La production de fer chromé présente également quelque importance en Asie Mineure. Comme pour l'antimoine, l'irrégularité même des gisements et leur caractère localisé ont facilité leur extraction dans un pays, où la constitution d'une industrie sérieuse et durable a été jusqu'ici impossible, ou du moins extrêmement aléatoire. Des minerais que l'on exploite d'habitude superficiellement par poches rapidement épuisées dans de simples carrières se prêtent, au contraire, à une exploitation sommaire, organisée sans frais par les gens du pays. Les centres d'exploitation sont surtout le continent lycien, en face de Rhodes et la région située au Sud de l'Olympe de Bythinie, entre 50 et 75 km. de Koutaya. Dans ce dernier district, le groupe de Tchardy (Harmandchyk) comprend la mine de Daghardy qui, à elle seule, fournit (1900) 10 à 12.000 t. de bon minerai valant 1.200.000 fr., celle de Mirankoï 3.000, celle de Kosloudcha 1.250. L'ensemble du district peut monter à 16.000 t. En ajoutant la production du district situé au Nord-Est de Rhodes, on arrive certainement à près de 25.000 t.

Borates de Sultan-Tchair. — L'industrie des borates d'Asie Mineure occupe, dans le commerce mondial des borates (environ 100.000 t. par an), un rang important, dont le petit tableau de la page 98, malheureusement dressé d'après des statistiques incomplètes, peut donner une idée.

Les gisements, situés sur la route postale conduisant du port de Panderma à Balikesser, à 11 km. Sud de Susurlou, produisent environ 10 à 15.000 t. de borate par an, estimées 1.900.000 fr., soit à peu près 150 fr. la tonne.

Une Compagnie anglaise, établie là depuis 1880, faisait, vers 1890, 7.400 t. par an. En 1891, on a fondé une autre société française, la mine Azizié, qui, peu après, produisait environ 5.000 t. Ultérieurement, les deux sociétés ont fusionné pour constituer la « Borax Consolit. », société anglaise de Constantinople.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Production des borates dans le monde en tonnes métriques.

PAYS	1897	1899	1901	1903	1904	1905	1906	1907
Etats-Unis (bor. de calcium).	17.600	21.834	16.227	31.000 cru.	41.407	42.036	52.774	48.444
Chili (bor. de calcium exporté)	3.168	14.951	11.457	16.879	16.733	19.612	28.996	28.374
Indes (borax exporté) .	280	250	162					
Allemagne (boracite) . . .	198	183	184	159	135	183	161	114
Italie (ac. borique cru).	2.704	2.674	2.558		2.624 à 229 fr. [1]	2.700	2.561	2.305
(borax raffiné) . .	990	709	544	550	569	1.107	1.012	881
Pérou (bor. de calcium exporté)	11.850	7.638	?					
Turquie (pandermite exportée).	11.375	10 à 15.000 t. par an valant, en 1900, environ 150 fr. la t.						

Écume de mer d'Eski-cheir. — Le gisement d'écume de mer d'Eski-cheir possède à peu près le monopole de l'exploitation de cette substance dans le monde, quoiqu'on cite également la présence de la même matière minérale en d'autres points, notamment près d'Angora en Galatie et de Tarsus en Cilicie. En raison de ce monopole, j'entrerai dans quelques détails sur cette petite industrie peu connue, dont nous aurons ultérieurement à décrire les conditions géologiques[1].

Les mines principales se trouvent à environ 20 ou 30 kil. Nord-Est d'Eski-cheir. Celles de Sary-sou et de Sépedji (Sepetchi ou Septeki) fournissent une production assez notable; celles de Kémikli et Iéni-Damar sont abandonnées. Les puits de Sary-sou avaient un moment, vers 1881, eu une grande prospérité; ils passaient pour presque épuisés vers 1895; on y a retrouvé de nouvelles zones productives depuis. Au Sud de la ville, à une quinzaine de kilomètres, une autre mine connue est celle de Karadjouk. La région, dans laquelle on a fait des travaux, est, d'ailleurs, très étendue.

Ces mines, connues depuis l'antiquité, appartiennent au Sultan, qui donne le droit d'exploiter sous la forme de concessions minuscules, où le travail se fait sans engins mécaniques, dans les conditions les plus primitives et les plus rudimentaires. On paye 100 fr. pour avoir le droit de foncer un puits, plus un impôt de 5 p. 100 sur le produit obtenu.

[1] Coll. Ecole des mines, n° 1.038. — TCHIHATCHEFF, *loc. cit.*, III, p. 400. — Gîtes minéraux, I, 575. — 1893. Notes inédites de M. LERICHE, ingénieur au service des mines d'Egypte. — 1901. WEISS. *Lagerst. im westlichen Anatolien* (Z. f. pr. G., p. 250).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les puits ont de 10 à 60 m. de profondeur, avec des galeries à plusieurs niveaux là où l'on rencontre des conditions favorables, dans un terrain détritique essentiellement hétérogène. Ces galeries sont des boyaux extrêmement étroits, où les mineurs, pour la plupart échappés du bagne, ne pénètrent qu'en rampant. Au-dessous de 60 m., les venues d'eau trop abondantes arrêtent l'approfondissement.

La teneur du terrain est extrêmement variable. On estime qu'un bon puits rapporte une centaine de francs par semaine. Un mètre cube de terrain peut renfermer une douzaine de francs de matière utile. Le travail consiste à chercher les cailloux d'écume de mer qui ont, en moyenne, la grosseur d'une pomme, et surtout à les débarrasser des matières talqueuses, serpentineuses ou terreuses, qui les englobent. Il y a là toute une manipulation assez compliquée, réglée par de vieilles habitudes. Il faut couper, scier, laver à l'eau chaude pour amollir, étendre sur des claies couvertes de coton pour faire sécher, etc. Après quoi, on frotte avec une sorte de velours rugueux fabriqué spécialement à cet effet en Bulgarie, on taille de nouveau et on polit en passant légèrement une flanelle enduite de cire. L'opération suivante est le classement, qui se fait en 4 grosseurs et 11 qualités par grosseur. Puis on emballe soigneusement chaque morceau entouré de coton dans des caisses d'environ 0,08 m³, dont la valeur moyenne est de 18 à 20 fr., que l'on expédie directement à Vienne, où se fait tout le commerce en gros de l'écume de mer. Enfin, les premières qualités partent pour Paris, les qualités de second ordre pour la Belgique et l'Angleterre, le rebut pour la Russie.

On cote, par exemple, la caisse de la première grandeur, dite « Sira Mali », quand elle est en même temps de la première qualité (caisse tenant 30 à 40 morceaux), 600 fr.; la seconde qualité vaudra 500 et la 12e seulement 60 fr. Pour la seconde grandeur, dite « Birimbirlik », la première qualité vaut 500 fr.; la caisse renferme alors 65 à 90 morceaux.

Émeri de la province de Smyrne et de Naxos. — L'émeri, malgré la concurrence des corindons, des carborindons et carbures artificiels, etc., est une substance d'une certaine importance industrielle, pour laquelle l'Archipel et l'Asie Mineure ont toujours joué un rôle de premier ordre, n'ayant guère comme concurrence notable que le Canada. Ses deux centres de production sont Naxos et la région de Smyrne[1].

A Naxos, les mines ont été, jusqu'en 1852, affermées à une société anglaise qui payait un droit de 70 fr. par tonne. A ce moment, le gou-

[1] 1895. Tschermak. *Smirgel von Naxos* (Tschermaks min. pétr. Mit. 14, p. 311). — 1901. Pratt. *The occurrence and distribution of corund in the United States* (Bull. Un. St. Geol. Surv., Washington, 98 p.). — 1901. Weiss. *Lagerstätten im westl. Anatolien* (Z. f. p. G., p. 252). Cf. ibid. 1894, p. 489 et 1895, p. 275 et 276).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vernement grec mit en adjudication le droit d'extraire 4.000 t. moyennant 150 fr. la tonne. Plus tard, en 1878, la production était de 3.300 t. valant 727.000 fr., et donnant à l'État un bénéfice de 173 fr. par tonne. Mais le prix de vente s'est abaissé. Tandis qu'en 1848, il atteignait 780 fr. la tonne, vers 1895, il était tombé à 65 fr. la tonne, en gros sur place, ou 100 fr. au détail. Il est actuellement, sur place, de 100 à 110 fr. On a produit, à Naxos, en 1907 : 10.982 t. valant 1.137.000 fr. Le gisement forme, comme nous le verrons, des masses pouvant avoir 5 à 50 m. d'épaisseur, dont on a évalué le cube total à 5 millions de tonnes. Les principales exploitations sont celles d'Apiranthos et de Koronis. Le travail présente certaines difficultés spéciales à cause de la dureté extrême du minerai, que l'acier n'attaque pas et qu'on est obligé de désagréger avec le feu.

En Asie Mineure, on cite les mines d'Aladjaly et Hassan-Tchauchlar, à 60 km. Sud-Est de Smyrne, un peu au Nord-Est d'Éphèse ; puis celles plus au Sud entre Assisié (Azizieh) et Sokia, dont la production s'est beaucoup développée dans ces derniers temps. Il est impossible d'en savoir le chiffre précis, quoique la concession appartienne à une compagnie anglaise. Ces gisements, contrairement à ce qui se passe à Naxos, ne sont pas connus sous leur forme primitive, mais seulement sous leur forme remaniée : ce qui en rend l'exploitation très éphémère et sujette à se déplacer. En outre, les considérations générales que nous avons indiquées plus haut sur les statistiques, relatives à l'industrie minière en Turquie, s'appliquent tout particulièrement à un produit de ce genre. Les exportations, qui se font par Smyrne et par Kuluk, sur le golfe de Mandalia, montent à 20.000 par an, dont les deux tiers vont aux Etats-Unis.

Bassin houiller d'Héraclée[1]. — Le bassin houiller d'Héraclée semble, d'après tous ceux qui l'ont étudié sur place, renfermer des richesses en combustibles très grandes et susceptibles de donner des résultats très fructueux dans l'avenir. Le charbon, comparable pour sa qualité à celui des houillères françaises ou anglaises, y est en quantités considérables ; et quoiqu'il n'existe pas, dans la région, de grande industrie propre à fournir dès à présent une consommation intense, les centres de population sont assez nombreux pour assurer un marché étendu le jour où, comme la logique l'impose, on aura réussi à refouler les charbons anglais. Néanmoins, l'histoire industrielle du bassin d'Héraclée n'a guère été marquée jusqu'ici, pour les Européens qui y ont pris un intérêt, que par des déboires. On comprendra facilement pourquoi lorsque nous donnerons tout à l'heure un exposé sommaire des conditions administratives, dans lesquelles cette exploitation s'est toujours débattue.

[1] Voir la bibliographie p. 290, et la carte générale, fig. 8, p. 291.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'origine des travaux, dans la vaste région à laquelle nous appliquons ici le nom général d'Héraclée, remonte déjà à plus d'un demi-siècle. C'est à l'occasion de la guerre de Crimée que l'attention a été, pour la première fois, attirée sur ces ressources en combustibles. Le gouvernement turc offrit alors à ses alliés de s'y ravitailler ; et les Français et les Anglais commencèrent quelques travaux qui furent le germe des recherches futures. Ultérieurement, l'exploitation a progressé lentement par la force même des choses ; mais la constitution d'une véritable industrie moderne ne remonte guère qu'à 1896 (époque de la fondation de la Société française d'Héraclée), et, aujourd'hui encore, bien que l'extraction atteigne enfin un total assez notable de 771.000 t., les conditions restent toujours, dans leur ensemble, lamentables. En dehors de toutes les autres influences paralysantes propres à la Turquie, dont je vais dire un mot, les vices généraux inhérents à l'éparpillement d'un gîte en trop petites concessions trop facilement obtenues, ne disparaîtront que le jour où ces concessions auront achevé de se grouper en quelques compagnies importantes, mises en possession d'une propriété stable et indiscutée, et assez riches en capitaux pour pouvoir tenter les travaux préparatoires nécessaires, courir les gros risques inévitables en pareil cas. Un certain progrès, comme nous allons le dire, a déjà été réalisé dans ce sens par la concentration de quelques parties du gisement en trois ou quatre campagnies sérieuses. Mais on est encore loin de toucher au but. Les optimistes espèrent pourtant, à l'heure où nous écrivons, qu'avec l'établissement du régime parlementaire en Turquie, les difficultés du passé disparaîtront soudain ; à ce titre, ce que nous allons en dire, n'appartiendrait plus qu'à l'histoire. Tout en désirant pouvoir s'associer à cet espoir, il ne sera peut-être pas inutile d'indiquer néanmoins quels ont été les défauts du régime ancien, afin d'en prévoir la continuation ou le retour possible dans l'avenir. Cela va nous conduire à résumer les conditions légales et économiques de cette exploitation, sans entrer d'ailleurs dans des détails que l'on pourra trouver notamment, si on le veut, dans les mémoires signalés plus loin de MM. Hoelter ou Stassinopoulos.

Légalement, le bassin d'Héraclée se trouve dans des conditions particulières, comme appartenant à la liste civile du Sultan. Tandis que la plupart des mines en Turquie sont soumises (au moins théoriquement) à un système de concessions réglées par une loi analogue à la nôtre, qui leur assure un certain minimum de sécurité, les exploitations portant sur les deux bassins contigus d'Héraclée et d'Amastra se trouvent livrées à l'arbitraire administratif, compliqué, en Turquie plus que partout ailleurs, de désordre dans les finances, de brusques changements dans les décisions, d'incohérence, d'incompétence et de vénalité.

Obtenir une concession est facile et l'on en a donné 393, dont à peine 100 sont utilisées. Ces concessions, qui ont en principe 450 m. de dia-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mètre, ont été portées à 2.400 pour les exploitants employant des machines d'extraction. Et, même pour les autres, en l'absence de toute réglementation précise, on a pris l'habitude de compter les 450 m. suivant le pendage, sans limites en direction, sinon à la rencontre d'un voisin. Il résulte aussitôt de ce système l'existence d'une quantité de petits travaux non viables, obligés de s'arrêter à la première faille qu'ils rencontrent, fournissant un charbon détestable (faute de triage), qui a longtemps déprécié la réputation commerciale de tous les charbons d'Héclarée, dévorés par l'usure et destinés en somme à disparaître tous dans un avenir plus ou moins prochain. Laissant de côté ces petits exploitants, on peut se contenter de citer quelques affaires plus importantes : en premier lieu la Société française (légalement, Société ottomane) d'Héraclée, les houillères de la Banque de Mételin, les houillères Rombaki, Saridja, etc.

La *Société d'Héraclée*, fondée en 1896, est la plus connue comme ayant la première introduit, dans le pays, les méthodes modernes. Constituée au capital de 10 millions de francs, elle a dû, en 1899 et 1900, emprunter en outre 17.500.000 fr. et le résultat total de quinze ans d'efforts se résumait, à la fin de 1907, dans une perte d'au moins 3 millions, sans qu'on ait jamais pu donner aucun dividende. Cette compagnie a une concession totale s'étendant sur 5.000 hectares, comprenant l'exploitation d'un faisceau de 19 veines d'une puissance variant entre 0,90 et 7 m. Elle possède, de plus, le port de Zongouldak, dans des conditions sur lesquelles nous allons avoir à revenir et l'exploitation de divers tronçons de voies ferrées, au total une quinzaine de kilomètres[1] (à charge de céder 40 p. 100 des recettes à l'État). Les installations comprennent, outre des travaux de mine desservis par galeries horizontales, un puits de 260 m., deux ateliers de triage mécanique, une usine à briquettes, qu'on a dû fermer en 1902, un câble aérien de 5 km. de long (1901), et l'on a commencé l'exécution de divers tunnels destinés à relier les vallées entre elles, tunnels qui doivent avoir 4.660 m. entre Zongouldak et Tchatal-Aghzy, 1.400 m. de Kilimli au tunnel précédent, 500 m. de Zongouldak à Cozlou. La production brute a été, en tonnes métriques :

1904	1905	1906	1907
456.075	403.033	450.425	484.807

On emploie 1.800 mineurs et 1.000 manœuvres, dont le rendement moyen (ouvriers de fond et de surface) est de 580 kg. Vers le milieu de l'année 1907, la société dut s'adresser, pour avoir un appui financier, à la Régie générale pour la construction et l'exploitation des chemins

[1] Les deux vallées principales de Zongouldak et Tchatal-Aghzy ont chacune 7.300 m. de chemin de fer à voie d'un mètre. Deux autres vallées de Cozlou et Kilimli ont des voies de 3 km. et 2.400 km., restées aux mains du gouvernement turc et, par conséquent, dans un délabrement absolu.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de fer. Celle-ci a pris, à sa charge, à partir de janvier 1909, l'exploitation de la Société d'Héraclée pour une période de vingt-cinq ans.

Il serait long et délicat d'indiquer toutes les raisons, pour lesquelles on n'a pas mieux réussi. Quelques unes sont inhérentes à toute entreprise qui se crée dans un pays neuf ; mais la plupart tiennent au régime administratif. Jusqu'à ces tout derniers temps, l'administration de ces bassins houillers se trouvait confiée au ministère de la Marine, sous le prétexte assez comique, étant donné l'État bien connu de la flotte turque, que ce ministère doit toujours avoir à sa disposition le charbon nécessaire à ses besoins[1]. Si les vaisseaux de guerre ne consomment rien, certains navires commerciaux, dépendant de l'État, prennent environ 40 p. 100 de la production dans les conditions habituelles aux administrations turques, c'est-à-dire, en ne payant que de loin en loin quelques vagues acomptes et recourant pour le reste à des procédés financiers, donnant lieu à tout un système compliqué d'escomptes, d'emprunts usuraires, etc.[2].

Le désir des exploitants est, autant que possible, d'équilibrer leurs fournitures avec les impôts et redevances dues à l'État de manière à ne jamais fournir plus qu'ils ne doivent et à éviter des créances en argent qui ne sont pas payées. Au début, l'administration avait cherché à encourager les initiatives : par exemple, en forçant les ouvriers au travail des mines, en avançant même des fonds, etc. ; mais, bientôt, elle s'est retournée contre les industriels. La question de la main d'œuvre demeure fort difficile avec une population agricole, qui vient travailler aux mines par périodes d'une douzaine de jours[3], retournant ensuite chez elle et qui s'enfuit toute entière dès qu'arrivent les neiges ; et cette difficulté s'accroit par les obstacles qu'entraine partout en Turquie le régime des passeports, obligatoires au moindre déplacement. De même, les conditions d'embarquement sont très fâcheuses dans les petits ports, situés le long du bassin, sauf dans la rade de Zongouldak, où la société a établi un brise-lames de 300 m. et trois môles de chargement pouvant charger 2 à 3 000 t. par jour. Ce port, fâcheusement connu des actionnaires, a d'abord entraîné des difficultés techniques et donne lieu aujourd'hui à des complications judiciaires et diplomatiques dont le bref exposé peut servir d'exemple pour montrer l'aléa auquel s'expose une affaire constituée en Turquie.

La question du port a bientôt pris, en effet, comme tout ce qui se passe

[1] On l'a transférée en septembre 1908 au ministère du Commerce et des Travaux publics.

[2] L'État s'est réservé le droit d'acheter 60 p. 100 de la production à un prix fixé d'avance.

[3] Les mineurs apportent leur nourriture, ce qui limite le temps de leur séjour. Dans les exploitations indigènes, ils ne sont presque jamais payés en espèces, ce qui ne facilite pas leur recrutement.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans ce pays, où l'habileté du gouvernement a toujours consisté à paralyser les revendications européennes en opposant les pays les uns aux autres, les allures d'un litige international. Sous la pression des Allemands, le gouvernement a émis la prétention extraordinaire de racheter le port, dont il a toujours indûment perçu les droits, en laissant la houillère, qui, privée de son débouché à la mer, eut perdu toute valeur[1]. En même temps, il continuait à répondre par l'inertie à la demande faite depuis douze ans de régulariser le transfert des mines à la Société. D'autre part, l'Italie se trouvait, elle aussi, entrer en jeu par la formation, à la fin de 1907, d'une compagnie, au capital de 6 millions, destinée à concurrencer la Société française, dont la Banque Ottomane avait empêché la reconnaissance officielle. Les trois révolutions successives, qui ont eu lieu à partir de ce moment, n'ont pas encore permis de trancher ces litiges.

Les *houillères de la Banque de Mételin* ont été, croyons-nous, un peu plus heureuses. Elles passent pour les seules de tout le bassin qui fassent des bénéfices. L'extraction y a atteint un moment 90.000 t. dans les deux divisions de Cozlou et de Zongouldak; elle est retombée à 65.000, le feu s'étant déclaré dans certains travaux, comme cela arrive fréquemment dans des couches relativement épaisses, avec des mineurs locaux complètement incapables d'appliquer une méthode par remblais.

Les *houillères Rombaki* et *Panopoulos* produisent environ 100.000 t. vendues à la Société d'Héraclée. Enfin, les *houillères Saridja* produisent 80.000 t., mais, dit-on, avec perte.

Au total, la production du bassin, qui était de 80.000 t. en 1884, est montée à 137.000, en 1890; à 390.000, en 1900; à 453.000, en 1903; 519.000, en 1904; 593.000, en 1905; 610.000, en 1906; 771.000, en 1907. On produit, en outre, 25 à 30.000 t. de coke.

Le prix de vente des charbons d'Héraclée à Constantinople peut être, dans des conditions commerciales favorables, d'environ 17 à 18 fr., avec des frais d'exploitation de 4 à 5 fr. pour les petites exploitations, 3 fr. de transport à la mer et 4 à 5 fr. de chemin de fer à Constantinople.

Avenir de l'industrie minière en Turquie d'Asie. — Il est évident que, pour un pays comme la Turquie d'Asie, où le pouvoir central n'a fait, depuis si longtemps, que paralyser ce qu'il pouvait exister d'initiatives individuelles, l'état actuel de l'industrie minière ne compte pas et qu'il faut seulement envisager l'avenir. Quelles sont les possibilités minières de ce grand pays? La réponse à une telle question est difficile, précisément parce qu'aucune recherche sérieuse, même d'ordre purement scientifique, n'a été faite encore, de telle sorte qu'on est conduit à

[1] L'Etat a le droit de reprendre les exploitations en tout temps moyennant indemnité.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

spéculer un peu dans le vide. A cet égard, il convient peut-être de mettre en garde contre des illusions qui pourraient, comme elles l'ont fait déjà, causer des déboires. Quand il s'agit de pays comme celui-ci, ayant eu une très ancienne et très prospère civilisation, puis étant tombés pendant des siècles dans l'oubli le plus complet, le jour où l'on peut y pénétrer enfin avec des moyens de travail modernes, on arrive plein des souvenirs de l'antiquité, s'imaginant retrouver aux mêmes points des richesses qui furent fameuses. C'est l'or de Crésus et du Pactole, celui de Priam en Troade, la toison d'or de la Colchide, le pays minier des Chalybes, où fut probablement fondée la métallurgie, etc. Mais, généralement, les premières tentatives de reprise qui sont faites sur ces antiques gisements sont peu fructueuses. On oublie trop, en effet, qu'une mine n'est pas un champ inépuisable et que ce qui est pris n'est plus à prendre; les anciens ont exploité beaucoup mieux et plus profondément qu'on n'est porté à le croire. En outre, ils ont tout naturellement attaqué d'abord et souvent épuisé les formes superficielles altérées, chimiquement et mécaniquement concentrées, qui, pour les métaux précieux, sont les plus facilement fructueuses et qui disparaissent en profondeur. On a beau arriver aujourd'hui avec des moyens plus perfectionnés, on ne retire pas grand'chose des sables aurifères connus par les anciens, ni souvent des filons pauvres ou des simples inclusions disséminées dont ces sables proviennent. De même, sur les gisements de plomb argentifère, la partie haute est d'ordinaire remplacée par de grands vides et, dans la partie basse, le minerai se montre souvent appauvri. De là tant de déboires qui ont d'abord découragé les chercheurs, aussi bien en Asie Mineure le jour où la loi minière a donné en apparence une possibilité (d'ailleurs illusoire) d'organiser une exploitation moderne, que dans d'autres parties de l'ancien monde, en Algérie, etc. Ici, on n'a rien trouvé de sérieux, quand on s'est précipité sur le Pactole, en Lydie, à Philippes, etc... Mais ce qui est précisément arrivé pour l'Algérie, dont la comparaison s'impose à divers égards, peut se reproduire pour la Turquie. On sait combien nos possessions africaines sont devenues peu à peu minièrement prospères; et notre impression (qui ne saurait être qu'une impression) nous donne une égale confiance dans l'avenir (peut-être d'ailleurs lointain) de l'Asie Mineure. Là, comme dans tous les cas semblables, on trouvera certainement les gisements de zinc qui doivent accompagner la forme des gisements plombifères en contact avec des calcaires que nous allons voir dominer : gisements de zinc dont les anciens n'ont rien extrait. On trouvera également sans doute des parties vierges en s'enfonçant, au-dessous du niveau hydrostatique, dans ces mêmes mines de plomb. On rencontrera vraisemblablement quelques veines aurifères ou cuprifères, notamment du côté de l'Arménie, etc. En tout cas, on pourra, le jour où les empêchements administratifs disparaîtront, créer une grande industrie houillère à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Héraclée : peut-être même, étant donné les conditions favorables au voisinage de la mer, y joindre une industrie sidérurgique en utilisant les minerais de fer dont on ignore encore l'importance, etc., etc.

Dès à présent, les moyens de communication se développent et un réseau de voies ferrées a déjà ouvert l'Ouest de la péninsule, au moins suivant certaines grandes artères principales. Il faudrait maintenant que ce réseau s'étendît à la région Est, qui a le plus de chances pour être richement minéralisée. La richesse agricole et industrielle dont le pays est susceptible à tous égards, la prospérité qu'il peut retrouver un jour, comme dans les temps anciens, permettront sans doute cet essor, qui refera de l'Asie Mineure ce qu'elle est naturellement destinée à être, par ses richesses naturelles et par sa position exceptionnelle, une grande voie de communication entre l'Europe et l'Asie, un pays à développement intense, quand ceux dont dépend ce progrès voudront bien s'y prêter, quand la population turque, dont les qualités morales sont bien connues, pourra seulement travailler dans un ordre stable et en paix.

Statistique minière de l'Archipel Grec. — En ce qui concerne les îles de l'Archipel appartenant à la Grèce, qui géographiquement sortent de notre sujet, mais dont nous croyons utile de dire un mot à l'occasion, nous sommes mieux renseignés, et nous pouvons donner les chiffres suivants relatifs à l'exportation de 1907, y compris les mines continentales.

Les *minerais de fer* ont, par ordre d'importance, la provenance suivante : Locride, en face de l'île d'Eubée, 377.000 t.; Seriphos, 154.000 : Laurion, 66.500; Siphnos, 28.500; Skyros, 27.000; Kythnos, 27.000; Cap Sounion, 13.000; Syros, 6.000; Mykonos, 620. Kimolos a exporté, en outre, 5.990 t. de minerai de fer manganésifère, et le Laurion, 87.000 t [1].

Géologiquement, ces minerais de fer, dont nous n'aurons plus l'occasion de parler, appartiennent à deux groupes différents : 1° Minerais à 1 p. 100 de chrome, avec parfois traces de nickel, en relation présumée avec les serpentines éocènes en Locride, à Skyros et en Eubée (où ils sont inexploités); 2° Minerais plus récents de Sériphos, Grammatikos, etc.

Pour le *plomb* et le *zinc*, la production du Laurion a monté à 14.000 t. de plomb argentifère, et 30.000 t. de minerais de zinc, auxquels il faut ajouter 4.040 t. de *calamine*, venant d'Antiparos. Milos, qui produisait, en 1896, 15.273 t. de minerais de *manganèse* et 11.802 en 1897, en a exporté, en 1907, 11.139 t. On n'y exploite plus les mines de soufre en raison de la baisse de prix de cette substance, et la barytine argentifère, dont nous décrirons le gisement, y reste inexploitée

[1] La Cie de Sériphos et Spiliazeza, constituée en 1880, est actuellement au capital de 1.200.000 fr. en actions de 100 fr. et donne, depuis 1900, 12 à 30 fr. de dividende. La Cie française des mines de Siphnos et Eubée, constituée en 1882, au capital de 3.300.000 fr., n'a jamais réparti de dividende.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

par suite de difficultés légales pour la concession. On a exporté de Pharsale 11.730 t. de fer chromé.

Parmi les substances minérales, nous avons vu que Naxos produit (1908) 10.652 t. *d'émeri*. Enfin l'Eubée, dont les *minerais de chrome* sont épuisés et les minerais de fer inexploités, a exporté (1907): 60.248 t. de *carbonate de magnésie* brut et calciné, plus 1.500 à 2.000 t. de briques de magnésie.

En 1907, la Grèce a produit 768.863 t. de minerai de fer et 92.970 t. de minerai de fer manganésifère, 11.139 t. de minerai de manganèse, 13.814 t. de plomb argentifère, 30.346 t. de calamine calcinée, 10.652 t. d'émeri, 11.730 t. de fer chromé et 55.816 t. de carbonate de magnésie.

B. — PERSE[1]

Il existe fort peu de mines en Perse. On cite seulement comme exploitées celles de plomb argentifère de Bibi-Chekr-Banou près de Téhéran, celles d'hématite rouge d'Amol dans le Mazanderan, à l'extrémité du petit tronçon de chemin de fer partant de la Caspienne, où se trouve également un peu de cuivre et de plomb, et, dans l'Est, un petit gîte de cuivre natif aux environs de Méched. Le bleu de cobalt, utilisé par les faïenciers, vient de la mine de Kachan, près de Khonsar (route de Téhéran à Ispahan), où l'on exploite une asbolane. Il y a des gisements de pétrole utilisés pour la consommation locale dans l'Arabistan du côté de Chouster. Enfin, nous aurons à décrire les mines de turquoises de Nichapour en Khorassan. Les montagnes où elles se trouvent contiennent d'assez nombreux gisements minéraux : minerais, marbres, sel gemme, etc. Les quatorze mines de turquoises exploitées étaient louées, en 1878, pour 77.000 fr. Actuellement, environ 200 hommes y travaillent, paraît-il, et produisent 200.000 fr. de turquoises par an : ce qui représente par homme et par an une production singulièrement faible. L'exploitation se fait, soit par fouilles au jour, soit par puits et galeries ne dépassant guère une quarantaine de mètres de profondeur.

Dans la même région on exploite les rubis de Badakchan.

Mais, si l'énumération des gisements utilisés est fort courte, on a pu dresser une liste relativement longue de gîtes reconnus et que les défauts, jusqu'ici incorrigibles, de l'administration persane ont empêché d'exploiter. La même cause fait malheureusement qu'on est, en général, renseigné d'une manière tout à fait insuffisante sur la valeur pratique réelle de ces divers gisements, et, dans l'ordre d'idées qui nous intéresse, sur leur mode de formation, dont il sera question plus loin.

[1] **Monnaies**. 1 thoman = 11,88 fr. = 100 schahis. — 1 Bourse d'or = 50 thomans = 575 fr. — 1 Bourse d'argent = 275 fr. — **Poids** : 1 Batman de Tauris = 2,79 kg. = 6 zateles = 300 derhems = 600 miskals = 3.600 dungs. — **Longueurs** : 1 Parasango (lieue) = 5,76 km. — 1 Gueze (aune) = 0,9454 m.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE VI

L'INDUSTRIE MINIÈRE AUX INDES BRITANNIQUES ET A CEYLAN

Un tableau ci-joint donne les diverses productions minérales de l'Inde, pour lesquelles nous possédons des statistiques plus précises que pour le reste de l'Asie [2].

Ce tableau fait aussitôt ressortir l'importance de la production minérale indoue pour certaines substances : en premier lieu, l'or, le charbon, le pétrole et le manganèse, dont l'extraction s'est beaucoup développée dans ces dernières années ; puis quelques corps secondaires, pour lesquels l'Inde occupe une place prépondérante, ou du moins capitale, dans l'industrie mondiale : mica blanc, graphite, rubis. En revanche, on y remarque une lacune absolue en ce qui concerne la plupart des métaux, plomb, zinc, cuivre, argent, étain (sauf du côté du Siam), ou même fer. Pour quelques-uns de ces métaux, la cause en est en partie dans la très ancienne civilisation de ce pays et, par conséquent, dans l'antiquité des exploitations qui ont depuis longtemps épuisé toute la partie superficielle des gisements. La même raison a amené la dispa-

[1] **Monnaies** usitées dans les Indes anglaises. La Roupie d'argent Rp a une valeur d'environ 1.65 fr., variable avec le change. La pièce de 10 roupies d'or Rx[o] a la valeur de la livre sterling (25.22 fr.). La même en argent Rx[a] a nominalement la même valeur, mais subit une perte plus ou moins forte. 1 roupie = 16 annas = 192 pice. 1 lac = 100.000 roupies. — **Poids** : 1 bazar maund = 37,251 kg. = 40 seers, à 16 chittacks, à 5 siccas. On utilise surtout les **mesures anglaises** dont nous rappellons les principales :

Monnaies. 1 livre (L) = 25.22 fr. = 20 shillings (S) de 1,16, divisés en 12 pences (D) de 0,097.

Poids. La long ton (t), partout usitée en Extrême-Orient, vaut 1.016,048 kg. Il y a, en outre, la short ton de 907,08 kg. — 1 quintal (cwt) = 50,80 kg. — 1 pound (livre) (lb) = 453,59 gr. — 1 once (U) = 28,35 gr. — 1 once troy (oz), seule usitée pour les métaux précieux, = 31,10 gr. — 1 penny weight (dwt) = 1,55 gr. — 1 grain = 0,06 gr. — **Longueurs**. 1 fathom = 1,828 m. — 1 yard (yd) = 0,91. — 1 foot (ft, 1') = 0,304. — 1 inch (in, 1") = 0,025. — 1 mile = 1.609 m. — **Superficies**. 1 yard carré (sq. y) = 0,836 m². — 1 pied carré (sq. ft) = 0,09 m². — 1 mille carré = 256,08 hect. — **Capacités**. 1 load = 1,41 m³. — 1 gallon (gall) = 4,54 lit. — 1 baril américain = 42 gallons = 150 lit. = 128,89 kg. de pétrole à 810.

[2] Voir, outre les statistiques annuelles : 1905. T.-H. Holland. *Review of the Mineral Production of India during years* 1898 *to* 1903 (Rec. India, XXXII, 1-121. Travail continué en 1906 (XXXIII, 1-33 pour 1904 et XXXIV, 45-79 pour 1905). — 1906. La Touche. *Mineral production of India during* 1905 (Rec. géol. Surv., t. XXXIV, p. 45 à 78, XII).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Valeur de la production minérale aux Indes britanniques.

	1898	1903	1904	1905		1906		1907	
	fr.	fr.	fr.	fr.		fr.		fr.	
Or	40.210.000	57.578.000	59.150.000	60.424.000	18 900 kg.	53.854.000	16.599 kg.	52.280.000	16.330 kg.
Charbon	23.920 000	32.492.000	34.970.000	35.920.000	8.552 000 t.	18.222.000	9.940.000 t.		11.325.700 t.
Pétrole	1.697.000	8.859.000	11.890.000	15.100.000	581.000 t.	14.482.000	564.000 t.		587.000 t.
Sel	8.970.000	8.403.000	10.938.000	11.030.000	1.310.000 t.		1.371.000 t.		1.420.000 t.
Salpêtre	6.640.000	7.254.000	6.680.000	5.890.000	16.000 t.		16.800 t.		18.100 t.
Minerai de manganèse	685.000	3.788.000	3.210.000	6.200.000	254.000 t.	13.382.000	504.000 t.		912.718 t.
Mica	1.340.000	2.157.000	2.448.000	3.550.000	1.174 t.		2.463 t.		1.772 t.
Rubis	1.448.000	2.220.000	2.265.000	2.208.000	266 car.	2.371.000		2.940.000	
Jade	1.044.000	1.385.000	1.268.000	1.136.000	53 t.		58 t.		124 t.
Graphite (non compris Ceylan)	3.000	424.000	418.000	422.000	2.324 t.		2.600 t.		2.472 t.
Minerai de fer	310.000	324.000	315.000	326.000	102.000 t.	286 000	75.000 t.		68.700 t.
Minerai d'étain	63.000	258.000	208.000	244.000	75 t.		87 t.		77 t.
Fer chromé	»	8.000	103.400 (3.600 t.).	86.000	2.700 t.		4.375 t.		7.389 t.
Diamants	»	64.400	65.900	61.800	172 car.		305 car.		268 car.
Magnésite	»	13.700	21.000	34.000	2.060 t.		1 861 t.		189 t.
Ambre	25.000	10.300	20.000	23.000	6.300 kg.	18.100		9.817	2.500 kg.
Total	86.389.000	127.765.000	133.946.000	192.698.000					

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rition des mines de diamants jadis célèbres et l'arrêt de la plus grande partie des anciennes exploitations aurifères, dont une ou deux seulement ont trouvé un renouveau récent et fournissent les chiffres de production assez élevés mentionnés plus haut. Il faut, en outre, faire entrer en ligne de compte les conditions géologiques dont nous parlerons dans un autre chapitre. Économiquement, l'Inde se présente dans des conditions favorables au développement de l'industrie minérale, étant sillonnée de chemins de fer et douée d'un gouvernement stable, régulier, à forme européenne, comprenant l'intérêt de favoriser l'industrie. Aussi a-t-on pu songer depuis longtemps à y atteindre cette phase du développement industriel que caractérise l'industrie sidérurgique. Certains bassins houillers, où l'on trouve en même temps des minerais de fer, ont, comme nous le verrons, attiré l'attention à cet égard ; mais, dans cet ordre d'idées, aucun résultat fructueux n'a encore été obtenu.

Nous allons maintenant examiner les principaux métaux, puis les combustibles et substances minérales.

Or. — La production d'or indoue atteint aujourd'hui des chiffres importants et qui donnent à ce pays une bonne place de second ordre dans la liste des régions aurifères. De 40 millions de francs en 1898, on est monté à 60 en 1905, 52 en 1907, 53.900.000 fr. en 1909.

La presque totalité de cette production est donnée, à l'extrême Est du Mysore, par le district de Kolar (13° lat. et 78° 30° long.) et, dans ce district, par un seul filon d'1m. d'épaisseur sur 5 à 6 km. de long, qui a produit, en 1905, 59. 086.000 fr. Ce n'est pourtant pas faute d'autres tentatives ayant toutes abouti à des désastres et l'histoire de l'industrie aurifère dans l'Inde a été généralement conforme à ce paradoxe des pessimistes qui prétendent que, dans les mines d'or, on met plus d'or qu'on n'en retire. La similitude de la péninsule indoue avec l'Afrique australe et Madagascar, que nous avons déjà indiquée et sur laquelle nous aurons à insister en ce qui concerne la métallogénie, se poursuit dans le domaine industriel. Innombrables sont les points où l'on a signalé, en effet, de l'or et même ceux où les indigènes ont pu en exploiter fructueusement dans des alluvions. En bien des districts, on s'est fait l'illusion de pouvoir commencer une grande exploitation industrielle en tirant parti, avec les moyens modernes, de gisements primitifs qui avaient fourni de riches alluvions. On a assisté ainsi à des essors de spéculation à l'anglo-saxonne avec enflement démesuré des cours et krach final, aussi bien dans le Chota-Nagpur que dans le Wainad, et, finalement, on n'a guère trouvé que le seul point de Kolar réellement productif, comme, dans l'Afrique Australe, en dehors du Witwatersrand qui constitue un cas tout à fait spécial, il n'y a guère eu de véritablement prospères que certaines mines du district de Lydenburg, telles que la Sheba.

Sans entrer dans le détail de cette industrie spéculative, on peut rap-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

peler, notamment, le « boom » de 1878-82 sur le district de Wainad (au Sud-Ouest du Mysore ; 11° 30° lat. et 76° 30 long), celui de 1890 sur le Chota-Nagpur, etc. Chaque fois, on a vu se produire une floraison d'innombrables compagnies, dont le capital réalisé passait tout entier à payer des apports fictifs et qui disparaissaient sans avoir effectué aucun travail, ou en s'étant borné à établir des belles installations extérieures, sur lesquelles directeurs, administrateurs, etc., avaient touché leurs commissions. C'est pourtant le boom de Wainad qui, suscitant de tous côtés des recherches, amena la découverte du district de Kolar, (situé beaucoup plus à l'Est.)

La Mysore Cy reconnut, dès lors, l'existence et l'allure du filon riche, nommé le Champion reef. A partir de 1887, une industrie sérieuse s'organisa là enfin et poussa ses travaux au filon jusqu'à une grande profondeur. Les principales compagnies qui exploitent le Champion reef sont : Mysore, Champion reef, Ooregum, Nundydroog et Balaghat. Un très grand nombre d'autres recherches ont été tentées dans la même région, mais toujours sans succès. En 1902, on a amené la force électrique des chutes de la Cauveri.

En 1903, on a broyé 546.000 t. pour extraire 57.100.000 fr. d'or : ce qui représente une teneur moyenne de plus de 100 fr. par tonne. Les dividendes payés ont atteint 25.000.000 fr. en 1903. Cependant tous les filons du Wainad (Wynaad), sur lesquels on avait fait des rapports si retentissants, restent dans l'abandon, bien qu'on songe parfois à les reprendre. Dans les autres régions de l'Inde, la production est presque partout insignifiante. On peut seulement citer quelques mines très secondaires. Dans Hyderabad, on a commencé, en mars 1903, la mine Hutti (Nizam) qui a donné : en 1903, 350.000 fr. d'or ; en 1904, 1.000.000 ; en 1905, 1.250.000. La mine de Kyaukpazat, près Wuntho, dans le Burma supérieur, a porté sur des veines très irrégulières encaissées dans l'andésite, qui ont produit, en 1902, 190.000 fr. d'or.

En dehors de cela, dans le Burma, on fait depuis 1902, quelques dragages sur l'Iraouaddi supérieur à Myitkyina, ayant donné quelques milliers de francs d'or en 1905. Dans le Punjab et dans le Kashmir, les lavages de sables aurifères par les indigènes sont en décroissance. Dans le Chota-Nagpur, on lave également un peu d'or sur les rivières Karkari et Suvarnarekha.

Dans la présidence de Madras, les mines de Kangundi (Noth Arcot) ont travaillé de 1893 à 1900. Leur production la plus forte a été, en 1898, de 60 kil.

Plomb, zinc et cuivre. — Nous avons déjà dit que la production de ces métaux était nulle, et nous renvoyons, pour ce qui les concerne, au chapitre géologique où nous aurons l'occasion d'en signaler quelques affleurements. Nous citerons alors, à ce propos, diverses mines de plomb

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

argentifère, qui ont donné lieu jadis à des industries actives, mais qui sont aujourd'hui épuisées dans leurs parties hautes et que le bas cours de l'argent n'engage pas à reprendre.

Fer. — L'industrie du fer et de l'acier a été autrefois prospère dans l'Inde et les aciers indous étaient fameux. La concurrence des produits fabriqués en Angleterre l'a tuée. Aujourd'hui, on essaye péniblement de la réorganiser avec un outillage moderne. En 1903, on ne citait qu'une seule usine prospère, celle de Barakar. De vieilles usines aux méthodes indigènes subsistent dans les provinces centrales : notamment, en 1903, 200 petits bas-foyers dans le district de Sambalpur.

Cependant l'Inde importe des quantités croissantes de fer, soit sous la forme de fer et acier brut représentant une centaine de millions, soit sous la forme de machines et objets fabriqués, et aurait un grand intérêt à s'alimenter avec ses propres minerais : ce qui a fait étudier avec soin les gisements de fer connus dans le pays, sans y trouver les richesses que l'on avait espérées.

Des tentatives ont eu lieu à diverses reprises pour mettre en valeur certains gisements de fer que leur situation à proximité des bassins charbonneux et de voies ferrées signalait particulièrement à l'attention. Ces essais industriels ont toujours échoué jusqu'ici. Cependant, dans les dernières années, il s'est fait un certain progrès de l'extraction. De 71.000 t. de minerai extraites en 1904, on est passé à 102.000 en 1905, mais pour retomber à 75.000 en 1906, 68.700 en 1906. 95 p. 100 de ce chiffre sont fournis par le Bengale. Dans le reste de l'Inde on ne cite que Garhwal.

Etain. — Les seuls gisements d'étain exploités dans les Indes britanniques sont déjà dans une région toute différente des Indes proprement dites, aux confins du Siam, dans la Birmanie inférieure (Ténassérim et Mergui). On en a extrait 70 à 80 t. valant 250.000 fr.

Manganèse. — La question du manganèse, qui n'avait pas grande importance pour l'Inde jusqu'en 1899 et qui, par exemple, en 1898, avait représenté seulement une valeur extraite de 685.000 fr., a pris un rôle de premier ordre le jour où l'on a commencé à mettre en valeur les riches gisements de la région de Nagpur et Jabalpur dans les « provinces centrales », et surtout lorsque, peu de temps après, les troubles révolutionnaires de la Russie, en arrêtant momentanément les mines de manganèse du Caucase, qui étaient, on le sait, la principale source de cette substance dans le monde, ont déterminé une hausse notable des prix. En 1907, la valeur de la production a atteint 25 millions de fr. Aujourd'hui, l'Inde vient la première dans la production mondiale, bien avant le Caucase, en sorte que, dans ce travail sur l'Asie, nous aurons à étudier

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

successivement les deux principaux centres de production du manganèse. Immédiatement après eux vient le Brésil, où les conditions de gisement et les conditions tectoniques, dont la métallogénie est la conséquence, ressemblent tellement à celles de l'Inde. L'Inde peut fournir aisément 1.000.000 de t. de minerai, la Russie méridionale autant et le Brésil 160.000. Il faut ajouter que, dans ces statistiques comptées en tonnes, la définition du minerai est sujette à discussion : tel pays vendant des minerais à teneur moindre que tel autre. Dans l'Inde, les conditions d'exploitation amènent à n'extraire et à n'exporter que des minerais riches à 48-50 p. 100. Dans les États-Unis, au contraire, après n'avoir compté longtemps que les minerais à 50 p. 100 minimum, on a, depuis 1899, admis, comme minerais de manganèse, tous ceux qui dépassent 44 p. 100, comptant ceux à teneur inférieure, quand ils sont utilisables, comme minerais de fer manganésifères. Cette haute teneur correspond à la composition minéralogique ordinaire des minerais indous qui sont des braunites (Mn^2O^3) plutôt que des pyrolusites (MnO^2). Du temps où les minerais de manganèse étaient surtout employés pour la fabrication des chlorures, la catégorie des pyrolusites, étant plus riche en oxygène, avait des avantages; aujourd'hui où l'emploi du manganèse est surtout la métallurgie, c'est la teneur en métal qui compte seule, avec la pureté en phosphore (moins de 0,1 p. 100 à Nagpur).

Nous décrirons plus tard les conditions de gisements ; bornons-nous, ici, à placer les principaux centres d'exploitation sur la carte. Avant 1899, comme je viens de le dire, la production, très faible, était fournie principalement par le district de Vizianagram, un peu au Nord de l'embouchure du Godaveri, dans la présidence de Madras. Les gisements, qui sont, depuis 1899, les principaux, se trouvent, au contraire, loin dans l'intérieur, dans les provinces centrales, à 8 ou 900 km. de chemin de fer de la côte. Ils étaient depuis longtemps connus, car Ball les signale déjà dans son ouvrage de 1881 ; mais, sans doute à cause de leur situation défavorable, ils sont restés encore près de vingt ans inutilisés. On cite surtout *Ramtek*, à 30 km. Nord-Est de Nagpur (21° 24° ; 79° 21°) ; puis, un peu plus au Nord-Est, *Bataghat* et *Behir* (Ukua) ; enfin, sur le bassin de la Narbada, *Chhindwara*, entre Nagpur et Japalpur. Comme gisements de moindre importance, mais susceptibles d'avenir, on mentionne encore ceux qui, vers 1902, ont été découverts, au Sud de Bombay, à *Mahabaleshwar* et *Satara*, puis entre *Dharwar* et *Belgaoun*, au Sud de la grande coulée de trapp, dans des conditions industrielles beaucoup plus favorables à cause du voisinage de la côte. On a fait également quelques recherches au Nord-Est de l'Inde dans le Gwalior et en Birmanie.

Il est malheureux pour l'Inde que ces richesses en manganèse ne trouvent, jusqu'ici, aucun emploi dans une industrie métallurgique nationale. Car ces minerais, qui s'en vont aux États-Unis, en Angleterre, en Alle-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

magne ou en France et que l'on y vend en moyenne 50 fr. la tonne, ont coûté 25 fr. de fret[1] et la moitié seulement du profit est partagée dans l'Inde entre les propriétaires, les ouvriers et les chemins de fer. L'extraction n'est possible que grâce à un prix de revient très faible, tenant à ce qu'on exploite en carrières à ciel ouvert; mais, par la nécessité de ne vendre que des minerais à plus de 50 p. 100, on est amené à gaspiller pour l'avenir tous ceux à teneur moindre. Nous ajouterons seulement que, d'après les considérations géologiques développées dans la seconde partie de ce volume, ce gaspillage est peut-être moins grave pour l'Inde qu'il ne serait ailleurs: car, si les minerais de manganèse, en raison de leur formation surtout superficielle, sont exposés à disparaître très vite quand on s'enfonce, les conditions géologiques semblent, dans l'Inde, tout particulièrement favorables à une abondante dissémination de ces minerais.

Fer chromé. — Le fer chromé a été exploité un moment dans le Beluchistan, où les mines de Khanozai ont produit 3.466 t. en 1904 et seulement 750 en 1905; celles de Hindubagh 130 t. en 1904 et 814 en 1905 : le tout exporté en Europe.

En 1904, l'ensemble de la production du Beluchistan était de 3.596 t., il est tombé à 2.708 en 1905, mais remonté à 7.389 en 1907. Le reste de l'Inde ne produit pas de cette substance.

Combustibles minéraux. — Nous avons vu précédemment la grande place prise par l'Hindoustan dans la production de combustibles asiatiques. On y estime à 90.000 km². la superficie occupée par les terrains productifs, dans lesquels existent des charbons appartenant, soit au Gondwana inférieur comme dans le Bengale, soit, accessoirement, au tertiaire comme dans l'Assam.

L'industrie houillère est récente dans l'Inde. La compagnie des Indes avait bien reconnu les affleurements du Bengale dès le XVIIe siècle, et la première mine organisée, celle de Raniganj, date bien de 1820. Mais il n'y a pas plus de trente ans que la production a dépassé 1.000.000 de tonnes et son essor date à peine de ces dernières années. Il a coïncidé avec l'extension du réseau des voies ferrées qui, en chiffres ronds, a atteint 10.000 km. en 1880, 26.000 en 1890, 39.500 en 1900 et presque 50.000 actuellement[2].

En 1870, l'Inde produisait 300.000 t. de houille; en 1880, 1.000.000. Dans ces dernières années, le tableau ci-joint en tonnes métriques met le progrès rapide en évidence.

[1] Encore ce fret est-il réduit parce que le minerai de manganèse complète le chargement des navires à marchandises légères, comme le coton.

[2] On trouvera un résumé de cette question dans deux articles de M. Lozé à l'*Économiste français* des 13 mai et 26 juin 1909. Voir plus loin, pages 311 à 318.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1884	1889	1895	1899	1900
1.300.000	2.000.000	3.537.000	5.016.390	6.216.182
1902	1904	1906	1907	1908
7.400.000	8.348.000	9.783.250	11.147.400	12.865.000

De cette production la presque totalité (95 p. 100) est fournie par les charbons permo-triasiques du Gondwana (8.121.000 en 1905 ; 9.993.400 en 1907) ; 5 p. 100 à peine (431.000 t. en 1905) par les lignites tertiaires. Grâce à ce progrès, l'Inde, qui importait en 1880 plus de 692.000 t. de charbons britanniques, n'en a plus importé que 243.000 t. en 1904, 188.000 en 1905, 218.000 en 1907 et elle a, au contraire, exporté 602.000 t. en 1904, 783.000 en 1905. La balance, qui se traduisait en 1894 par 800.000 t. importées, aboutit, en 1905, à 600.000 exportées et, en 1907, à un supplément d'exportation de 426.000 t. Cette exportation s'est faite, jusqu'ici, surtout à Ceylan (376.000 t.) et dans les Détroits (100.000 t.) Néanmoins, il y a là une tendance générale dont nous avons signalé l'intérêt précédemment. La consommation de charbon sur les chemins de fer indous, tout entière alimentée par la production indigène, a été de 2.668.000 t. en 1905. Celle pour la métallurgie est encore insignifiante et les indigènes, très attachés à leurs habitudes traditionnelles, en utilisent encore peu, sauf au voisinage des bassins houillers.

Si l'on cherche maintenant comment se répartit cette production de charbon dans l'Inde, on arrive, pour ces dernières années, au tableau suivant :

Bengale (96 p. 100 du total)	Ranigang	38,77	p. 100
	Jherria	36,48	»
	Giridih	9.85	»
	Daltonganj	0,85	»
Inde centrale (1,87 p. 100)	Umaria	1,87	»
Provinces centrales (1,75 p. 100)	Warora	1,46	»
	Mohpani	0,27	»
Hyderabad (5,38 p. 100)	Singareni	5,38	»

Lignites tertiaires.

Assam (Makum)		3,29	p. 100
Punjab (Salt Range, Attock, etc.)		0.75	»
Rajputana (Bikanir)		0,51	»
Balutchistan (Khost)		0,41	»

Nous avons dit que la qualité du charbon était d'ordinaire inférieure. Le charbon du Bengale est plus ou moins bitumineux ; sa proportion de carbone fixe n'est pas très forte ; l'humidité est abondante ; la teneur en cendres atteint 10 à 15 p. 100 ; il est souvent lamelleux. Cependant, certains de ces charbons s'agglutinent et peuvent donner des cokes d'assez bonne qualité. On commence à apprécier le charbon indou comme producteur de vapeur économique. Le charbon tertiaire du Haut-Assam est comparable en moyenne et parfois supérieur à certains

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

égards par la compacité et l'absence de lamination. Il laisse relativement peu de cendres, mais sa teneur en soufre est parfois forte.

J'ai dit que le prix de vente était, en moyenne, assez faible. Il varie depuis 1890, entre 3,50 fr. et 5 fr. la tonne. Cependant, en 1907, par suite de circonstances exceptionnelles, il est monté à 5,30 fr. au Bengale et 5,80 fr. aux Indes[1].

Le prix de revient est d'environ 3,20 fr. Les mines sont peu profondes (au plus 100 m.) et, en conséquence, ne contiennent pour ainsi dire pas de grisou. L'exploitation en est d'ordinaire rudimentaire. Une population de mineurs tend à se créer progressivement et, avec l'esprit de spécialisation propre aux indous, à constituer une caste nouvelle.

Graphite. — Le principal centre de production du graphite dans le monde est l'île de Ceylan qui a presque le monopole des graphites supérieurs à gros grains, tandis que l'Autriche et la Bavière produisent les graphites de qualité inférieure. La production de Ceylan oscille généralement depuis 1890 autour de 30.000 t., dont la presque totalité est du graphite pur à 90 p. 100 de carbone. De 1899 à 1900, une crise due à des causes politiques avait amené un ralentissement notable de l'extraction, qui a repris depuis et atteint 36.500 t. en 1906, 33.000 t. en 1907. Les principaux gisements sont, comme nous le verrons, dans la région Sud-Ouest à Ragedare, Ampe, etc. L'exploitation en est généralement superficielle et faite sans aucun plan ; elle s'enfonce pourtant, par endroits, jusqu'à 100 m. Le Sud de l'Inde présente, à Travanure, des gisements très analogues qui ont produit : 1901 : 2.490 t. ; 1903 : 3.394 t. ; 1905 : 2260 t. ; 1907 : 2.472. Quelques tonnes sont extraites, en outre, dans le district de Godavari.

Diamants. — Les gisements de l'Inde, qui ont été exploités peut-être 3 000 ans avant notre ère et qui ont fourni les plus beaux diamants anciennement connus, sont depuis longtemps épuisés. D'après des statistiques officielles, cette industrie, qui ne fait plus que végéter, occuperait pourtant encore 1.890 personnes (1905), sur les conglomérats vindhyens de Panna dans le Bundelkhand. Suivant les mêmes documents, on aurait extrait 286 carats valant 65.000 fr. en 1904 et 172 en 1905, 268 en 1907. Si ces chiffres sont exacts, la production relative à chaque individu serait étonnamment faible. Mais les Indous, qui se livrent à cette recherche, se contentent d'un salaire de 0 fr. 50 par jour.

Nous verrons plus tard comment se fait l'exploitation. Tantôt on travaille sur des conglomérats diamantifères cambriens, soit en fouillant sur leurs affleurements directs, soit en les atteignant par de petits puits

[1] Les prix sont évalués en rupees de 1,65 et annas (1/16 de rupee) par long *ton* de 1.016 kg.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qui peuvent avoir 15 à 20 m. Tantôt on lave les graviers d'alluvions, où s'est fait un classement naturel des éléments de ces conglomérats à la suite de leur érosion.

Comme dans tous les pays orientaux, l'exploitation du diamant a été, de même que celle de l'or, le privilège des princes. Aujourd'hui, les Anglais laissent librement chercher et vendre des diamants, à la condition d'avoir un permis de recherches comme pour tous les travaux miniers. D'ailleurs, comme les rajahs ont conservé leur passion pour les pierres précieuses, l'Inde, qui ne produit plus de diamants, en absorbe aujourd'hui des quantités notables.

Bien des fois on a eu l'idée de remonter cette industrie par une installation à l'européenne. Les faibles teneurs, que l'on a toujours trouvées dans les points étudiés, en ont jusqu'ici découragé. Mais peut-être un jour découvrira-t-on quelque cheminée diamantifère analogue à celles de l'Afrique australe, comme la constitution géologique du pays le rend très possible.

Rubis, saphirs, corindons. — Industriellement, il y a, dans l'Inde et à Ceylan, deux points principaux de production des rubis, saphirs, etc. : d'une part, la Birmanie (Burma), qui appartient à l'Inde proprement dite, et d'autre part, le Sud-Ouest de Ceylan.

Dans le Burma supérieur, en 1904 et 1905, cette industrie a pris un sérieux développement et est devenue une des principales extractions minérales de la Birmanie, avec le pétrole. On a cherché près de Nanyaseik dans le district de Myitkyina et dans les Sagyin Hills du district de Mandalay. Mais les principaux travaux ont été faits à Mogok, où la Ruby Mines Cy, après des phases difficiles, a obtenu des résultats encourageants : 1.450.000 fr. de pierres en 1898 ; 2.271.200 en 1899 ; 2.430.000 en 1900 ; 2.610.000 en 1901 ; 2.170.000 en 1902 ; 2.460.000 en 1903 ; 2.260.000 en 1904 et 2.208.000 en 1905. L'extraction de 1904 et de 1905 représente environ 266.000 carats. En 1908, la compagnie a extrait 2.000.000 de loads (1.440 t.) de terre à rubis. Elle paye au gouvernement une annuité de 350.000 fr., plus 30 p. 100 des bénéfices au-dessus d'un certain chiffre. Ces mines, qui produisent en outre un peu de saphirs et de spinelles, occupent un millier d'ouvriers. On y trouve parfois des pierres exceptionnelles : ainsi, en 1899, un rubis de 77 carats, évalué 666.000 fr. En 1907, la valeur des rubis exportés a monté à près de 3 millions ; mais, depuis lors, la production a diminué en conséquence de la baisse de prix de cette pierre, menacée gravement par le rubis artificiel et dépréciée également par la crise américaine.

A Ceylan, les deux régions les plus riches en gemmes sont les districts de Ratnapura et Rawkana, situés à environ 50 km. l'un de l'autre dans le Sud-Ouest de l'île. Les gemmes, réparties dans des alluvions, y sont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

riches en pierres de tous genres, à l'exception des diamants et des émeraudes. Rawkana est particulièrement renommé pour ses saphirs.

Les ouvriers sont presque tous mahométans, les Singhalais méprisant le travail des mines. Les recherches se font dans une région assez accidentée. Elles consistent en fouilles tout à fait superficielles, pour lesquelles il suffit d'un simple permis de recherches. On atteint, à 1 ou 2 m. de la surface, une couche, dite *illam*, qui est assez friable ; on extrait le gravier et on va le laver dans le prochain cours d'eau.

Dans ces dernières années, l'extraction a diminué : les mines tendant à s'épuiser. La plupart des anciens chercheurs de gemmes se sont retournés vers les mines de graphite.

Un grande partie des pierres est immédiatement taillée sur place à Ratnapura et à Kalutara, un petit port à 60 km. Sud de Colombo. L'art du tailleur consiste moins à mettre en valeur les qualités de la pierre qu'à l'obtenir la plus grosse possible.

L'Inde produit, en outre, une quantité très faible de corindon, que l'on extrait en trois points : Patarknang, à la limite des États de Mariaw et Rambrai ; Nongmaweit ; la rivière Raindu, affluent du Someshveri. En 1907, Madras a exporté pour 75.000 fr. de corindons : quantité qu'ont achetée les marchands chinois.

Cornalines. — Les mines de cornaline de l'État de Bombay, près de Broach (Baroutch) sont anciennement célèbres. Leur extraction est tombée à presque rien. En 1905, on a extrait dans l'État de Rajpipla (Bombay), 467 t. de cornaline valant 100.000 fr.

Grenats. — On travaille quelques mines de grenats dans le Rajputana qui produisent 35.000 kg., valant 3 fr. le kilogramme. Les mines principales sont celles de Kishengarh, exploitées par l'État de avril à octobre et livrées au public pendant les six autres mois. Il y travaille, pour l'État, de 200 à 600 hommes et le revenu correspondant est d'une centaine de mille francs.

Mica. — L'Inde fournit, depuis plusieurs années, plus de la moitié du mica consommé dans le monde : 1.174 t. en 1905 ; 2.463 t. en 1906 ; 1.772 en 1907. Les centres principaux sont le district de Nellore, dans la présidence de Madras et une zone de 20 km. de large située à la rencontre des districts de Gaya, Hazaribagh et Monghyr, dans le Bengale. On fait diverses qualités ayant : 1° plus de 300 cent. carrés ; de 230 à 300, de 150 à 230, etc. La moyenne vaut environ 2,50 fr. le kilo.

Jadéite. — La jadéite est très appréciée par les Chinois et son extraction constitue une industrie importante dans le Burma supérieur près de Tamman (Myitkyina) par 25°44' et 96°14'. Elle forme là une

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

veine dans une serpentine vert sombre traversant des grès miocènes. Cette jadéite semble résulter de l'altération d'un roche formée d'albite et de néphétine, dont la néphéline serait devenue de la jadéite [1]. On a extrait, en 1905, 53 t. valant environ 1.100.000 fr. qui ont été exportées pour la plus grande partie par Rangoon. En 1907, le district de Myitkyina (Birmanie) a produit pour 200.000 fr. de jade et de jadéite. On trouve, en outre, la pierre en noyaux dans les graviers de l'Uru, tributaire du Chindwin. Le prix est extrêmement variable suivant les qualités.

Magnésite. — Dans le Sud de l'Inde, l'altération superficielle de roches ultra-basiques a produit d'assez nombreuses veines de silicate de magnésie. On a organisé quelques mines de magnésite en 1903 aux Chalk hills, près de Salem [2]. L'extraction de 1905 est montée à 2.063 t. valant 34.000 fr. En 1907, on est retombé à 189 t.

Ambre. — On extrait un peu d'ambre dans le district de Myitkyina (Birmanie), qui produit aussi les rubis, soit 6.300 kilos valant 23.000 en 1905. La production de 1906 a été de 18.100 fr. En 1907, on a extrait 2 t. 1/2 d'ambre valant environ 10.000 fr. Cette industrie de l'ambre est en complète décadence et le peu de profits qu'elle rapporte décourage les mineurs.

Arsenic. — Le district de Kumaon, dans l'Himalaya, produit un peu de réalgar qui est vendu dans les bazars du Nord de l'Inde.

Bauxite. — Une découverte, qui pourra prendre un jour ou l'autre un intérêt économique, est celle de la bauxite que renferment couramment les latérites si développées sur les plateaux altérés des régions tropicales. En réalité, comme nous le verrons plus loin, la latérite et la bauxite ne sont qu'une même substance, également caractérisée par la présence d'alumine libre et non combinée avec la silice et pouvant seulement prendre une valeur pratique plus ou moins grande suivant la teneur en alumine. Le fait n'intéresse pas seulement l'Inde, mais une foule d'autres pays, tels que le Sénégal, l'Afrique équatoriale, Madagascar, etc. Pratiquement, il y a lieu de remarquer que la consommation de bauxite dans le monde est encore très faible, moins de 150.000 t. par an et que son prix n'est pas bien élevé : 25 à 30 fr. la tonne pour les minerais de première qualité dans un port européen. Il faudrait donc, pour que les bauxites indoues fussent utilisées, qu'il se constituât une industrie chimique locale, avec emploi de procédés électrolytiques. Ce ne peut être là qu'une question d'avenir.

[1] 1908. W. Bleeck. *Jadeite in the Kachin Hills* (Rec. Ind., t. XXXVI, p. 254-285).

[2] Voir Z. f. pr. G., 1899, p. 108.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sel. — On a produit, en 1905, 1.310.000 t. de sel marin et 114.000 t. de sel gemme. Les salines sont surtout dans la région de Bombay (425.000 t.), de Madras (388.000 t.) et du Nord de l'Inde (342.000 t.). Les mines sont celles du Salt Range dans le Punjab qui ont donné 94.000 t. en 1905, de Kohat (15.000 t.) et de Mandi (3.500 t.). On a importé, en outre, 433.000 t. de sel. La production de 1907 a été de 1.120.000 t.

Salpêtre. — On sait que l'Inde a eu longtemps un quasi monopole pour la production du salpêtre, jusqu'au jour où l'on a organisé d'autres modes de production (nitrates du Chili, etc.). Le Bengale produit 16 à 18.000 t. de salpêtre. La presque totalité est travaillée à Behar et exportée : 1/3 en Angleterre, 1/4 aux États-Unis et un autre quart à Hong-kong. On importe un peu de salpêtre du Nepal (500 t.).

Borax. — On peu de borax vient du Kashmir. On a exporté en 1905 220 t. valant 125.000 fr.

Alun. — L'alun est extrait dans le district de Mianwali (Punjab) : 350 t. valant 50.000 fr. en 1905.

Gypse. — Un peu de gypse est produit dans l'état de Jodhpore en Rajputana : 3.875 t.

Marbre. — Les principales carrières de marbre sont celles de Makrana sur le territoire de Jodhpore, qui ont donné 1.726 t. valant 460.000 fr. en 1905. Du marbre blanc est extrait également dans les Sagyin hills, près de Mandalay.

Ardoises. — On tire des ardoises des terrains métamorphiques au pied de l'Himalaya et du district de Kharakpur au Bengale, ou des Arawallis dans le Rajputana.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE VII

L'INDUSTRIE MINIÈRE DANS L'INDO-CHINE ET L'INSULINDE[1]

Les vastes régions, dont nous réunissons l'étude dans ce chapitre, appartiennent à des pays divers : la France, l'Angleterre, les Pays-Bas, les États-Unis, etc. ; et, parmi les possessions de l'un ou l'autre de ces États, il se présente, en outre, des formes différentes de colonies, protectorats, etc., ou même des régions incomplètement occupées. Néanmoins, nous trouvons partout, dans l'ensemble et sauf des restrictions de détail, des pays administrativement organisés, où la propriété minière est entourée des garanties ordinaires dans les pays civilisés, et où l'on peut, dès lors, compter sur l'avenir dans la mesure où l'avenir d'un régime légal quelconque est assuré. En même temps, les moyens de communication, encore restreints, tendent à s'y organiser peu à peu.

Par contre, la main d'œuvre est quelquefois difficile à recruter pour les mines parmi des populations apathiques dont les besoins sont faibles et l'énergie limitée. Les Européens sont coûteux et n'acceptent pas de travailler côte à côte sur un pied d'égalité avec les Annamites et les Chinois[2]. Les Annamites sont paresseux et faibles. Les Chinois, parmi lesquels on peut trouver, nous le dirons plus loin, de bons mineurs, présentent certains inconvénients, qui les font expulser successivement de toutes les régions où on a essayé leur emploi. On assure que le rendement d'un ouvrier indo-chinois atteint à peine le tiers de celui d'un européen, le rendement d'un chinois la moitié. Ces difficultés, dont on triomphe assez aisément quand on travaille à ciel ouvert, deviennent parfois critiques pour les mines profondes[3].

[1] Voir la bibliographie à l'occasion de l'étude métallogénique.

[2] A Hongay, malgré les facilités d'un grand découvert, on compte seulement 160 kg. de charbon extrait par ouvrier (du fond et de la surface) et par jour. En revanche, les prix sont faibles : 0,50 à 0,60 pour un manœuvre ; 0,75 pour un mineur chinois ; 1,50 à 2 fr. pour un ouvrier d'atelier au Tonkin.

[3] Voir *la notice sur la carte géologique et les mines de l'Indo-Chine par le service des mines* (1906), les rapports de M. Lantenois mentionnés à la bibliographie, ch. xxx et xxxi. On peut encore consulter : 1901. J.-M. Bel. *En Indo-Chine. Du sous-sol.* (Bul. Soc. géogr. comm., 18 juin 1901, 20 p.). — 1904. P. Cartex. *Le péril japonais en Indo-Chine.* — 1905. H. Charpentier. *Le développement industriel et minier du Tonkin* (Bul. Soc. ind. du nord de la France ; cf. Bul. Soc. ingén. colon., 4e trim., 1904), etc.

[4] Nous rappelons qu'ici comme dans toute cette partie de l'ouvrage, il s'agit seu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Nous allons consacrer des paragraphes spéciaux : *A*. à l'Indo-Chine française; *B*. au mines d'étain des Détroits et *C*. aux Indes néerlandaises.

A. — INDO-CHINE FRANÇAISE. — TONKIN, ANNAM, CAMBODGE.

La richesse minérale du Tonkin a, comme il arrive toujours dans les colonies nouvelles, donné lieu tout d'abord à beaucoup d'illusions, puis à autant de déboires, suivis par un découragement peut-être excessif. Quand le pays était presque inabordable, on croyait y trouver, en abondance, l'étain et l'or. Puis il y eut une phase d'enthousiasme pour les gisements d'antimoine et pour les mines de houille que l'on s'imaginait rencontrer presque à chaque pas. Des ingénieurs fantaisistes voulaient même organiser de suite une industrie sidérurgique, pour laquelle on avait, disaient-ils, à la fois le fer et le charbon. Le service des mines a pu, en effet, dresser de longs tableaux des gisements ayant donné lieu à des recherches, ou même à l'institution d'une propriété minière ; mais, après les avoir parcourus, il est triste de leur comparer une statistique de la production. En fait de houille, une seule mine, après des vicissitudes, a fini par faire des bénéfices, celle de Hongay, dont la production, dans des conditions dont nous allons dire quelques mots, monte à environ 300.000 t. Il est à peine utile de mentionner celles de Kébao qui arrivent peut-être à 8.000, ou de Dong-Trieu qui en produisent 18.000. Les lignites de Yen-bay n'ont pu vivre. Toutes les mines d'antimoine sont complètement abandonnées; et, en fait de métaux, on ne peut citer que quelques mines indigènes, exploitant le zinc dans la région de Thaï-nguyen, ou des commencements d'exploitation d'étain dans le cercle de Cao-bang, autour de Pia-ouac, où la mine de Tinh-tuc a produit, en 1904, 40 t. d'étain et celle de Beau-site 11 t. de minerai complexe en 1905.

Il en est un peu de même pour le Cambodge et l'Annam, où nous ne voyons guère à citer comme exploitations que la mine d'or de Bong-miu, dont la fortune n'a jamais été très brillante.

En 1908, l'Indo-Chine a produit, au total : 12.000 t. de minerai de zinc, 164 t. de minerai d'étain et tungstène, 170 kg. d'or et 329.000 t. de houille.

Houillères. — Les formations charbonneuses du Tonkin, appartenant à l'étage liasique, s'étendent le long de la côte sur environ 150 km. de long. La principale exploitation, nous venons de le dire, est celle de Hongay.

La houillère de Hongay, dont la concession date du 27 avril 1888,

lement des exploitations ayant, dès à présent, une certaine importance. Nous reviendrons sur les gisements de houille au ch. XVIII, p. 361 et sur les gisements métallifères ou minéraux aux ch. XXX et XXXI.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

est devenue la propriété de la Société française des Charbonnages du Tonkin [1]. Elle comprend trois lots qui sont, de l'Ouest à l'Est, Hongay, Ha-tou et Campha.

Dans le lot de Hongay (quartier Nagotna), on exploite, par puits et travaux souterrains, quatre couches de charbon, dont trois (dites Sainte-Barbe, Bavier et Chater), ont chacune une épaisseur moyenne utile de 4,50 et dont la quatrième, dite Marmottan, offre une épaisseur utile de 1,60.

Dans le lot de Ha-tou, l'exploitation se fait par travaux à ciel ouvert sur une couche dont l'épaisseur totale est d'environ 50 m., moitié charbon et moitié schistes. On arrive, avec des chantiers bien tenus, à obtenir un charbon tenant moins de 8 p. 100 de cendres.

Le lot de Campha semble renfermer la couche puissante de Ha-tou; mais on n'y fait encore que des recherches.

Les mines de Nagotna et de Ha-tou sont reliées au port de Hongay par des voies ferrées de 5 et 12 km. de longueur. La compagnie occupe 3.000 ouvriers et sa production a été : en 1898, de 204.000 t.; en 1899, de 276.000 t.; en 1900, de 194.000 t.; en 1901, de 248.600; en 1902, de 316.600; en 1903, de 267.000; en 1904, de 231.000; en 1905, de 242.700 (dont 25.000 seulement viennent de Nagotna et tout le reste du groupe de Ha-tou (Ha-tou, Mamelon 65 et Montplanet).

Ce charbon est assez pur, mais friable et très maigre : ce qui force à le mélanger avec du charbon japonais et à ajouter beaucoup de brai pour la confection des briquettes ; ces briquettes atteignent presque la qualité du Cardiff.

Pour Hongay, les exportations représentent environ 65 à 75 p. 100. Cela dépend surtout de la qualité du charbon produit. L'Indo-Chine consomme seule les briquettes (56.000 tonnes en 1902). En revanche, tous les menus (134.000 t. pour la même année) partent pour Canton, où les Chinois les emploient à divers usages industriels, pour lesquels le charbon maigre est préférable au charbon gras, tels que la fabrication de la chaux, les verreries, etc.

Enfin, le criblé, utilisé avec les briquettes pour les chaudières, se partage entre l'Indo-Chine et Canton (33,000 pour chacun des deux débouchés).

La briquette, qui se vend 30 fr. la tonne à Hongay (prix de revient 20 fr.) et qu'emploient notamment les Messageries Maritimes (21.000 t. en 1902), n'arrive pas à concurrencer à Hong-kong les charbons japonais et australiens de qualité inférieure, mais bien moins coûteux.

Kébao a été concédé le 27 avril 1888. Après de très grosses dépenses, la mine dut être fermée et l'on se contente de la faire exploiter à forfait

[1] Société au capital de 4.000.000 fr., plus 2.500.000 fr. d'obligations, distribuant, depuis 1900, des dividendes croissants de 30 à 75 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

par des entrepreneurs chinois ou annamites qui en ont extrait 7.700 t. en 1905, 19.000 en 1906[1].

A *Dongtrieu,* on a concédé quatre mines : la mine Schœdelin qui a produit 11.300 t. en 1905 ; la mine Edouard qui en a produit 7.000 ; enfin, les mines Saladin et Espoir, appartenant à la Société minière et métallurgique de l'Indo-Chine, qui sont inexploitées.

Ces mines attaquent en galeries des couches nombreuses, dont l'épaisseur moyenne atteint 10 m., mais n'est qu'en partie utilisable, par suite des schistes intercalés. Elles envoient leurs produits à la rivière du Song-Dabach, d'où des jonques de 25 ou 30 t. les transportent à Haïphong et à Hanoï.

Il existe également, en Annam, une petite mine de charbon, celle de *Nong-son,* appartenant à la société des Docks et houillères de Tourane, qui produit par an une vingtaine de mille de tonnes de houille anthraciteuse analogue à celle du Tonkin. Cette mine est située à 65 km. S. S. W. de Tourane, près de la rivière Song-chu-bong, qui est un affluent de la rivière de Tourane.

Or. — Dans l'Indo-Chine française et ses abords immédiats, comme un peu partout en Asie, les indigènes ont exploité autrefois des alluvions aurifères qui n'ont plus aucune valeur pour nous, ayant été, du fait même de cet antique travail, entièrement épuisées. En quelques points, ces travaux locaux ont même porté sur les gîtes en place, et c'est surtout dans ce cas que l'on a fait des tentatives de reprises modernes. Nous nous contenterons de citer au Siam les mines de *Watana*, qui ont eu un moment de triste célébrité[2]. La Société d'*Attopeu* n'a pas eu un succès beaucoup plus brillant. Enfin, dans l'Annam, la mine de *Bong-miu*[3] est parvenue, grâce à une gestion très prudente, à vivre depuis plusieurs années, en faisant, croyons-nous, quelques bénéfices.

A *Bong-miu* (100 km. S.-S.-E. de Tourane), les indigènes avaient d'innombrables petits puits et galeries (on a pu en compter plus de 550), dont la profondeur ne dépassait guère d'ordinaire 15 ou 20 m. Les travaux, faits uniquement au coin et à la pointerolle par des individus isolés, étaient suivis d'un broyage sommaire au marteau sur de grosses dalles creusées au centre ; après quoi, on lavait à la batée. Les exploitations furent, paraît-il, arrêtées par ordre de la Cour vers le moment où les Français occupèrent Tourane (1858). En 1895, une étude en fut faite par M. Dégoutin et donna lieu à une reprise industrielle, qui, menée avec beaucoup d'intelligence et de ténacité, a fini par donner les résultats actuels. Une usine de cyanuration fonctionne depuis

[1] La société actuelle succède, depuis 1901, à deux sociétés, l'une mise en liquidation en 1896, l'autre en faillite en 1899.

[2] Société liquidée en 1902.

[3] Petite société au capital de 500.000 fr., constituée en 1908.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1903. En 1903, on a broyé 4.000 t. pour produire 61.546 fr. d'or ; en 1904, 10.853 t. pour obtenir 131.615 fr. ; enfin, en 1905, 11.052 t. pour obtenir 224.289 fr. ; ce qui représente, pour les trois années, une moyenne d'environ 16 fr. d'or à la tonne broyée.

Fer. — La question de l'industrie sidérurgique au Tonkin, est une de celles qui ont suscité le plus d'illusions. Il existe bien quelques gisements de fer d'une certaine importance, notamment dans la région de Thaï-nguyen au Nord de Hanoï, où l'on trouve, paraît-il, sur 45 km. de long, des mamelons de minerais de fer, pouvant contenir plusieurs millions de tonnes. Ce minerai pourra, dit-on, être exploité à raison de 5 fr. la tonne et rendu à Hongay pour 10 fr. quand on aura fait une voie ferrée de 50 km. D'autre part, comme la houille existe sur toute la côte du Tonkin, on a aussitôt imaginé la création d'usines à fer utilisant à la fois minerais et combustibles.

La société métallurgique et minière de l'Indo-Chine, la société française industrielle d'Extrême-Orient, ont fait des projets à cet égard.

De même, au Yunnan, près de la frontière française, la juxtaposition analogue du charbon et du fer, a donné lieu à des combinaisons pareilles.

On a encore appelé l'attention sur d'autres minerais de fer de quelque intérêt en Annam près de Vinh et à Huong-khé au voisinage de la côte.

Jusqu'ici, aucune mise en valeur de ces gisements n'a été réalisée, à notre connaissance. La production de minerai de fer est insignifiante en Indo-Chine et, malgré les premières apparences, il n'est pas sûr que ces projets, à peu près certainement prématurés en Yunnan, soient destinés à un brillant succès dans le Tonkin lui-même. Sans doute l'Extrême-Orient importe d'Angleterre, d'Allemagne ou des États-Unis, d'assez grandes quantités de produits métallurgiques (800.000 t. environ), pour lesquels le fret peut atteindre 40 fr. par tonne. Mais il faut bien se rendre compte des conditions réelles, dans lesquelles se trouve placé ce marché, notamment en Chine où existe la population la plus dense et pouvant fournir le meilleur débouché au fer. La principale consommation y est faite pour les constructions de chemins de fer par des sociétés européennes ou américaines qui ont souvent pour but d'écouler les produits manufacturés de leur pays. D'ailleurs la grande usine d'Han-yang sur le Yang-tsé-kiang, qui, pour vivre, est forcée d'exporter jusqu'au Japon, serait un concurrent dangereux. Le Japon lui-même, qui a essayé, pour des raisons politiques, de se créer des usines à fer et acieries, n'arrive pas à les alimenter et trouve avantage à importer 250.000 t. de fonte, fer, acier, etc. par an. Reste la consommation locale de l'Indo-Chine, qui n'est pas bien forte et dont on ne pourra conquérir qu'une partie. Or, une usine à fer moderne ne peut vivre qu'à la condition de fournir une production con-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sidérable. D'autre part, on aura longtemps encore de la difficulté pour recruter ou conserver au Tonkin le personnel de spécialistes, absolument nécessaire dans ce genre d'industries.

Ces observations ne veulent pas dire que l'industrie du fer ne puisse pas se développer au Tonkin. Cependant, comme l'a fait remarquer M. Lantenois en concluant négativement sur le projet de créer une usine à fer au Yunnan [1], il faut avoir présentes à l'esprit les difficultés éprouvées dans les deux tentatives faites jusqu'ici, pour créer des usines à fer en Extrême-Orient : à Han-yang près Han-kéou en Chine et à Wakamatsu au Japon. Ces deux usines, admirablement situées à tous égards, et peut-être appelées un jour à un brillant avenir, ont eu des débuts difficiles, qui, pour Wakamatsu, menacent de se prolonger. Dans cette usine, créée en 1901 avec un but militaire, on a dû constater qu'en 1902, la fonte revenait à 126 fr. au lieu de 104 fr., prix courant dans le pays et que les rails en fer coûtaient le double du prix commercial. En 1903, le gouvernement a été obligé de faire appel au budget et l'on a dû ralentir la production.

Etain. — Parmi les gisements métalliques du Tonkin, ceux d'antimoine ayant été abandonnés et ceux de plomb ou de zinc restant inexploités, il n'y a lieu de citer industriellement que les minerais d'étain situés au Nord-Est près de la frontière de Chine dans la région de Cao-bang. Découverts en 1899, d'après l'observation d'anciennes fouilles indigènes, ils ont donné lieu à quelques petites exploitations, dont la principale est celle de Tinh-tuc (Duverger frères). On y travaille dans un grand découvert de 45 m. de profondeur. On fait un lavage sommaire et l'on réduit au four à manche. L'étain, coulé en saumons de 25 kg., est vendu actuellement 3 fr. le kilo aux Chinois de la frontière. Son transport à Haïphong revient à 168 fr. la tonne.

Le Laos contient également quelques gisements d'étain dont nous étudierons la géologie.

B. — EXPLOITATIONS D'ÉTAIN DE LA RÉGION DES DÉTROITS [2]

Les exploitations stannifères de la région des Détroits, dont on connaît la suprématie mondiale sur le marché de l'étain, appartiennent politiquement à deux pays distincts : 1° Possessions anglaises, ou États fédérés de Malaisie ; 2° Indes hollandaises (Bangka, Billiton, etc.). Pour ne pas rompre l'unité du sujet, nous allons les examiner ensemble, bien

[1] 1904. *Questions minières se rattachant au tracé du chemin de fer*, p. 88.

[2] Les productions de la Malaisie sont comptées en pikuls, picol ou picouls.
1 pikul = 133 1/3 livres avoir du poids, ou 60,45 kg.
Les autres mesures sont anglaises (voir plus haut, p. 108), ou hollandaises.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qu'un paragraphe spécial doive être consacré, plus loin, aux Indes Néerlandaises.

Historique. — Parmi les productions minérales de l'Asie, il y a lieu de faire une place spéciale à l'étain. Ce métal a été, en effet, exploité depuis la plus haute antiquité dans toute la région de la presqu'île de Malacca, de ce qu'on appelle les Détroits et de la Chine. Nous avons déjà eu l'occasion[1] de rappeler les curieux problèmes historiques, qui se posent à ce sujet. Dans les temps plus modernes, il y avait déjà, en 1677, des monnaies d'étain à Pérak. Au XVIIIe siècle, les petits sultans du pays faisaient exploiter les alluvions de la presqu'île de Malacca, ou celles de Bangka, qui appartenaient au Sultan de Palembang. Puis la Cie des Indes prit en général leur place et, à sa suite, soit le gouvernement hollandais dans les Indes Néerlandaises, soit des sociétés britanniques dans les États malais, qui ont fini, le 1er juillet 1896, par se fédérer sous le protectorat anglais : États de Perak, Sélangor, Négri-Sembilan et Pahang. Actuellement, la production de tout ce groupe entre encore pour près des 3/4 dans le chiffre d'extraction mondial.

Au total, les exportations des Détroits, qui avaient été de 57 734 t. en 1905 et de 55.928 en 1906, ont été de 56.000 en 1907 et 62.600 en 1908, auxquelles il faut ajouter les ventes directes de Bangka et Billiton en Hollande (11.718 t. en 1907) : soit, pour le total de la production en 1908, 77.300.

Statistique. — Si l'on cherche la répartition de cette production dans les dernières années, on trouve environ 70 p. 100 pour les États Malais, 22 p. 100 pour l'île de Bangka, 7 p. 100 pour celle de Billiton et 1 p. 100 pour celle de Singkep. En laissant de côté la Chine, les autres régions de l'Extrême-Orient où on a signalé de l'étain n'ont qu'une importance insignifiante, comme la Birmanie, (Ténassérim et Mergui), le Siam (Kédah, au voisinage de Pérak), ou même presque nulle comme sur la côte Est de Sumatra et la côte Ouest de Bornéo. Nous avons dit plus haut quelques mots du Tonkin et du Laos. Quant à la production stannifère du Yunnan, dont nous parlerons ultérieurement, elle est d'environ 3 à 4.000 t. Celle du Japon se réduit à fort peu de chose.

L'étain du protectorat anglais se concentre pour l'exportation dans les colonies anglaises de Singapore, Malacca et Pénang qu'on appelle les Straits Settlements. En 1894, les *États Malais* produisaient 46.040 t. d'étain métallique, dont 22.190 pour Pérak et 20.440 pour Sélangor.

La production de 1907 (évaluée en pikuls de 60 kg. 45) a donné, convertie en tonnes : Pérak, 25.992 t., contre 26.100 en 1906 ; Sélangor, 16.500 ; Négri Sembilan, 4.525 ; Pahang 2.200. Ces statistiques décomposent ce qu'on appelle le block (ou étain proprement dit), et le minerai

[1] Page 17.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à 70. p. 100. Le nombre des mineurs a été, en 1908, de 231.368 (36.287 de moins qu'en 1907).

En 1908, l'industrie de l'étain a été peu prospère en raison du fléchissement des prix de vente.[1]

Nous ne possédons pas, pour l'avenir de ces exploitations de la presqu'île de Malacca, des renseignements analogues à ceux que nous allons donner pour les Indes néerlandaises, où l'on n'estime pas que l'exploitation puisse durer encore plus d'une vingtaine d'années. Il est probable que les alluvions de la presqu'île, quoique moins anciennement fouillées, doivent s'épuiser elles aussi. Mais le pays est vaste, les gisements y sont nombreux, beaucoup d'entre eux n'ont pas dû être encore mis en valeur et les filons, qui ont fourni une telle abondance d'alluvions, peuvent, en tel ou tel point plus favorable, donner lieu à des exploitations durables.

Dans les Indes Néerlandaises, le grand producteur est *Bangka*. Un relevé, fait pour cette île par Verbeek, donne, comme chiffre de production totale depuis le début du XVIIIe siècle (1718) jusqu'en 1900, 441.000 t. d'étain, dont 139.000 pour les seules 20 dernières années. En 1900, les sondages exécutés permettaient d'évaluer l'étain restant à recueillir à environ 180.000 t. : ce qui, pour une production annuelle de 12.000 t., faisait prévoir l'épuisement définitif vers 1915. La quantité totale d'étain qui aura pu alors être extraite de cette petite île sera de 600.000 t.

En 1908, Bangka a produit seulement 2.300 t.

L'exploitation de *Billiton* est beaucoup plus récente que celle de Bangka. C'est en 1852 que la concession fut accordée au Prince Henri des Pays-Bas avec deux associés. La Société, constituée en 1860 au capital de 5 millions de florins, a obtenu en 1892 un renouvellement assez onéreux, après une discussion politique très vive. Elle doit aujourd'hui verser au trésor les 5/8 du solde créditeur de son compte de profits et pertes. Antérieurement, elle avait fait de très beaux bénéfices. La production est montée à 4.700 t.

Enfin, l'île de *Singkep* a été concédée, en 1887, à une société dont le siège est à la Haye et qui, depuis 1900, exploite les alluvions de Kedah appartenant au Siam dans la presqu'île de Malacca : les deux productions étant confondues dans les tableaux. En 1900, cette société a produit 890 t. d'étain.

Exploitation. — Les conditions techniques de l'exploitation dans tous ces gisements sont assez analogues, sauf les différences introduites par le régime politique et administratif ou fiscal plus ou moins favorable.

Il s'agit d'atteindre la couche stannifère, ou *Kaksu*, située sous des terrains stériles dont l'épaisseur peut aller à 20 m. Cette couche

[1] Il est à noter que la même région des états malais produit un peu d'or, environ 462 kg. en 1907 et autant en 1908, dont 430 venant de Raub (La Nature, n° 1813).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

stannifère a généralement, dans les Détroits, de 0,15 à 0,40, rarement 1 m. On a parfois trouvé, comme dans les alluvions aurifères, deux couches productives séparées par un lit de stériles.

Le travail comporte d'abord une période de recherches, où l'on fore des trous de sonde espacés de 10 m. en 10 m. en quinconces. Après quoi, lorsqu'on est fixé sur le périmètre à exploiter, on fait d'ordinaire, avec des associations chinoises (ou Kongsies), un contrat d'une année, stipulant le prix du pikul d'étain (60,45 kg.) rendu aux magasins de la Cie, prix pouvant varier de 42 fr. à 27 fr. suivant les conditions : la compagnie fournissant le matériel, le défrichement, etc. et le Kongsie se chargeant du salaire et de la nourriture des ouvriers, du transport, etc.

On admet en moyenne qu'un terrain est exploitable avec profit, s'il rend, par coolie et par an, 360 kg. de minerais à 70 p. 100 d'étain [1].

Puis l'exploitation commence par le débroussaillement de la jungle qui revient, suivant l'épaisseur de la végétation, entre 30 et 70 fr. l'hectare. Après quoi, on mène une tranchée à ciel ouvert perpendiculaire à la longueur de l'amas stannifère reconnu ou à l'axe de la vallée, en partant du point le plus élevé ; on rejette les stériles par derrière et l'on remonte à la surface l'alluvion stannifère pour la laver. L'écoulement des eaux se faisait autrefois par des pompes chinoises à chapelet ; on a introduit peu à peu des pompes centrifuges. La main-d'œuvre utilisée pour ce travail est surtout fournie par la race chinoise : les Malais et les Hindous travaillant peu. Les coolies libres, engagés dans le pays, coûtent environ 1,75 fr. par jour pour un travail de six à sept heures. Avec du minerai à 1 p. 100 pris à 6 m. de la surface, les frais d'extraction sans lavage s'élèvent à 550 fr. par tonne de minerai produit à 66 p. 100, auxquels il faut ajouter l'épuisement, le traitement mécanique, puis le traitement métallurgique et l'affinage.

Ce traitement mécanique se fait dans de grands sluices en bois ayant 1 m. de large et 13 m. de long. On obtient ainsi un minerai remarquablement pur, ne contenant comme impuretés que du quartz et du fer, qu'il suffit de soumettre à une fusion réductrice sans grillage, puis à un raffinage à basse température. Dans ces conditions, la tonne d'étain de Bangka peut revenir de 850 à 1.100 fr. rendue à Amsterdam, où le prix de vente a varié de 3.240 fr. en 1900 à 2.870 en 1901 (3.750 à 4.000 en 1910).

C. — INDES ORIENTALES NÉERLANDAISES

Si nous laissons de côté les exploitations d'étain qui viennent d'être signalées et le pétrole étudié dans un chapitre spécial, les richesses minérales des Indes Orientales néerlandaises sont encore fort mal connues et peu utilisées, pour des raisons qu'il est facile de

[1] Voir Bousquet, *loc. cit.*, p. 29, les détails de ces contrats.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

comprendre. En premier lieu, l'attention des Hollandais, avant tout commerçants et agriculteurs, n'a été que très récemment attirée vers ces richesses minérales, en des pays où il y avait tant à gagner ailleurs avec moins de peine. C'est le même fait qui s'est produit également dans les colonies espagnoles des Philippines. Pour le gouvernement hollandais, la mise en valeur de Java a dominé toute autre préoccupation et les autres colonies sont restées très en arrière. Une seconde cause d'infériorité a été le régime strictement régalien qui a dominé dans l'établissement des concessions minières de ces îles.

L'Insulinde a commencé par constituer un fief de la Compagnie des Indes Occidentales. Puis elle passa au gouvernement britannique et fit retour à la couronne néerlandaise en 1816. Sans entrer dans le détail de la législation minière, on peut dire en deux mots que l'État commence par faire explorer le pays pour s'y réserver la propriété des mines qu'il juge exploitables par lui avec avantage et met en adjudication celles qu'il ne croit pas devoir exploiter. Les vices inhérents à toute exploitation d'État se manifestent ainsi : les particuliers n'ayant aucun intérêt à effectuer des recherches et le gouvernement, par son organisation même, étant fort mal placé pour en faire.

Nous avons assisté néanmoins, vers 1897, après le premier essor des mines transvaliennes qui tourna les têtes des chercheurs d'or dans le monde entier, à une fièvre de spéculation, pendant laquelle on a lancé, dans les Indes Néerlandaises, un grand nombre de compagnies aurifères, à peu près toutes destinées à disparaître rapidement. Il se produisit alors ce qu'on a vu se renouveler tant de fois en Asie comme en Afrique : un enthousiasme absurdément provoqué par la description des trésors que de simples chercheurs d'or indigènes avaient pu recueillir de temps immémorial et le calcul non moins erroné des bénéfices que pourrait, dans des conditions d'exploitation plus savantes, obtenir une industrie organisée à l'européenne. On oubliait les objections capitales, sur lesquelles nous sommes revenus tant de fois : épuisement des gisements d'or remaniés, tels que les alluvions, précisément parce qu'ils ont été anciennement connus et exploités ; et pauvreté, dissémination fréquente des gisements primitifs, dont la préparation mécanique à pu réaliser ces alluvions. Par exemple, à Célèbes, la Compagnie des Indes a longtemps exigé des indigènes un impôt payable en or natif, comme, au Congo, on a pu exiger un payement en caoutchouc. Il en est résulté l'organisation, par les chefs, d'expéditions comprenant des milliers d'hommes qui, chaque année, partaient, après la moisson, à la recherche du métal et qui, dans de détestables conditions hygiéniques, perdaient des hommes par centaines. Le jour où, en 1847, le gouvernement remplaça cette taxe en nature par un impôt de capitation, les recherches d'or s'arrêtèrent du jour au lendemain à peu près partout. Quand, en 1897, on a voulu reprendre ces gisements épuisés et leurs

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

filons originaires, on est arrivé presque partout à un insuccès fatal. Ce qui, malgré le découragement actuel, n'exclut pas la possibilité de rencontrer plus tard quelques beaux filons du type ouest-américain.

Enfin, une dernière raison, pour laquelle les gisement miniers sont peu connus dans les Indes hollandaises, c'est la difficulté pratique de les aborder, puis de les exploiter dans des régions malsaines, privées de routes et souvent parcourues par des indigènes hostiles.

En résumé, la production minérale des Indes néerlandaises se borne, indépendamment du pétrole étudié au ch. XXII et des combustibles, à un peu d'or et de diamants.

Or[1]. — Pour l'or, le district du *Sarawak* à Bornéo a donné, de 1892 à 1900, environ une centaine de kilos par an. En 1901, cette production est montée subitement à 1.051 kg. En 1907, on a extrait 1.296 kg. dans les deux mines de la Borneo Cie qui traitent environ 200.000 t. de minerai par cyanuration.

A Sumatra, la mine de *Redjang Lebong* a donné 2.760.000 fr. d'or en 1901, 2.860.000 en 1902, 3.840.000 en 1903[2].

Enfin, Nord Célèbes a produit, à *Soumalata*, 106 kg. en 1900, 255 en 1901, 190 en 1902. Les principales compagnies formées pour exploiter le groupe du Nord Célèbes ont été Cie Kwandang-Sœmalata, Cie Indo-néerlandaise de mines (à Paleleh), Cie minière Nord-Célèbes, Cie Soumalata, Syndicat d'exploration Pagoeat, Cie minière Totok. Seul, le groupe de Soumalata, dont nous aurons à reparler, a donné une exploitation durable.

La complexité du minerai de Soumalata a conduit à lui appliquer un mode de traitement assez particulier. L'amalgamation serait impuissante et la teneur en cuivre n'est pas suffisante pour obtenir une matte de cuivre. On produit alors sur place une matte de fer aurifère tenant 74 p. 100 de fer, 25 p. 100 de soufre et 1 p. 100 de cuivre, en employant, comme fondant calcaire, le corail de la côte. L'absence presque complète de silice dans le minerai permet à l'opération de réussir. On concentre ainsi, dans une tonne de matte qu'on exporte en Europe, les métaux précieux de 4 t. de minerai. Ultérieurement, on a organisé encore l'appauvrissement de la matte de fer par le plomb, de manière à avoir un plomb d'œuvre tenant jusqu'à 4 kg. d'or à la tonne et à économiser des frais de transport. Dans ces conditions, la société de Soumalata a obtenu de bons résultats, tandis que toutes les autres sociétés aurifères de Célèbes ont dû fermer.

Diamants. — On a atteint, à Bornéo, une extraction de 2.700 carats

[1] 1899. COLET. *L'or aux Indes Orientales néerlandaises*. Batavia. Kolff. 51 p.

[2] Société au capital de 2.500.000 florins, dont 200.000 non émis, portée à 3.000.000 par remboursement de la dette obligations en 1903 aya t déclaré un premier dividende de 20 p. 100 en 1903.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de diamants en 1894, pour descendre progressivement à 610 en 1900 et 810 en 1901.

Comme on n'a pas encore trouvé de cheminées diamantifères analogues à celles du Cap et comme la production est, dès lors, uniquement fournie par des alluvions presque épuisées, cette production diamantifère semble, à moins de découvertes nouvelles, destinée à disparaître rapidement devant la concurrence de l'Afrique australe.

Combustibles. — Les gisements de lignite sont nombreux dans les Indes néerlandaises : tous semblant devoir être rapportés à l'époque tertiaire. Le principal industriellement, est celui d'Ombilien, à 100 km. Nord-Est de Padang, dans la région des plateaux de Sumatra. Ce gisement, signalé dès 1867, n'a été exploité par le gouvernement hollandais, qui avait tenu à s'en réserver la possession, mais reculait devant les dépenses à effectuer, (environ 50 millions), que depuis 1898. De 1887 à 1898, on a construit un chemin de fer de 150 km. à parcours très accidenté aboutissant au port de Emmahaven, où l'on a établi une estacade métallique. D'après le Dr Verbeek, le tonnage en vue est de 200 millions de tonnes, réparties sur trois couches avec une inclinaison très faible et une extension considérable. Cette houille peut atteindre en moyenne 10 m. d'épaisseur espacés sur 45 m. de haut, mais varie beaucoup, avec des renflements qui, pour une seule couche, atteignent 15 m. de haut. C'est un charbon noir très brillant, très compact, une houille sèche à longue flamme, considérée, malgré son âge tertiaire, comme le meilleur combustible de l'Archipel. Sa densité, plus faible que celle de la houille, est cependant un inconvénient pour les longs parcours ; mais les services côtiers l'emploient couramment. Sa composition, d'après Verbeek, est de 76,80 C ; 5,80 H ; 0.45 S ; 3,50 eau ; 0,70 cendres.

L'exploitation se fait par trois catégories d'ouvriers, forçats, chinois, javanais (les Javanais de préférence aux Chinois). La production moyenne par tête et par journée de travail varie entre 220 et 240 kg. Le rapport pour 1901 signale une vente de 198.000 t. à 26 fr. la tonne. A Java, ce charbon se vend 25 fr., contre 40 fr. pour le Cardiff. On a fait une dépense d'environ 3.800.000 fr. et un bénéfice net de 1.150.000 fr., représentant 38 p. 100 de la valeur des installations à la mine et au port (chemin de fer et port lui-même non compris).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE VIII

L'INDUSTRIE MINIÈRE EN CHINE[1]

La question de l'industrie minérale chinoise présente un très grand intérêt d'actualité; car, depuis que l'on considère à tort ou à raison la succession de l'Homme Jaune comme ouverte, les convoitises des diverses nations qui se croient aptes à en hériter se sont tournées de ce côté. Comme il arrive souvent en pareil cas, beaucoup d'exagérations ont été commises par les premiers inventeurs enthousiastes; néanmoins, grâce aux diverses missions qui, depuis quelques années, ont parcouru le pays, on commence à voir plus clair dans les chances d'avenir. Par le N. E., c'est la Russie et c'est le Japon, qui ont fait connaître la Mandchourie et la Corée. Par le Sud-Est, les régions limitrophes du Tonkin, qui intéressaient tout particulièrement la France, et qui semblent être les plus minéralisées de la Chine, ont été visitées avec un soin particulier. Les missions anglaises, parties de l'Inde, ont marché au-devant des missions russes dans le Tibet et le Turkestan chinois. Enfin les provinces peuplées et riches du littoral entrent progressivement dans le domaine du commerce et de l'industrie européens.

Ici plus que partout ailleurs en Asie, il importe de distinguer le passé, le présent et l'avenir de la Richesse minérale; car le passé a été souvent très prolongé, avec une exploitation très intense; le présent est généralement très médiocre, les Chinois ayant presque toujours poussé les travaux jusqu'au bout de ce qu'ils peuvent faire avec des moyens, malgré tout rudimentaires; et l'avenir peut, avec une exploitation profonde, outillée à la moderne, donner, dans des conditions toutes différentes, pour le charbon, le fer et même le cuivre, des résultats très brillants, qui ont été escomptés jusqu'à l'excès. Nous verrons bientôt

[1] **Monnaies**. — En Chine, on compte par piastres de 2 fr. à 2,20 fr. et taels, ou 10/7 de piastre, qui varient, suivant les endroits, de 2,80 fr. à 3,10 fr. et pèsent, pour les douanes, 37,78 gr. d'argent; parfois par yen japonais de 2,60 fr. La sapèque est la monnaie de cuivre, dont 1.000 (ou parfois 500) font une ligature. Le cours variable de la piastre influe notamment sur les prix du charbon. — Les **poids**, dans le commerce maritime, sont évalués en tonnes anglaises de 1.016 kg. On se sert également de livres chinoises (ou kilos chinois) valant 601 gr., de quintaux, ou pikuls, de 100 livres chinoises représentant 60,45 kg. qui sont les kins japonais, et de tonnes chinoises de 601 kg. **Longueurs**. Le tchang vaut environ 3 m. — Voir, sur la circulation monétaire en Chine: Rapport de la mission lyonnaise, p. 468.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quelle est, dès à présent, la richesse minérale reconnue. Mais il ne suffit pas qu'elle existe; économiquement, il faut surtout qu'on puisse l'exploiter, et c'est là de beaucoup la question la plus délicate en Chine.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LES CONDITIONS POLITIQUES ET SOCIALES DE L'INDUSTRIE MINIÈRE EN CHINE.

Il existe en Chine, notamment pour la houille, bien des gisements qui, si la Chine était politiquement et socialement un de nos grands pays européens, représenteraient une richesse énorme. La Chine étant ce qu'elle est, cette richesse devient plus problématique, et nous allons avoir à rappeler les conditions spéciales, dans lesquelles se trouvera nécessairement toute industrie minière constituée en Chine, du fait des rapports avec le gouvernement, les ouvriers, le public chinois tout entier. Auparavant, nous devons remarquer que ces conditions varient d'un point à l'autre et d'un instant à l'autre : ce qui rend aussi difficile de généraliser que de prévoir.

Tout d'abord, dans un ensemble aussi vaste et aussi amorphe que l'Empire du Levant, les diverses parties n'offrent pas des conditions industrielles semblables. A mesure qu'on s'éloigne du pouvoir central, les liens qui unissent les populations à lui deviennent de plus en plus lâches ; les possibilités, pour des Européens, Américains ou Japonais, d'organiser une exploitation industrielle diminuent vite et l'intérêt pratique actuel des gisements minéraux s'atténue par conséquent.

D'autre part, ces conditions, qui se modifient ainsi dans l'espace, se transforment également dans le temps avec une rapidité qui rend les prophéties particulièrement incertaines. En ce pays, auquel on a fait une réputation d'immutabilité, nous voyons se produire d'un jour à l'autre des revirements, par lesquels il est emporté successivement aux extrémités opposées de la politique économique. Les opinions des voyageurs ou des géographes, qui peuvent nous servir de guides, s'en ressentent. Un jour, on nous peint une Chine décidée par le spectacle des victoires japonaises à suivre l'exemple du Nippon, à s'européaniser rapidement, se mettant à notre école, ou du moins à l'école des Japonais qui serviraient d'intermédiaires. Les murailles de Chine vont s'abaisser; la Chine va s'ouvrir. On va plus loin, on imagine d'avance une révolution, que l'on suppose devoir être prompte, mettant bientôt l'Europe aux pieds des industriels chinois, devenus, par la richesse de leurs ressources naturelles, le bas prix et les qualités de leur main d'œuvre, un péril grave pour les concurrents européens. Alors, lignes de chemins de fer et concessions minières sont acordées aux Blancs, deviennent entre eux un sujet de convoitises et de rivalités, etc. Le lendemain, la porte entrebaillée se referme plus hermétiquement que jamais. La Chine a pris la résolution d'éliminer aussitôt les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Diables blancs, sans même avoir attendu qu'ils lui apportent leurs capitaux, leur activité et leur exemple, qu'ils lui construisent des voies ferrées et lui organisent des mines, comme cela se passe d'habitude. Les concessions accordées sont reprises ou rachetées. La Chine veut tout exécuter par elle-même; et, comme elle en est, pour le moment, incapable, on aboutit à ce beau résultat de construire en une année quatre ou cinq kilomètres de chemin de fer sur la ligne d'Han-kéou. On nous avait peint une Chine Japonisée, formidable instrument de guerre façonné, discipliné par les Japonais, où l'ancienne rivalité des deux peuples était oubliée; et brusquement, au contraire, nous assistons entre eux à des tiraillements qui prennent aussitôt des allures d'hostilité, navire japonais saisi dans un port chinois sous prétexte de contrebande d'armes, ultimatum japonais, puis, après la soumission de la Chine, protestations violentes de certains milieux chinois etc. (1908).

Les rapports avec les divers pays européens se modifient par sursauts analogues. Comment prévoir ce qui se passera dans un pays, où les gouvernants ne savent peut-être pas eux-mêmes dans quel sens ils veulent se diriger, et où le réseau des intérêts enchevêtrés par les étrangers est tellement complexe ? Ceux qui connaissent le mieux le pays hésitent à former des pronostics en présence de tous les éléments discordants réunis dans cet alambic où ils préparent des réactions inconnues. On sait, par exemple, le rôle énorme des sociétés secrètes en Chine. Ces sociétés, qui changent sans cesse de noms, mais qui, sous des noms divers, représentent la lutte des individus contre une des machines gouvernementales les plus opprimantes, les plus corrompues et les plus vénales du monde, prennent, vis-à-vis des étrangers, des attitudes très variables suivant les moments : tantôt xénophobie des Boxeurs, tantôt au contraire, mouvement Jeune-Chine analogue au mouvement Jeune-Turquie, ou au libéralisme excessif des étudiants anarchistes russes, désir de détruire l'état de choses existant et de lui substituer une Chine régénérée, européanisée, rendue à sa grandeur ancienne. Avec des cerveaux incultes, où de vagues notions importées se déforment, ces mouvements désordonnés ont plus de chances d'être nuisibles qu'utiles, d'autant plus que les étrangers, à leur caractère d'étrangers déjà préjudiciable, joignent naturellement celui de s'appuyer sur un gouvernement existant qui représente pour eux la seule force stable, la seule chance de conserver pacifiquement les concessions obtenues. Malgré les essais de parlementarisme avec lesquels on amuse actuellement l'opinion, il est donc possible, sinon probable, de voir un recul complet de la Chine, au moins pour quelque temps, avant d'assister à sa complète ouverture industrielle.

Tout au moins semble-t-il peu vraisemblable que la Chine se modifie avec cette promptitude extraordinaire dont le Japon lui a donné l'exemple, mais avec une population toute différente, avec des liens autrement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

denses d'unification patriotique, avec une situation insulaire qui avait pour résultat de faciliter la cohésion, aussi bien que la pénétration des idées nouvelles le jour où on leur ouvrirait définitivement la porte. On passera, sans doute, ici par bien des alternatives avant d'aboutir à l'équilibre nouveau dont la formule n'est pas trouvée.

Si nous revenons à notre sujet spécial de la Richesse minérale, il faut s'attendre, en tout cas, à des difficultés d'ordre général et tenant au fond même de l'esprit chinois, qui ne permettront sans doute pas, aussi vite qu'on a pu le croire parfois, l'organisation et le développement des Pittsburgh, des Sheffield, des Birmingham futures, dont on a marqué la place d'avance sur les grands bassins houillers, au voisinage desquels il existe de puissants amas de minerais ferrugineux. Assurément ces difficultés, ici comme partout où il s'en présente de semblables, doivent finir par être levées avec le temps, dans l'intérêt commun des exploitants étrangers et des Chinois, auxquels on apportera, avec les capitaux qui leur manquent, les bénéfices d'une grande industrie rapidement prospère. Pour la houille et le fer surtout, on aura certaines facilités qui manqueront pour les autres substances minérales. Néanmoins, comme les promoteurs d'affaires lointaines ont une tendance toute naturelle à faire plutôt valoir les avantages futurs dont nous aurons bientôt l'occasion d'indiquer la nature, il peut, pour réagir, être utile d'indiquer les obstacles que l'on rencontrera et qui risqueront de faire échouer les premières entreprises, où on ne les aura pas suffisamment prévues.

L'organisation moderne des mines en Chine, et particulièrement des mines métalliques, se heurtera longtemps à des préjugés religieux, à un régime légal, à une organisation de la propriété, analogues à ceux qui la paralysent dans les pays turcs, mais peut-être plus difficiles encore à surmonter.

1° *Préjugés religieux.* — On sait que, dans l'esprit chinois, les profondeurs du sol constituent un monde complètement distinct de la superficie, un monde appartenant aux esprits infernaux, aux « Dragons », aux âmes des ancêtres, où l'on ne saurait pénétrer, comme nous le croyons en Europe, simplement par une bonne application de la vapeur ou de l'électricité. Se concilier les dragons est d'une importance toute autre. Les affleurements portent souvent des temples dédiés aux dragons; la houille notamment se rencontre fréquemment dans des endroits nommés « La Source du Dragon noir », (Ile-long-tan) etc. Ce n'est pas seulement une objection relativement localisée, comme celle qui existe en Turquie pour les cimetières ou les biens vakoufs inaliénables, et dont on vient parfois à bout par des empiètements progressifs, sur lesquels, moyennant un backschich, l'autorité chargée de surveiller ferme les yeux; c'est une question de principe, à laquelle on se heurte partout. Il est vrai que cela n'a pas empêché les Chinois de rechercher et d'exploiter leurs mines. Nous verrons même tout à l'heure, (ce qui peut sembler

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'abord contradictoire avec l'observation précédente), que les gisements doivent avoir été, dans bien des cas, épuisés jusqu'à une profondeur notable. Mais, si le Chinois exploite, c'est à la condition d'accomplir certaines formalités superstitieuses, certains rites et surtout d'obéir à l'Empereur, considéré comme le dépositaire héréditaire de la puissance des Génies, qui lui-même est lié par des traditions paralysantes.

2° *Régime légal. Conventions européennes.* — Il est pratiquement très difficile et, quand il s'agit des métaux autres que le fer, souvent presque impossible, de s'assurer la propriété d'une mine chinoise, d'avoir l'assurance qu'on exploitera sans revendication d'un propriétaire oublié. L'exercice de la profession minière constitue, en effet, un droit héréditaire pour certaines familles, qui l'ont acquis par un commencement d'exploitation dont tout gisement chinois porte la trace et qui, même lorsqu'elles ne l'exercent plus, lorsqu'elles semblent y avoir renoncé, ne l'ont pas perdu. Ce n'est pas là un caractère spécial aux mines. Le droit d'exercer la profession patrimoniale est, d'après M. Leclère, auquel nous empruntons ces notions, inaliénable en fait comme en principe et celui qui a vendu sa terre peut y revenir s'imposer au propriétaire nouveau comme fermier ou domestique. Pour les mines qui ont toutes été grattées plus ou moins depuis deux mille ans, il n'existe pas de gisements légalement inexploités ou abandonnés ; tous, comme le disent les Mandarins lorsque les Européens s'adressent à eux, appartiennent au peuple, ou parfois à l'Empereur, qui ne s'y intéresse alors que pour maintenir à un certain nombre de familles leurs moyens d'existence.

C'est cette entente avec l'Empereur que les gouvernements ont cherché à négocier par une série de conventions, sur lesquelles nous devons un peu insister ici ; car elles sont la base légale de toutes les entreprises actuellement constituées en Chine. Le type en peut être pris dans la convention du 12 juin 1897, d'après laquelle, dans les trois provinces du Kouang-toung, du Kouang-si et du Yun-nan, le gouvernement chinois s'est engagé à faire appel, pour les mines à exploiter, à l'aide technique et financière d'ingénieurs et d'industriels français. Ailleurs un règlement du 19 octobre 1898, qui a suivi des conventions semblables conclues avec d'autres pays, a eu pour conséquence la concession de toutes les mines du Sé-tchouan à M. Pritchard Morgan (P. M.) et celle des mines dans une partie importante du Chan-si (Shansi) au Pekin-Syndicate, avec autorisation d'émettre à l'étranger un emprunt de 10 millions de taels et obligation de remettre les mines sans indemnité au gouvernement Chinois au bout de soixante ans[1]. Mais ce qui s'est

[1] Voir plus loin page 146, note 2, la convention passée par le gouvernement chinois avec le syndicat du Yunnan. On trouvera, dans les *Annales des mines* de 1901, t. XX, p. 476, la convention faite entre le « Bureau de Commerce du Chan-si » et le Peking Syndicate pour l'exploitation des mines de houille et de fer, ainsi que la réglementation officielle du commerce de l'étain.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

passé ensuite à propos de cette question du Chansi est bien typique de ce à quoi il faut s'attendre couramment en fait d'industrie chinoise, indépendamment même de toutes les révolutions et mouvements xénophobes possibles.

Bientôt (1908), les Chinois ont fait tous leurs efforts pour éliminer les Anglais du Chansi et, dans l'affaire du Pekin-Syndicate (Chansi) qui est fort connue sur les places de Paris et de Londres, ils y ont réussi, bien qu'il s'agit là d'une affaire anglaise, par conséquent mieux défendue que toute autre par son gouvernement. Ce syndicat, après avoir d'abord exploité des couches médiocres, avait fini par trouver quelques bonnes veines à la fin de 1907. Ne pouvant obtenir du gouvernement Chinois l'autorisation d'exploiter ses concessions de la province de Chansi, il a dû accepter l'offre des autorités de cette province et les leur céder pour une dizaine de millions, conservant seulement un charbonnage de valeur indéterminée hors de cette province dans le Honan. Là encore on a négocié péniblement pour obtenir en fin de compte (août 1909) la permission de vendre le charbon, mais seulement au loin, par quantités supérieures à 100 tonnes, pour ne pas nuire aux petits exploitants chinois[1].

Dans la plupart des cas, les nouveaux règlements, édictés à la fin de 1907, rendent pratiquement presque impossible aux étrangers toute entreprise minière ne portant pas sur la houille, et l'on ne cite guère, en fin de compte, comme prospère que la Société des charbonnages de Kaiping, dont l'exemple revient à tout propos dans les rapports destinés à « lancer » d'autres affaires chinoises. Ce n'est, dira-t-on, qu'une période à passer. Mais le cas plus ancien de la Turquie et l'histoire, par exemple, d'Héraclée rappelée plus haut prouvent que de telles phases, dans les pays de ce genre, à demi-organisation suffisante pour tout paralyser, peuvent durer longtemps.

Présenté sous une forme officielle, le mouvement nationaliste actuel semble avoir pour but d'exploiter la richesse de la Chine, mines et chemins de fer, avec les seuls éléments chinois. Et ce serait tout naturel si la Chine n'en était pas totalement incapable. Aussi ne faut-il pas attacher trop d'importance aux informations récentes (1909) annonçant la constitution d'une commission minière dans le Kouang-si, de syndicats miniers, exclusivement chinois, dans le Kouang-toung, dans le Chensi (houille), dans le Chansi (minerais de fer et fonderie), enfin d'un vaste « Bureau d'affaires générales minières » à Canton. Il en sera, sans

[1] *Economiste Français*, le 23 janvier, 7 et 28 mars 1908, 21 août 1909. La production a été : dans le premier trimestre 1909, de 29.000 t., dans le second de 57.000 t. Nous nous contentons ici de rappeler, au sujet de cette affaire, des faits historiques, sans émettre aucune espèce d'appréciation sur sa valeur. La réclame incessante et savamment organisée dont elle est l'objet tend à faire oublier les considérations capitales dont il est question dans ce paragraphe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

doute, de tous ces beaux projets comme du chemin de fer Hankéou-Canton, dont nous parlions plus haut.

Mais ce n'est pas tout. L'entente avec le pouvoir supérieur n'est pas la seule nécessaire. En Chine comme dans la plupart des pays, la propriété de la mine est, nous venons de le dire, distincte de celle de la superficie. C'est la mine que l'Etat concède; mais, pour pénétrer en profondeur, il faut commencer par occuper la surface : ce qui, suivant les cas, nécessite simplement une entente avec le propriétaire du sol, ou une autorisation administrative. Le premier cas, le plus favorable, est celui des substances réputées jusqu'ici de trop peu de valeur pour que le gouvernement ait eu l'idée de s'en emparer et, en particulier, de celle qui nous touche tout spécialement, la houille. Quand il s'agit d'un tel gisement, moyennant une indemnité au propriétaire de la surface, qui est, en général, le dixième du produit brut, on peut travailler et vendre librement. Une grande exploitation houillère, qui, d'autre part, s'appuyant sur des capitaux considérables, peut obtenir des appuis politiques en cas de difficultés administratives, a donc certaines facilités pour s'organiser. Pour la plupart des minerais métalliques, il en va autrement. Une règle, qui s'applique tout spécialement au cuivre, le métal monétaire de la Chine, mais qui peut s'étendre à l'or, à l'argent, au plomb, etc., autorise, il est vrai, et même encourage les recherches au détriment du propriétaire superficiel, pour lequel la recherche du cuivre a été parfois un véritable fléau; mais c'est à la condition de remettre tout le produit aux mandarins ou à un syndicat de vente officiel, ayant seul le droit d'en disposer. La totalité des charges dont une mine est grevée en Chine peuvent être évaluées entre 25 et 30 p. 100 du produit brut. Nous en redirons quelques mots à l'occasion du Yunnan. Ces charges écrasantes, qui ont eu pour effet de ruiner l'industrie minière nationale, seraient encore probablement accrues pour des exploitants étrangers.

3° *Rapports avec la population et main-d'œuvre.* — La population chinoise est en principe, douce et tolérante, quoiqu'il existe un parti xénophobe très remuant et, par moments, maître effectif du pays. Les Chinois, comme la plupart des peuples à civilisation arriérée très orgueilleuse d'elle-même, qui se trouvent brusquement mis en contact avec les méthodes européennes, n'en voient que le côté extérieur, et s'imaginent qu'en achetant des machines, comme en se procurant des canons, ils seront aussi fort que nous. Il y a là un état d'esprit, qui ne se modifiera sans doute qu'après un certain nombre d'expériences fâcheuses. La population ouvrière présente des qualités bien connues, de remarquables aptitudes techniques et commerciales dans les pays qui nous intéressent le plus, comme le Yunnan, le Sé-tchouan, etc. On sait combien la main d'œuvre est abondante et à bon marché en Chine. Les qualités du travailleur chinois sont telles que son importation dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

un pays habité par des blancs prend vite la proportion d'un fléau : le Chinois absorbant tout le travail disponible. D'où les haines de races et les prohibitions, dont on a vu des exemples successifs en Californie, en Australie, au Transvaal, partout où le Chinois a pénétré. Dans son propre pays il donne naturellement des résultats supérieurs, les individus exportés étant rarement choisis parmi les meilleurs. La densité de la population et l'ancienneté du travail des mines fourniraient donc, presque partout où il existe des gisements, les moyens de les exploiter. Au Yunnan, par exemple, M. Leclère évalue à 100.000 le nombre des mineurs disponibles. Leur salaire est généralement très minime. Un mineur gagne, en moyenne, outre sa nourriture de riz, 8 à 12 fr. par mois. Mais, plus encore que des ouvriers européens syndiqués, ces mineurs chinois sont hostiles à l'introduction d'ouvriers étrangers; ils considèrent leur droit de travailler seuls sur les gisements de leur région comme un véritable monopole. C'est un état d'esprit dont il y aura lieu de tenir compte le jour où on voudra donner à l'exploitation des mines un développement rapide et disproportionné avec l'extraction actuelle.

Une autre difficulté peut venir de la nécessité particulièrement grave en Chine pour un exploitant, d'imposer le respect, de « sauver la face » suivant l'expression chinoise. Or, quiconque pénètre dans les travaux et s'occupe de leur direction technique, comme le fait nécessairement l'ingénieur européen, devient pour eux un ouvrier, c'est-à-dire un individu profondément inférieur au bourgeois, ou capitaliste. Cette distinction des classes est beaucoup plus nette en Chine qu'en Europe, et d'autant plus que les capitaux rapportent, faute de numéraire, un intérêt exorbitant de 30 à 50, ou même 100 p. 100 par an. Il faut cependant remarquer que, dans cet ordre d'idées, le changement peut se faire assez vite : les Européens arrivant précisément avec des capitaux importants qui ne sauraient manquer de les mettre dans une situation supérieure, aux yeux même de la population la plus arriérée [1].

4° *Etat des gisements.* — Comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, il ne faut pas compter sur la découverte en Chine, du moins dans les vieilles provinces peuplées de l'empire chinois, de gisements métallifères inconnus. Dans un pays où l'exploitation minière a des siècles de travail continu derrière elle, tous les filons et les couches utilisables ont été signalés de longue date et explorés, d'autant plus que la dénudation complète du pays rend leurs affleurements visibles sur de longues distances. Cela est particulièrement vrai pour le cuivre, auquel on a toujours

[1] Ceux qui désireraient des détails sur ces questions, traitées ici en passant, en trouveront dans une note de M. Leclère sur la *Législation des mines en Chine* (Ann. des Mines, 1900, t. XVIIII, p. 249). Le côté économique des exploitations dans le Yunnan a été également traité dans le *Rapport de la mission Lyonnaise* (1898), dans les *Questions minières relatives au chemin de fer du Yunnan* par M. Lantenois, (1904), etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

attaché en Chine une importance particulière, puisque c'est le métal employé pour les échanges; et, s'il y a des exceptions, c'est seulement pour certains minerais de fer, ou surtout pour la profondeur des couches de houille. Pour la houille aussi, les travaux faits ont été innombrables. La population n'emploie souvent pas d'autre combustible dans un pays où le déboisement, fréquemment provoqué par l'exploitation même des mines[1], a été poussé jusqu'aux proportions d'une véritable calamité. Mais il est inutile d'ajouter que, si l'exploration superficielle est facile dans ces pays dénudés aux couches souvent presque horizontales, les difficultés techniques ont empêché de s'approfondir. D'ailleurs, avant la constitution d'une industrie fonctionnant par la vapeur, le débouché du charbon comme combustible domestique est, malgré tout, restreint, et la grande abondance des gisements n'aurait pas permis de pousser les travaux au delà de certains frais d'extraction assez restreints. Il n'a donc pas été question en Chine jusqu'ici de sondages ou de puits profonds, entrepris théoriquement en partant d'un affleurement où la houille n'apparaît pas. Un bassin comme celui du Nord ou du Pas-de-Calais, qui est entièrement masqué à la surface, serait inconnu dans ce pays. Et, sous les immenses territoires recouverts par la terre jaune du loess, ce cas doit être singulièrement fréquent. C'est dans cet ordre d'idées, en ce qui concerne les mines de combustible et les mines de fer, soit en somme la grosse industrie minière et métallurgique, qu'il doit y avoir le plus à faire en Chine. L'exploitation des métaux divers paraît avoir beaucoup moins d'avenir.

Ajoutons, comme remarque générale, que les mines métalliques semblent devoir être extrêmement localisées en Chine, soit dans le Nord en Mandchourie, soit dans les provinces du Sud comme le Yunnan, soit dans le Chantoung, soit enfin dans les régions à peine explorées encore du Tibet et du Turkestan chinois, pour lesquelles, d'ici longtemps sans doute, il ne peut être question d'une exploitation industrielle. Tout le reste du pays est occupé, soit par des couches superficielles et récentes, soit par des sédiments, dans lesquels on trouve de la houille, mais fort peu de minerais.

Nous allons maintenant parcourir rapidement les gisements miniers de la Chine qui paraissent avoir l'avenir industriel le plus immédiat, en examinant successivement, d'un point de vue économique, les diverses régions naturelles de ce grand pays, mais sans insister sur les gites mentionnés, dont la description trouvera sa place plus tard.

DESCRIPTION PAR RÉGIONS

Mandchourie. — Si nous commençons par le Nord, les charbonnages

[1] L'approche d'une mine de cuivre ou d'étain dans le Yunnan se traduit par un désert.

UNIVERSITÉ DE PARIS. SCD

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de Mandchourie sont très anciennement connus. Dès 1869, quand Richthofen a étudié le pays, les Chinois en exploitaient faiblement la plupart. Ultérieurement, la Cie du chemin de fer de l'Est-Chinois a commencé des travaux d'exploitation à *Yentai*; la Cie minière de Mandchourie, au capital de 1 million de roubles (filiale de la Banque russo-chinoise) a travaillé de son côté à *Fouchoun*. En 1902, la production totale était de 55.000 tonnes pour ces deux centres, dont 45.000 à Fouchoun. Puis est venue la guerre russo-japonaise, qui a amené un certain développement des travaux pour subvenir au développement du trafic sur la ligne. On considère que le meilleur gisement est celui de Fouchoun, à 35 km. Est de Moukden, où, dès 1902, on projetait le forage de deux puits, l'extraction de 160.000 t. par an et la création d'un embranchement de 40 à 50 km. reliant à la voie principale. Le charbon y est gras, avec 40 p. 100 de matières volatiles. Yentai, au contraire, que l'on avait visé antérieurement, ne donne que du charbon maigre et sale à 15 p. 100 de matières volatiles, vendu sur place aux Chinois.

Il y a lieu de signaler également *Ponmhsihou* en raison des amas de magnétite voisins.

Actuellement, la production mandchourienne est entièrement absorbée par la Cie des chemins de fer.

La même région contient de nombreux gisements d'or.

Kaiping (Pétchili). — Le principal gisement de charbon actuellement exploité à l'Européenne dans la Chine proprement dite est celui de Kaiping, dans le Pétchili, sur la ligne de Pékin à Inkou, qui se prolonge vers Moukden, à 500 km. de Pékin. Il y a là un bassin fermé d'âge stéphano-permien dont les dimensions peuvent être comparées à celles de notre bassin de Saint-Étienne. La longueur du bassin est d'environ 50 km., sa largeur de 10 à 20. On y a reconnu 17 couches très redressées, dont la puissance totale est de 24 m. utiles, répartis sur une épaisseur totale de 600 m. de stérile. L'exploitation porte sur trois charbonnages dont le cube présumé ne serait pas, dit-on, très élevé : 39 millions de tonnes, représentant, pour une production qui est déjà de 1.200.000 t., une vie assez courte[1].

Le gisement est favorablement situé, à 100 km. par voie ferrée du port de Tching-ouan-tao, libre toute l'année, et à 300 km. de Pékin. Le siège principal est celui de Tongchan. Les opinions sur la qualité du charbon produit diffèrent un peu. Celui-ci est très flambant, très chargé de matières volatiles (33 p. 100), ce qui rend la production de vapeur moins économique; mais les gros morceaux, qui forment un tiers de la production, sont, malgré tout de bonne qualité, et notablement supérieurs au charbon japonais qui est le principal concurrent. En outre,

[1] Il n'y a même, en réalité que 10.000.000 de tonnes absolument reconnues.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

on lui reprochait, au début, d'être assez sale (7 à 15 p. 100 de cendres) et de donner jusqu'à 50 et 70 p. 100 de menus, vendables seulement aux Chinois dont la consommation est très limitée.

Le prix de vente est d'environ 4 à 5 fr. la tonne sur le carreau de la mine : ce qui le fait revenir à 13 fr. sur la ligne de Tien-tsin et 18 à 20 fr. sur la ligne Hankéou-Pékin.

Ses principaux débouchés sont, pour le gros n° 1 à 25 mm., les navires de guerre, les chemins de fer, les usines de Tien-tsin, avec une certaine exportation dans les autres ports chinois (150.000 t. en 1902) qui n'augmente pas aussi vite que cela semblerait naturel au premier abord, étant concurencée par les charbonnages japonais. La production est cependant en voie d'accroissement. Commencée depuis fort longtemps par les Chinois, la mine appartient à une société anglo-belge « Chinese Mining and Engineering Co », qui en extrayait 700.000 tonnes par an en 1902, et qui a dépassé le million depuis 1907 : 1.200.000 en 1908. Vers 1902, le gouvernement russe avait acquis le contrôle implicite sur l'exploitation. Une usine métallurgique, à Han-yang, près d'Han-kéou, en tire environ 8500 tonnes de coke[1].

Notons, à propos de la même région, qu'une compagnie, au capital de 10 millions, s'est formée à Tien-tsin dans le but d'établir une fabrique de clous et de fils de fer.

Chansi, Honan, Chensi. Kansou. — Toute la région Nord de la Chine contient une première grande zone charbonneuse de carbonifère et permo-trias, qui, masquée le plus souvent par la terre jaune, sous laquelle on en cherchera un jour les prolongements, apparaît déjà à la surface en assez de points pour constituer un champ d'exploitation immense.

On trouve de la houille grasse ou de l'anthracite en abondance, dans toutes les provinces que parcourent les affluents du Fleuve Jaune (Hoang-ho), dans le Chansi, le Chensi, le Kansou, le Honan, et quelques-uns des gisements sont très favorablement situés près des rivières. Tout ce bassin du Hoang-ho, qui est déjà un grand pays de culture, peut devenir, pour la houille et le fer, un centre industriel comparable à l'Angleterre. En dehors de la houille et du fer on signale, au contraire, peu de métaux dans le groupe des provinces septentrionales : les minerais de la Chine étant beaucoup plutôt dans la Chine méridionale. Nous nous bornerons donc à parler du charbon.

A l'Ouest du Pétchili précédemment étudié, dans le Chansi, se trouvent des gisements houillers dont nous avons déjà dit un mot tout à l'heure en racontant l'histoire du Péking-Syndicate.

[1] La Société de Kaiping, constituée en décembre 1900 au capital de 25 millions, plus 12.500.000 fr. d'obligations émises en 1901, a distribué des dividendes croissants qui sont montés à 15 p. 100 en 1908.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Nous avons vu alors que les concessions du Chansi avaient été reprises par le gouvernement chinois. Celles du Honan qui ont été laissées au syndicat, portent, il est vrai, sur de très vastes étendues (près de 40.000 km².), et peuvent suffire à alimenter longtemps la consommation [1]. Dans ce cas comme pour beaucoup d'autres charbonnages chinois, la constitution géologique du sol n'est qu'un élément secondaire à côté de toutes les considérations politiques et commerciales dont il a été plus haut rapidement question [2].

D'autre part, le minerai de fer existe en divers points et il a déjà été maintes fois question de l'exploiter pour établir une importante fonderie qui pourrait fournir l'arsenal de Peiyang et les Compagnies de Chemins de fer.

En continuant vers l'Ouest, dans le Chensi, nous trouvons la continuation des gisements de houille et, près de Sian-fou, la ville de Kaoling, origine des terres à porcelaine.

Chantoung. — La province de Chantoung, à laquelle les Allemands ont accès par leur port de Kiao-tchéou, a donné lieu à certains rapports fantaisistes sur les richesses minérales que cette province était supposée contenir; on l'a décrite comme renfermant du minerai de fer en abondance, des minerais de toute sorte, du charbon et jusqu'à des diamants. Les minerais métalliques réels se bornent à peu de chose de reconnu et encore moins d'exploité. Il n'y a lieu de signaler que quelques amas de magnétite près de Tsinan-fou. La houille représente, au contraire, une valeur qui peut être sérieuse, bien que, jusqu'ici, les exploitations européennes soient fort restreintes. Les couches ont l'avantage d'une grande extension et d'une grande régularité, avec une pente généralement très faible. Les charbonnages principaux, exploités depuis longtemps par les Chinois, sont ceux de Pochan, puis ceux de Tchangkiou, de Lintchi, de Ouei, de Laivou, d'Itchou (ou Y-tchéou) et d'I-hsien, dont nous étudierons plus tard l'allure géologique. Industriellement, les Chinois ont surtout travaillé à *Po-chan*, où se trouve une industrie active pour le verre, la poterie, l'émail cloisonné, la fabrication de l'oxyde de fer comme matière colorante, etc. Ce point, situé à 300 km. de la côte, n'est pas très éloigné de la ligne de Kiao-tchéou à Tsinan-fou. On y voyait déjà des puits de 5 m. de diamètre atteignant 85 m. de profondeur, quand Richthofen a visité ces gisements, il y a une trentaine d'années. Les deux mines principales, situées près du village de Kou-ta-ouan,

[1] A la fin de 1909 le conseil de cette Société a annoncé qu'il y a déjà un minimum de 10 millions de tonnes reconnues. La production (1910) est sur le pied de 400.000 t.

[2] Le Honan est, dès à présent, traversé, dans sa partie Est, par la grande ligne Nord-Sud Pékin-Hankéou. Une ligne parallèle plus occidentale est concédée de Pingting à Honan et Siang-yang. Un embranchement vers l'Est doit aller un jour de Sin-yang à Nankin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

extrayaient alors, l'une 80 et l'autre 60 t. par jour. Actuellement, la « Compagnie des mines du Chantoung » produit 163.000 t.

A *Tchang-kiou,* on travaille également par puits chinois, dont le principal, profond de 40 m. et actionné par 32 chevaux, produisait, à la même époque, 60 t.

A *Ouei-hsien,* le puits a aussi une cinquantaine de mètres et sert à extraire un charbon qui ne peut donner de coke.

A *Itchou-fou,* on exploite, avec quelque activité, un bassin charbonneux qui a l'avantage d'être situé à une distance modérée du grand canal. Les puits n'y ont guère plus de 25 m. de profondeur.

A titre accessoire, on peut signaler les *diamants* du Chantoung, qui sont depuis longtemps connus par les Chinois dans la région d'Itchoufou ; ils y recueillent des pierres de mauvaise qualité qu'ils vont vendre à Tsing-taou. Quand les Allemands se furent assurés les droits miniers sur le Chantoung, ils firent faire une prospection, à la suite de laquelle on découvrit, paraît-il, un seul point susceptible de motiver une exploitation, mais en dehors de la concession accordée à la Compagnie allemande, en sorte qu'il ne fut pas donné suite aux recherches. Ces diamants du Chantoung sont, du reste, de trop mauvaise qualité pour être employés en bijouterie et peuvent être uniquement utilisés pour les forages.

Houpé. — Cette province, qui contient le grand centre de population d'Hankéou, constitue une sorte de nœud de convergence dans l'orographie chinoise. Le Yang-tsé-kiang la traverse et c'est sur les bords de ce grand fleuve, à Hanyang, près Hankéou, que s'est constituée la première installation sidérurgique chinoise, comprenant, dès à présent, trois hauts-fourneaux, pouvant produire 500 t., 20 fours à puddler, 6 fours Martin de 30 et 60 t., 2 fours Bessemer et 2 laminoirs.

Hounan. — Le Hounan a beaucoup attiré l'attention par ses assises de houille. Ce gisement, dont l'étendue est dite comparable à celle du bassin Pensylvanien (53.000 km² d'après Richthofen) est surtout connu par les travaux de ce géologue. Les gisements commencent près de Siang-tan sur la future ligne Hankéou-Canton au voisinage des rapides de la rivière Siang et s'étendent vers l'Est jusqu'à la frontière du Hounan et du Kiang-si. La plus grande partie du charbon est de l'anthracite[1] et, comme les indigènes préfèrent ce qu'ils appellent le charbon sans fumée pour leurs maisons qui manquent de cheminées, on n'a fait aucun effort sérieux pour exploiter les gisements à qualité flambante et bitumineuse, qui sont pourtant développés.

En commençant par le Nord, le gisement le plus important découvert

[1] Richthofen évaluait à 150.000 t. l'anthracite extraite chaque années des gisements du Louis-ho (*Letter on the province of Hunan*). — *Morrisson.* (Proc. of the Geog. Soc. of London, 1881).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

jusqu'ici est celui de *Ping-siang* (ou *Ping-yang*) près d'une ville de 30.000 âmes située dans le Kiang-si. Ce charbon, bitumineux à un très haut degré, est facilement réductible en coke, donnant 25 à 30 p. 100. de matières volatiles avec 8 à 10 p. 100 de cendres. Le coke obtenu est, dit-on, fort et compact. Il y a, à Ping-siang, cinq couches reconnues, dont deux ont une épaisseur de 1 m. 50 à 3 m., tandis que les autres, plus minces, varient de 0 m. 50 à 1 m.

Kouang-toung et Kouang-si. — En Chine méridionale, dans le Kouang-toung (province de Canton), on dit avoir découvert d'importants gisements métallifères, sur lesquels on manque totalement de détails.

On signale notamment des mines de houille et d'antimoine dans les districts de Hoi-kiu et de Pun-yiu (?)

Kouei-tchéou, Yunnan et Sé-tchouan. — Certaines des provinces que nous avons parcourues jusqu'ici en Chine contiennent des gisements de houille, et probablement de fer, qui semblent de premier ordre et qui peuvent permettre la constitution d'industries considérables. Les autres métaux y jouent un rôle très subordonné. Les provinces, dont nous allons nous occuper maintenant, renferment également de la houille: mais leur richesse est bien plutôt dans les minerais métalliques : cuivre, étain, mercure, plomb, etc. Leur situation au voisinage des possessions françaises et les avantages qui y ont été accordés à la France leur prêtent, pour nous, un intérêt tout particulier[1].

Dans les conditions actuelles, on peut admettre que le Yunnan produit par an (chiffres de M. Leclère), non compris la houille : 3.000 t. d'étain brut, 1.000 à 1.500 t. de cuivre, 3.000 t. de plomb, 2.500 t. de zinc, un peu de mercure, quelques 100.000 fr. d'or pur, 100 t. de réalgar et 35.000 t. de sel.

M. Leclère admet qu'il peut s'y trouver 30 milliards de tonnes de houille.

Le Kouei-tchéou produit, en outre, une certaine quantité de mercure qu'il est difficile d'évaluer. Et, de tous côtés, on extrait du charbon pour les besoins locaux.

Mais ces chiffres actuels ne représentent que le dernier reste d'une industrie mourante, qui fut autrefois prospère et qui peut, dans une certaine mesure, le redevenir : d'abord par le développement des voies ferrées, ensuite par l'introduction de méthodes plus perfectionnées. C'est pourquoi diverses missions françaises ont été déjà chargées de l'examiner[2].

[1] *Voir* pl. VIII, p. 356, et bibliographie au début du chap. XXXI.

[2] Nous ne saurions ici entrer dans le détail des diverses conventions passées par

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

D'après leurs travaux, nous allons examiner successivement la houille, le fer, le cuivre, l'étain, le mercure, le plomb, etc.

Houille au Yunnan. — Les premiers qui ont abordé un pays où l'on trouve du charbon à chaque pas en sont revenus avec un enthousiasme naturel pour l'avenir de son industrie. Il en avait été de même pour les premiers ingénieurs envoyés au Tonkin. Dans un cas comme dans l'autre, les études plus serrées ont présenté la question sous un jour moins favorable. Et il en sera sans doute ainsi pour beaucoup d'autres bassins chinois, sur lesquels on a vu de suite en imagination se dresser une forêt de cheminées d'usines. En réalité, les houilles du Yunnan n'ont pas toutes les qualités qu'on leur avait prêtées et leur situation défavorable à l'intérieur du pays leur interdira longtemps tout commerce d'exportation, leur laissant cependant un marché intéressant dans la métallurgie locale et le chauffage domestique.

Ces houilles, comme nous le verrons mieux quand nous aborderons au chapitre XVIII leur géologie, appartiennent à plusieurs étages géologiques distincts, et leur qualité diffère suivant leur âge. Il y a des houilles carbonifères ; mais il y a surtout des houilles triasiques ou rhétiennes et même des lignites tertiaires. Comme cubage, les houilles triasiques et rhétiennes de Ni-ou-ké, Yunnan-sen, etc., sont les plus importantes.

Un caractère commun de toutes les couches dans ce pays est leur minceur ordinaire et leur régularité, qui les différencient des dépôts lacustres proprement dits, comme ceux du Plateau Central français, pour les assimiler aux dépôts d'estuaires, dans lesquels s'est fait sentir l'influence régulatrice des vagues. Quand on y trouve un élargissement local, comme cela se produit au Tonkin, à Hongay, c'est d'ordinaire le résultat d'un accident mécanique postérieur.

le gouvernement chinois. Voici toutefois les éléments essentiels de celle du Yunnan que l'on trouvera plus explicitement dans les *Questions minières* de M. Lantenois. 1904.

Le 21 juin 1902, le syndicat anglo-français du Yunnan Ld. a signé, avec le gouvernement chinois, une convention par laquelle il obtient, à l'encontre de toute compagnie étrangère, un véritable monopole sur toutes mines abandonnées et celles qu'il viendrait à découvrir. Mais ce privilège, qui semble d'abord énorme, est, en réalité, très réduit par les conditions annexes. Tout d'abord il n'est valable que pour dix ans et, après ce terme, dans des conditions mal définies, pour un prolongement de vingt-cinq ans. D'autre part, le gouvernement et les particuliers chinois peuvent, comme par le passé, continuer à exploiter les mines ; en sorte qu'il est facile au gouvernement chinois, lorsqu'on lui demande une concession, d'installer en sous-mains des exploitants chinois qui lui servent de prétexte pour refuser. Le cuivre, métal national à régime tout à fait particulier en Chine par suite de l'emploi qu'on en fait pour la monnaie, doit d'abord, et jusqu'à concurrence de 600 t. métriques (1.000 t. chinoises), être vendu au gouvernement moyennant un prix fixé d'avance de 1.000 ou 1.100 fr. ; puis, pour le reste, lui être accordé au prix très faible du marché local. Si l'on ajoute que toute mine doit payer, en outre, un impôt de 5 p. 100 ad valorem et, quand elle est en bénéfice, abandonner au gouvernement 35 p. 100 de son bénéfice, on voit que les conditions finales sont loin d'être très séduisantes : surtout quand on tient compte de tout l'aléa qu'entraîne une entreprise dans un pays semblable.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Partout ailleurs, les couches se tiennent au-dessous d'un mètre. Dans ses calculs, M. Leclère table, suivant les régions, sur une épaisseur moyenne de 0,10 m. ou 0,20 m. ; et, quoiqu'il ait cherché à rester dans des limites minima, cela donne une idée de l'épaisseur effective. Mais ces couches minces sont ordinairement d'une régularité remarquable. Presque partout, sauf cependant dans la région intéressante de Yunnan-sen, les couches, aussi bien carbonifères que plus récentes, n'ont pas subi, depuis leur dépôt, de plissement accentué, mais seulement des ondulations d'assez vaste amplitude. Excepté le long de certains accidents, flexures ou failles, on n'y observe ordinairement pas de refoulement et les affleurements se prolongent avec une épaisseur uniforme sur de grandes longueurs. Il en résulte donc des conditions favorables, aussi bien à l'exploitation des couches déjà connues qu'à la recherche de couches nouvelles par sondages sous des affleurements stériles. Ce dernier genre d'entreprises pourrait être particulièrement intéressant pour se garer contre les complications du régime légal chinois.

En même temps qu'elles sont minces (et par un phénomène évidemment connexe), les houilles du Yunnan sont, pour la plupart, barrées de nombreux délits schisteux, qui accusent également des changements fréquents dans les conditions de sédimentation. C'est, en grande partie, l'origine d'une forte teneur habituelle en cendres, à laquelle on remédie, dans une certaine mesure, quand le travail se fait dans de bonnes conditions d'éclairage à ciel ouvert, mais qu'il sera beaucoup plus difficile d'éviter dans les travaux souterrains. D'autre part, les charbons du Yunnan, comme ceux du Tonkin et comme beaucoup d'autres charbons chinois, sont, pour une cause mal déterminée, très friables et donnent beaucoup de menu. Peut-être obtiendra-t-on une amélioration en s'enfonçant. Toutefois, M. Lantenois à fait remarquer à ce propos que la friabilité se poursuit à Hongay dans l'exploitation souterraine et assez profonde des couches moyennes.

Les houilles rhétiennes, qui constituent le cube de beaucoup le plus important (environ 20 milliards de tonnes au Yunnan suivant M. Leclère), ont été considérées en principe par cet ingénieur comme grasses au Yunnan, tandis que les charbons du même âge sont maigres au Tonkin et au Koueitchéou. M. Lantenois a montré depuis que la teneur en matières volatiles était très variable d'un point à l'autre, depuis 12 jusqu'à 33 p. 100. Le charbon de Ni-ou-ké, seul dans le groupe de Yunnan-sen, est assez gras pour pouvoir remplacer le japonais, dans la confection des briquettes, en mélange avec le charbon maigre de Hongay. Beaucoup de ces charbons sont demi-gras et conviennent aux chaudières.

Les principaux bassins où l'on trouve la houille rhétienne sont : 1° la zone de Mong-tzé à Hing-gni, qui commence sur la frontière du Tonkin et représente 10 milliards de tonnes, avec une épaisseur de 0,20 m. sur 50.000 km^2; 2° les deux groupes de Ma-chang et de Houei-li, plus au Nord,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sur le Yang-tsé-kiang, plissés davantage, pouvant donner 3 ou 4 milliards; 3° celui de Kouei-yang au Kouei-tchéou, évalué à 6 ou 7 milliards. Le premier bassin, qui est au Sud-Est d'Yunnan-sen, est réputé le plus favorable pour l'exploitation et a été uniquement envisagé dans les dernières études.

M. Leclère avait estimé que l'exploitation de la houille au Yunnan pouvait être évaluée approximativement à 6 ou 7 fr. la tonnes, rendue au chemin de fer (dont 2 fr. pour la main d'œuvre). Le transport de Yunnan-sen ou de Mong-tzé à Hai-phong, sur 6 à 800 km., ajouterait 20 à 30 fr. M. Lantenois arrive à des chiffres analogues : 25 fr. pour la houille de Ni-ou-ké et 28 pour celle d'Hai-kéou, rendue à Hai-phong.

Mais ces deux ingénieurs diffèrent absolument sur la conclusion. Tandis que le premier parlait de concurrencer la houille anglaise, le second fait remarquer avec raison que le cardiff est un charbon de luxe réservé aux marines de guerre, contre lequel les briquettes de Hongay ne peuvent lutter à Hong-kong et que le véritable charbon en cause est le japonais, dont le bas prix ne permettrait pas aux houilles du Yunnan, trop défavorablement situées, de lutter pour l'exportation.

Houille au Sé-tchouan. — Cette province renferme diverses petites exploitations de houille. M. Duclos cite celles des environs de *Kia-ting* qui alimentent les salines du même nom et dont les produits sont également exportés par le Fou-ho.

Un charbon analogue existe, paraît-il, aux environs de *Tsé-liou-tsin*; mais son extraction est interdite dans l'étendue du district salin.

Aux environs de *Pien-hien*, la production est assez importante et les Chinois fabriquent un peu de coke.

En même temps, il existe une certaine quantité de minerai de fer sous la forme de carbonate de fer lenticulaire à 35 p. 100.

Ce minerai est expédié dans les hauts fourneaux de la région entre Ho-tchéou et Tchoung-king et près de Tchoung-king. Ces petits fours peuvent passer 3 à 4 t. de fonte par jour.

On fait quelquefois subir un affinage à la fonte et il existe même, en aval de Ho-tchéou, de petites aciéries.

Fer au Yunnan. — Nous rapprocherons le fer des combustibles, malgré le peu d'importance que son industrie présente aujourd'hui et présentera sans doute pendant bien des années encore. Ici encore, M. Lantenois se montre pessimiste et ne croit pas à la possibilité de créer avant longtemps une industrie sidérurgique au Yunnan : le chemin de fer devant avoir plutôt pour premier résultat d'introduire du fer étranger à bas prix et de tuer le peu de métallurgie locale. M. Leclère était d'un avis différent et faisait remarquer : 1° l'existence de minerais de fer au voisinage des bassins houillers, par exemple les filons d'hématite de Mi-tsao et surtout les minerais encaissés dans les terrains anciens de la région du Fleuve Rouge, à Trinh-thuong, etc. ; 2° le goût des Chinois pour le fer dont ils

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ont déjà l'habitude de se servir et qu'ils utiliseront volontiers pour leurs constructions, à la place du bois manquant ; 3° l'aptitude des Chinois à faire des métallurgistes, comme on a pu le voir à la grande aciérie que la Société Cockerill a installée près d'Hankéou et que des causes indirectes de nature administrative ont seules paralysée.

Actuellement, l'exploitation des minerais de fer a lieu dans les régions du Yunnan qui renferment encore des forêts, pour la fabrication de la fonte au bois et pour celle de l'acier par cémentation avec des méthodes de travail souvent fort originales. Le prix de revient du fer au bois dans le pays est d'environ 250 fr. la tonne. Aussi est-il si recherché qu'on vend couramment les vieux clous extraits des caisses européennes et qu'on a toutes les peines du monde à défendre les fils télégraphiques contre le pillage.

Au Nord-Est du Kouei-tchéou, la métallurgie locale utilise des nodules ferrugineux provenant du rhétien, qui forment souvent des nappes étalées à la surface du sol et se trouvent dans des conditions industrielles favorables, dans le même niveau géologique que la houille. Le dinantien de Lou-pou, dans la même région, renferme de gros rognons de sidérose.

Cuivre au Yunnan. — Le cuivre a été le métal le plus recherché par les Chinois en raison de la nécessité où était le trésor impérial de se fournir ce métal précieux, seul utilisé comme numéraire. Historiquement, on sait que l'exploitation du cuivre dans le Yunnan et le Sé-tchouan date au moins de 1000 ans et il est bien certain qu'elle est plus ancienne. Au milieu du XVIIe siècle, le désir de posséder ces mines a été la cause principale de l'occupation chinoise dans ces pays. La Régie impériale, chargée de la fabrication du métal, y a été organisée alors et a fonctionné avec la réglementation la plus minutieuse. Il y avait, à cette époque, 54 mines pouvant donner plus de 5.000 t. Aujourd'hui encore, le cuivre du Yunnan est le seul métal monnayé dans tout l'empire. Son cours correspond à peu près rigoureusement à son poids. La Régie chinoise paye environ 1 fr. le kg. Il en résulte donc que la hausse du cuivre à l'étranger, comme celle qui s'est produite en 1906 et 1907, détermine l'exportation des sapèques, avec un grand trouble dans le commerce du pays. La production totale, obtenue par réduction au charbon de bois, n'est plus maintenant estimée qu'à 1.000 ou 1.500 t. par an. Cette diminution, paraît-il, ne serait pas seulement due à l'épuisement des gisements dont il y aurait encore des réserves considérables, mais aussi à la disparition des forêts, qui ne permet plus en général le traitement sur place et ne laisse exploitables que les minerais assez riches pour valoir un transport. Il faut, dit-on, en général, de 20 à 30 p. 100 de cuivre pour que le minerai soit accepté dans les lits de fusion. La conséquence est l'accumulation, sur le carreau des mines, de minerais à 10 ou 15 p. 100 qui peuvent constituer une réserve intéressante le jour où les combustibles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

minéraux accèderont plus facilement vers les mines, ou les minerais vers les centres houillers. On pourra également alors compter sur des stocks importants de scories anciennes à 3 p. 100 de cuivre : teneur qui représente la moyenne normale des minerais eux-mêmes dans la plupart des grandes mines européennes.

Les principaux centres d'extraction sont d'abord le district de *Toung-tchouan, Lou-pou* et *Tchao-toung,* au Nord d'Yunnan-sen, où le groupe de *Ta-mé-ti* (Tang-tan) produit 500 t. M. Duclos signale de ce côté une dizaine de mines, dont l'une à *Tchan-ka* aurait fourni des blocs de cuivre natif. Les mines du Sé-tchouan, sur l'autre rive du fleuve, sont rattachées au même groupe. Plus à l'Ouest, vers 97° et 27°, le district de *Ouei-si*, près de Li-kiang, possède une importance analogue (5 à 600 t. par an). On cite aussi la circonscription de *Ouei-ning* (ou Ouei-lin), située au Kouei-tchéou, mais administrée encore par le bureau de Yunnan-sen, qui produit surtout du zinc et du plomb. Les mines de cuivre principales sont, d'après M. Duclos, celles de Toung-tchang-ho, Tang-ta-tchang, Ma-kon-ho.

En se rapprochant de Yunnan-sen, il existe, soit à l'Ouest vers I-men, soit au Sud-Est d'I-léang vers *Mong-tzé* et au Sud à *Ko-tiou,* des régions métallisées en cuivre, sur lesquelles l'existence de très nombreuses mines, pour la plupart abandonnées, a attiré l'attention quand il s'est agi de décider le tracé de la ligne aboutissant à Yunnan-sen. Nous décrirons spécialement ces gisements quand il sera question de métallogénie. Industriellement, la plupart d'entre eux semblent disséminés, pauvres et d'une valeur pratique secondaire. Les seules mines qui paraissent susceptibles de quelque développement sont celles de Lou-nan, dont M. Lantenois évalue le maximum de production possible à 1.000 ou 1.500 t.

Si l'on envisage l'ensemble des gisements étudiés dans ce chapitre, on peut admettre qu'un grand nombre de mines de cuivre augmenteront facilement leur production le jour où une voie ferrée leur apportera le combustible. Il ne sera pas nécessaire, pour cela, de changer la forme chinoise d'exploitation ; mais la métallurgie se transformera d'elle-même, par l'emploi de la houille, de manière à diminuer le prix de revient et pouvoir traiter les minerais pauvres inutilisés. Actuellement, avec une dépense de combustible montant à 320 fr., le cuivre pur, de qualité tout à fait supérieure, revient, rendu à Pékin par le Fleuve Bleu, à environ 900 fr. la tonne. On a donc prévu, pour l'avenir, une production de 10.000 t.

Au Sé-tchouan, le cuivre consommé vient surtout du Yunnan ; il y a pourtant, près de *Moupin*, une petite exploitation qui donne, en même temps, de la galène argentifère et des traces d'or.

Etain au Yunnan. — La richesse en étain du Yunnan était fameuse avant l'occupation française des régions limitrophes, et l'on avait fondé de grands

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

espoirs sur la mise en valeur de ces gisements. Il semble, d'après les explorations plus précises, qu'il faille singulièrement en rabattre, au moins dans l'ensemble, et que ces gîtes soient, au contraire, voisins de leur épuisement. Il y a longtemps qu'ils sont exploités, ainsi qu'il est naturel dans un pays où la fabrication du bronze est aussi ancienne et aussi célèbre qu'elle l'est en Chine, où je ne sache pas que l'on ait trouvé ailleurs d'étain en quantité sérieuse. Actuellement, environ 30.000 individus travaillent encore dans les montagnes comprises entre Mong-tzé, Lin-ngan et le Fleuve Rouge, surtout autour de *Ko-tiou*, pour produire quelques 3.000 t. d'étain brut. Le traitement, qui se fait au charbon de bois, n'est gêné que par le manque d'eau pour le lavage. Le bas prix de la main d'œuvre permet de pousser l'extraction de l'étain jusqu'à ses dernières limites, et le monopole commercial que se sont assuré les commerçants de Hong-kong sur cette production, payée par échange de marchandises, leur permet d'attribuer à l'étain, sur le marché de Mong-tzé, un prix supérieur à sa valeur intrinsèque. Tout semble indiquer plutôt une diminution de l'extraction qu'une augmentation dans l'avenir. C'est, d'abord, la nature des gisements : filons, dont on a exploité jusqu'ici la partie superficielle altérée, où l'enrichissement en étain s'est produit avec élimination d'impuretés, qui tendent à augmenter quand on s'enfonce (arsenic, cuivre, plomb, mélangés, sous forme de sulfures, à la cassitérite dans le gîte originel). Puis les conditions commerciales seront également plus défavorables avec l'organisation de transports par chemin de fer pour une substance dont la grande valeur rend ces frais de transport relativement insignifiants et qu'on échangeait sur place contre des marchandises dont la valeur va diminuer.

On ne peut pas non plus compter que le prix de la main-d'œuvre se maintiendra à son taux infime actuel de 7 à 8 fr. par mois, riz en sus. Les perfectionnements européens dans la métallurgie et surtout dans le raffinage, que l'on pourra faire sur place le jour où l'on aura du combustible, semblent devoir compenser difficilement ces causes de majoration ; et, d'autre part, actuellement, aucun des patrons mineurs chinois ne s'enrichit.

Le résultat des études faites sur place est qu'il est à peu près impossible de changer la méthode d'exploitation de ces mines, qui constituent une sorte de mine aux mineurs, pour la remplacer par une grande exploitation européenne : d'abord, parce qu'on se heurterait à des obstacles presque insurmontables de la part de la population ; ensuite, parce que la nature même, très disséminée et irrégulière, du gîte s'y prête mal. On a plutôt étudié l'organisation de la préparation mécanique et de la fusion, avec la vente qui pourrait laisser des bénéfices. Actuellement l'étain part pour Hong-kong et est vendu sur la mine environ 1.000 fr. la tonne, tandis que l'étain pur monte à 3.000 et 4.000 fr. en Europe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Comme débouché local, on peut prévoir l'utilisation sur place pour la fabrication des fers-blancs, notamment pour boîtes de conserves.

Mercure au Kouei-tchéou. — Les gisements de cinabre sont nombreux et célèbres dans la province de Kouei-tchéou (Kwei-Chau). M. Riault a notamment étudié les mines de *Pé-ma-tong*. Ces gisements, sur lesquels un syndicat européen a fait une tentative récente, ont été l'objet d'une très ancienne exploitation, avec un triage très minutieux à la chinoise, qui, employant une main-d'œuvre d'un bon marché exceptionnel, a permis d'utiliser les minerais les plus pauvres. Le mercure a en Chine une ancienne réputation, qui a certainement contribué à le faire rechercher avec un soin extrême, comme cela s'est passé pour le cuivre. On sait, en effet, la renommée universelle du vermillon chinois. Ce vermillon est employé, soit comme couleur rouge, soit comme fard, soit comme produit pharmaceutique (vermifuge, etc.). Comme matière colorante surtout, il joue un rôle considérable dans la décoration, dans la fabrication du papier peint, etc. Cette industrie du mercure produisait autrefois environ 1.000 t. dans le Kouei-tchéou. Vers 1848, à peu près toutes les mines ont été fermées et n'ont plus fait l'objet que de précaires tentatives de reprises. Aujourd'hui on est arrivé, au contraire, à importer 1.000 t. de mercure : ce qui laisse supposer un épuisement complet des minerais, au moins dans leur partie abordable par les procédés chinois.

L'abondance des affleurements cinabrifères et l'ancienneté des travaux faits sur eux par les Chinois ont, depuis longtemps attiré sur cette industrie l'attention des Européens, et, dans ces dernières années, on a fait, sur certains d'entre eux, à Kai-tchéou (ou Pé-ma-tong), des essais de reprise industrielle[1] dont je ne crois pas que le résultat ait été bien brillant malgré certaines réclames sensationnelles.

Dans la plupart des cas, il est fort douteux que la teneur soit rémunératrice pour des capitaux européens.

Or au Yunnan et au Kouei-tchéou. — Les mines d'or sont très nombreuses sur une zone de plissements Nord-Sud, qui suit la frontière du Tibet et celle de la Birmanie en se prolongeant vers le Laos. Les mines de Ta-lan, près de Sé-mao (23°, 99°) sont les seules exploitées dans le Yunnan. Sur le Fleuve Bleu (Kin-cha-kiang), à 100 km. en aval de Tali, il travaille environ 500 orpailleurs qui peuvent produire 1 à 2 déc. d'or par jour.

Plomb au Yunnan. — D'après M. Duclos, le district de Toung-tchouan du Yunnan produit, à *Kong-chan-tchang*, 1.200 t. de zinc et 900 t. de plomb.

Près de *Ouei-ning* (Kouei-tchéou), la fabrication du plomb, très ancienne, utilise des affleurements carbonatés. Près de *Ko-tiou* (Yunnan),

[1] L'Anglo-french quicksilver and mining concession ld. a été formée en 1906, au capital nominal de 7.500.000 fr. pour reprendre les affaires d'une autre société de même nom, créée en 1899, et exploiter surtout les mines dites de Wen-Shan-Chiang.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le filon de Long-téou-tchai a été activement exploité jusqu'à la baisse de l'argent. La production annuelle de plomb est d'environ 3.000 t.

Au Kouei-tchéou, la mine de plomb et de zinc de *Tcha-tsé-tchang*, à peu près abandonnée, a dû jadis avoir une grande importance. Le gisement paraît être dans des calcaires sous forme de poches avec calamine et argile calaminaire et limonite : le tout dérivant de sulfures complexes altérés. A *Ma-lou-kio* (Kouei-tchéou), on a installé une petite usine pour traiter les minerais zincifères du gisement précédent, par un procédé analogue à celui de la Vieille Montagne, en utilisant la houille du voisinage.

Zinc. — Quelques gisements calaminaires sont exploités près de *Kiu-tsing* et de *Ouei-ning*. Avec des procédés de distillation extrêmement imparfaits, on arrive à extraire par an environ 2.500 t.

Les métallurgies du plomb, du zinc et de l'argent, sont actuellement comprises dans le monopole de la Régie impériale. Le développement des mines de ce genre, qui semblent peu importantes, ne saurait avoir lieu que dans une phase ultérieure, après la création préalable de centres industriels déterminés par la présence du cuivre.

Cobalt. — Le cobalt est exploité depuis longtemps, sous la forme de manganèse cobaltifère (asbolite), analogue aux « truffes » de Nouvelle-Calédonie et aux minerais de Voel-Hiraddog, au Nord de Toung-tchouan (Yunnan), dans une région qui est, en même temps, cuprifère. Il fournit la célèbre couleur bleue des porcelaines du Kiang-si.

Réalgar. — Les filons de réalgar sont abondants au Sud de Ta-li à Mong-hou, c'est-à-dire tout à fait dans l'Ouest du pays et produisent environ 200 t. de réalgar pur par an.

Antimoine. — La région stannifère de Mong-tzé, renferme des filons d'antimoine inexploités, analogues à ceux de la zone littorale du Tonkin explorés autrefois par M. Bavier-Chauffour.

Phosphates. — Le dévonien supérieur, à faciès fréquemment oolithique, présente un niveau phosphaté dans le Yunnan, qui se retrouve sur la bordure du Delta Tonkinois au Sud-Ouest de Hanoï et, d'après un sondage, passe à environ 100 m. de profondeur à Haïphong. Les Chinois en utilisent, depuis longtemps, les fossiles dans leur pharmacie.

Sels. — Nous remettons, comme d'habitude, l'étude des gisements salins au ch. XXII, spécialement consacré à ces substances.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE IX

L'INDUSTRIE MINIÈRE AU JAPON [1]

Le Japon a pris, dans ces dernières années, un développement industriel, dont les progrès sont suffisamment connus pour qu'il suffise de les rappeler. A tous égards, dans l'ordre économique comme dans l'ordre politique, ce vieux pays, si rapidement rajeuni, vise à occuper le premier rang en Extrême-Orient, et sa situation insulaire appelle, avec celle des Iles Britanniques en Europe, une comparaison facile, qui n'est ni pour contrarier ni pour surprendre l'orgueil japonais. Mais, si l'Angleterre est ce qu'elle est, elle le doit moins à sa situation géographique privilégiée pour le commerce maritime, ou à certaines qualités morales de ses habitants, qu'à la supériorité incomparable de son domaine minier. Un pays moderne ne vit que par la houille et, plus il a de houille, plus il a de facilités pour prospérer. La houille blanche ne remplace encore qu'imparfaitement la houille noire. La France, on le sait assez, souffre et est paralysée par sa pauvreté relative à cet égard. La question préjudicielle qui se pose pour le Japon est celle de savoir si ses mines de charbon lui permettront, tant de se faire le fournisseur de l'Extrême-Orient que de se créer une industrie sidérurgique propre.

[1] Les principales **mesures** usitées sont : pour les *monnaies*, le yen d'or = 2,55 fr., divisé en 100 sens; pour les *poids*, le kin = 601 gr., le kwan = 3,756 kg., divisé en 1.000 mommé ou mé, le mommé = 3,756 gr. divisé en 10 fun ; le pical malais = 60,45 kg.; pour les *capacités*, le koku = 180,39 lit. (pour le pétrole) pesant environ 145 à 150 kg., divisé en 10 tos de 18,039 lit., divisés chacun en 10 shôs et en 100 gos ; pour les *longueurs*, le djô de 3,03 m. divisé en 10 shakus (pieds), en 100 suns (pouces), en 1.000 bus, en 10.000 rins de 0,03 mm. ; pour *les itinéraires*, le ri de 3,927 km., divisé en 36 chos (Voir, *les mines du Japon*, 1900, p. XVI).

BIBL. — 1893. TSUNASHIB WADA. *The Mining Industrie of Japan during the 25 years* 1867-1892. Tokyo, 206 p. — 1899. JIMBO, KOTORA. *Notes on the minerals of Japan*. (Journ. Sc. Coll. Imp. Tokyo, t. XI, p. 213-281). C. R. Z. p. G. 1900, p. 153. — 1898. JORDAN. *Note sur l'ind. miner. au Japon*. (Ann. d. M. 9e, t. XII, p. 530 à 557. — 1899. HERTZ. *Aus der Montanindustrie und der chemischen Industrie Japans*. (Z. f. angew. Chemie. 12, p. 288 à 291-1900. — *Production minérale du Japon de* 1892 *à* 1897. (Bull. Ann. Min., 10e, p. 378). — 1900. *Les mines du Japon* (Expos. Univ. de 1900, 545 p.). Cet ouvrage donne une série de descriptions techniques des principales mines japonaises, classées par métal, avec une carte d'ensemble. — 1902. DAVIDSON. *Die japanische Montanindustrie* (Fer et Ch.) (Oest. Z. f. B. u H., p. 249-278). — 1904. HEURTEAU. *Note sur l'usine de Wakamatsu*. (Ile de Kiushiu, Japon) (Ann. d. M. Xe, t. VI, p. 102 à 113, 7e liv.). *Les charbons du Japon, du Pétchili et de la Mandchourie*. (Ann. d. M., Xe, t. VI, p. 151, 8e liv.).

UNIVERSITE DE PARIS-GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Actuellement, comme nous allons le voir, le Japon a pris l'avance à cet égard ; peut-être a-t-il même un peu ambitieusement mis les bouchées doubles et devancé les étapes naturelles de son développement. Il a voulu se créer des usines à fer, et, tout en luttant fort péniblement contre leurs concurrentes d'Amérique ou d'Angleterre, celles-ci existent [1]. Il a plus logiquement développé des mines de houille, dont la production croissante à bas prix a, peu à peu, refoulé les charbons anglais. Mais il n'est pas certain que ces gisements charbonneux, d'un développement restreint et d'une qualité malgré tout secondaire, comme nous allons le voir, lui permettent de lutter toujours contre la Chine le jour où celle-ci serait entrée dans une voie moderne, comme ils donnent le moyen de lutter contre les charbons d'Australie, du Tonkin ou même de l'Inde. Hokkaido, qui a les ressources les plus abondantes, est mal situé et fournit surtout la consommation intérieure. Kiou-Siou, plus avantageusement placé, travaille avec une rapidité inquiétante pour l'avenir. Le remède, pour les Japonais, est d'absorber, dans la mesure du possible, ce qu'il y a pour eux d'assimilable en Chine, et c'est à quoi ils visent, comme on le sait. Les ressources hydrauliques très abondantes de leur pays sont, en outre, tout naturellement indiquées pour un emploi de l'électricité, qui se généralise dans l'exploitation locale, notamment dans les mines, mais qui ne peut donner lieu à une exportation.

L'industrie minière du Japon est très vieille, comme celle de la Chine, et la plupart des gisements, surtout quand il s'agit du cuivre, exploités d'après la tradition depuis le VIIIe siècle, y ont été anciennement reconnus. On a également exploité de longue date, et surtout au XVIIe et au XVIIIe siècle, du plomb argentifère, de l'or, de l'antimoine, du charbon. Mais le développement de cette industrie sous une forme européenne est très récent, comme le montreront les indications historiques données plus loin pour quelques mines principales ; et là, comme en tout, le Japon s'est, en quelques années, improvisé un outillage et des installations. Par exemple, dans le grand bassin charbonneux de Chikukho (Kiou-Siou), la découverte des « pierres noires » combustibles remonte, dit-on, entre 1751 et 1763. Les premières tentatives d'exploitation datent de 1880. Enfin, les principales mines, Shinnyu, Namazuta, etc., ont pris leur développement depuis 1889.

Il n'y a pas encore fort longtemps que l'on en était encore, au Japon, pour l'exploitation du fer, à cette phase primitive des métallurgies où l'on sépare par lavage, dans des sables alluvionnaires, des grains de magnétite provenant des roches, pour les fondre ensuite dans de petits bas-foyers [2]. C'est de là que l'on est passé tout d'un coup à des usines

[1] La difficulté est dans la faible consommation du fer à l'intérieur du Japon, où l'on a gardé l'habitude du bois et dans l'avance prise par l'industrie européenne.

[2] Voir 1871. Sévoz (Ann. d. M., 7e sér., t. VI, p. 349).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avec Bessemer, fours Martin, laminoirs, etc., comme celle de Wakamatsu (au Nord de Kiou-Siou), dont l'existence demeure, il est vrai, un peu artificielle. Nous allons passer en revue, avec quelques chiffres statistiques, les principaux éléments actuels de la production minière japonaise en commençant par les combustibles, houille et pétrole, et continuant par les métaux, parmi lesquels on peut dire de suite que le cuivre joue un rôle tout à fait prédominant.

Houille et fer. — Le Japon, comme nous le verrons, ne présente pas de houille primaire analogue à celle qui forme la richesse de nos gisements européens ou de ceux des États-Unis. Ses charbons sont, ou secondaires, ou tertiaires (les seuls activement exploités étant même tertiaires) et il en résulte pour eux une certaine infériorité de qualité qui est cependant, nous avons déjà eu l'occasion de le dire souvent, bien moindre qu'on ne l'aurait pu croire d'après de trop sommaires théories anciennes. On peut, à cet égard, se demander dans quelle mesure le métamorphisme général dont ont été affectés les terrains du Japon, à l'exception du pliocène, a pu contribuer à « vieillir » ses combustibles. Théoriquement, nous verons plus tard qu'il existe au Japon des combustibles d'âges très divers à partir du trias jusqu'à la fin du miocène. Pratiquement, la presque totalité des houilles exploitées sont miocènes, un petit nombre (à Hokkaido) supracrétacées. Les houilles triasiques ou jurassiques ne jouent qu'un rôle très insignifiant.

La production de la houille au Japon était de 3 millions de tonnes en 1892, 5 millions en 1897 ; elle est montée à 9 millions en 1902, 13 millions en 1907, et, en 1908, à 14.527.000 t. valant 160 millions de francs. On voit qu'en seize ans elle a presque quintuplé [1]. Et l'on peut même se demander si ce développement tellement intense ne deviendra pas bientôt disproportionné avec les ressources disponibles.

En 1902, on consommait 6,5 millions au Japon, où il arrivait en outre 3 millions de tonnes de l'étranger ; inversement, 3 millions étaient exportés sur toute la côte asiatique de Vladivostok à Singapour, surtout en Chine et à Hong-kong ; la consommation intérieure, malgré son énorme développement, ne dépassait pas encore 9 millions de tonnes. D'année en année, les exportations s'accroissent, la consommation locale ne suivant pas la marche si rapide des mines, et les charbons japonais, placés dans des conditions d'exploitation remarquablement favorables, prennent, comme nous l'avons vu plus haut, une importance de plus en plus grande en Extrême-Orient [2].

[1] Voir, sur cette question, deux articles de M. Heurteau dans les *Annales des mines* (7 et 8e livraisons de 1904). Voir plus loin, pour la houille, p. 396, avec cartes.

[2] Pages 54 à 58.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les charbonnages ayant contribué, pour plus de 100.000 t., à cette production, étaient, en 1899, répartis par région, les suivants :

Préfecture de Fukuoka (Nord de Kiou-Siou) : Total 4.468.900 t.
(Bassin de Chikuho et de Miiké).

Miiké	712.564
Namazuta	206.711
Shinnyu	191.714
Akaiké	168.212
Nara	163.630
Daijo	151.019
Kaneda	108.160
Kawamiya	100.888

Préfecture de Saga (Kiou-Siou) : Total 520.849 t.
(Bassin de Hizen).

Yoshitani	87.384

Préfecture de Nagasaki (Kiou-Siou) : 44.858 t.

Takashima	165.232

Hokkaido : Total 633.282 t.

Yubari	259.794
Sorachi	149.377
Horonaï	121.788
Kami-Otaushinai	113.975

Nous ne possédons pas les chiffres aussi détaillés pour 1908; mais nous voyons que, sur un total de 14.527.000 t., la préfecture de Fukuoka (Chikuho et Miiké) a contribué à elle seule pour 8.450.000 t.; celle de Saga (également dans le Nord de Kiou-Siou), pour 864.000 t.; et celle de Nagasaki (Kiou-Siou), pour 270.000 t. D'autre part, Hokkaido en donne 1.300.000 t., et, dans la grande île, la préfecture de Fukushima, 863.000 t.

Suivant les années, l'île de Kiou-Siou fournit 70 à 80 p. 100 du charbon japonais.

Les charbonnages de la préfecture de *Fukuoka*, dont nous venons de voir le rôle tout à fait prépondérant, sont groupés en deux bassins principaux assez voisins l'un de l'autre : celui de Chikukho (ou de l'Ononga-Gawa), sur les deux provinces de Chikuzen et de Buzen et celui de Miiké, plus au Sud, dont les produits ont, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, une réputation très répandue. On peut ajouter le groupe connu par son port d'embarquement de Karatsu (préf. de Saga). La majeure partie de l'industrie houillère japonaise se trouve ainsi très concentrée.

Chikukho, dont les principales mines sont Namazuta, Shinnyu, etc., a donné 6 millions de tonnes en 1905; *Miiké*, qui produisait 712.000 t. en 1899, a atteint 1.500.000 en 1905.

Dans le bassin de Chikuho, le charbon contient 40 à 45 p. 100 de matières volatiles avec 3 à 6 p. 100 de cendres, et, d'ordinaire, beaucoup

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'eau; son pouvoir calorifique est de 7 à 8.000 calories. Il y a généralement deux couches : l'une de 1 m. à 1,50 m.; l'autre de 1,50 m. à 2,40 m.

L'île du Nord, *Hokkaido* (autrefois Yéso), renferme un long affleurement de charbon tertiaire (Yubari, Horonaï, Sorachi) très gras et assez pur, qui fournit près de 1 million de tonnes et dont il existe, dit-on, près de 600 millions de tonnes.

Enfin, dans la *grande île*, les provinces de Hitachi et de Nagato fournissent un peu de charbon miocène (450.000 t. à Iwaki), qui est de qualité médiocre et utilisable seulement pour la consommation locale.

Le tableau ci-dessous résume les qualités des charbons japonais d'après le service officiel du Japon.

Tableau des charbons japonais.

BASSINS	CHARBONNAGES	ÉPAISSEUR de la couche.	EAU	MATIÈRES volatiles.	COKE	CENDRES
Bassin de Chikuho (Kiou-Siou)	Shinnyu	1m	3,41	42,76	48,46	5,37
	Akaiké	1m,60	2,64	43,99	50,44	2,93
	Namazuta-Chirimen		1,66	42,50	52,68	3,16
	Miiké	2m,60	0,70	42,15	48,85	3,30
Bassin de Hizen (Kiou-Siou)	Takashima		0,98	39,08	53,42	6,43
Bassin de Ishikari (Hokkaido)	Yubari		1,46	41,89	57,4	4,57
	Horonai		5,69	42,19	48,80	3,92
Bassin de Hitachi-Iwaki (Grande-Ile)	Shiramizu		5,06	44,36	40,81	8,75

En résumé, le charbon ne manque pas au Japon; les mines de Kiou-Siou et d'Hokkaido peuvent fournir en grandes quantités une houille grasse, qui, tout en étant trop riche en matières volatiles pour une production économique de vapeur, peut être néanmoins utilisée comme charbon à vapeur et à gaz et comme charbon de soute. Les prix franco à bord varient de 15 à 25 fr. Le prix de revient sur le carreau de la mine est d'environ 7,15 fr. à Chikuho et 5,10 pour Miiké. Le large développement des côtes et l'activité de la navigation au Japon permettent, d'autre part, la concentration facile, sur un même point, de la houille et du fer, c'est-à-dire la création d'usines métallurgiques; néanmoins, malgré des efforts énormes de la part du gouvernement, cette question du fer, à laquelle nous passons maintenant, est encore très peu avancée.

Dès 1875, cependant, le gouvernement avait fait construire, par des ingénieurs anglais, une première usine située à *Kamaïchi* (Rikuchu), au Nord-Est de la grande île, au voisinage de quelques amas de magnétite aujourd'hui presque épuisés. L'usine, qui coûta 12.500.000 fr., dut

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

être recédée en 1887 pour 100,000 fr. à un industriel, qui la ferma peu après.

En 1891, on a fait établir par des ingénieurs allemands une seconde usine à *Wakamatsu*, dans l'île du Sud (Kiou-Siou), non plus près des mines de fer, mais près du bassin houiller du Chikuho, à l'Ouest du port exportateur de Moji. L'usine, qui est, paraît-il, fort belle et très moderne, avec 2 hauts-fourneaux, fours à coke, aciérie Bessemer, aciérie Martin, laminoirs, etc., a coûté plus de 70 millions de francs. En 1903, on n'a pu arriver à lui faire produire plus de 35.000 t. de produits finis, dont 30.000 t. de rails; l'un des hauts-fourneaux, après avoir marché deux ans à une production restreinte, a dû être arrêté deux autres années et le second n'avait pas alors été allumé; les deux convertisseurs Bessemer de 10 t. ne fonctionnaient à cette époque que par intermittence.

Cette usine est surtout alimentée par les mines de fer chinoises de Tayeh (Houpé), qui lui fournissent des magnétites hématisées à la surface, à teneur de 65 p. 100; il vient également un peu d'hématite friable d'Akagane, près Niigata, sur la côte Ouest de la grande île, de Yanahala (grande île) et de la Corée. D'une façon générale, le Japon ne paraît pas riche en grands gisements de fer et l'on a plutôt tendance à abandonner les anciennes mines devant la concurrence des minerais étrangers qu'à en accroître le nombre. Mais la plus grande difficulté pour l'usine est la question commerciale. La production du train à rails et à poutrelles, qui pourrait monter facilement à 90.000 t., n'a, comme contre-partie dans le pays, qu'une consommation de 60.000 t. de rails et pas de poutrelles. Il est évident que le Japon aurait, pendant longtemps, à meilleur compte du fer et de l'acier en s'adressant aux nombreux fournisseurs concurrents de l'Europe et de l'Amérique. La question nationale, dont l'importance apparaît spécialement dans une période comme celle que traverse aujourd'hui le pays, justifie seule, pour le moment, une semblable tentative métallurgique, qui ne pourra trouver sa rémunération industrielle que dans un lointain avenir.

Nous traiterons dans un autre chapitre la question du *pétrole* japonais, dont la production a atteint, en 1908, 3 millions d'hectolitres, valant près de 17 millions de francs.

Métaux divers. — Si nous passons aux métaux, nous voyons que le Japon en est encore à la phase industrielle où l'on exploite seulement les métaux dont le prix est le plus élevé : l'or, l'argent et le cuivre. Quoique les types de filons représentés soient surtout, comme nous le verrons, des filons cuprifères, le plomb et le zinc ne doivent pas manquer; mais on n'a pas encore considéré leurs minerais comme valant la peine d'être exploités séparément.

D'une façon générale, on doit prévoir, pour les mines auro-argenti-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fères du Japon, dans un avenir assez prochain, l'épuisement ordinaire des minerais riches superficiels et la nécessité de passer à une phase ultérieure qui s'impose partout dans l'histoire des gisements analogues, par exemple au Mexique : celle où, après avoir traité longtemps, à peu de frais, les minerais triés et naturellement enrichis de la surface, on est obligé d'aborder l'exploitation en grand, avec des moyens plus économiques, des minerais pauvres. Dans un vieux pays fortement minéralisé, cette seconde phase peut encore donner, le Mexique en est un exemple probant, des résultats très fructueux.

Cuivre. — Parmi les métaux, le cuivre vient, nous l'avons dit, en première ligne. Cette industrie qui, en 1892, représentait seulement 14 à 15 millions de francs (environ 20.000 t.) est montée, dès 1897, à 20 millions pour un tonnage analogue (par suite de la hausse du cuivre), en 1902, à 29.000 t. métriques, en 1906, à 37.000 t. valant 78 millions, en 1907, à 38.000 t. valant 85 millions, en 1908 à 41.400 t. valant 58 millions. Le tonnage a donc augmenté dans la proportion de 1 à 2,6 depuis dix ans.

Pour le cuivre, les deux principales mines productives sont celle d'*Ashio*[1] (Totsigi), au Nord de Tokio, qui fournit seule près d'un tiers du cuivre et celle de *Besshi*, dans l'île de Shikoku, qui contribue pour 20 p. 100 au chiffre total ; puis viennent une série de petites mines situées dans la province d'Akita, au Nord de la grande île (Osarusawa, etc.). Dans tous ces points, on exploite, comme nous le verrons, des veines de quartz avec pyrites de fer et de cuivre ; mais les conditions de gisements diffèrent. A Ashio, des veines nombreuses et complexes se trouvent à la limite des rhyolithes et des terrains paléozoïques. Ce sont des conditions dont on retrouve l'équivalent fréquent dans l'Ouest américain. A Besshi, on a, au contraire, dans les schistes cristallins, une grosse lentille de pyrites avec magnétite et quartz, analogue à celles que l'on rencontre dans certaines zones ramenées en profondeur de la Norvège, du Canada, de l'Afrique méridionale, des Alpes, etc. : lentille d'où l'on peut extraire des minerais entre 4 et 8 p. 100 de cuivre. Enfin, dans la région d'Akita, les filons plus nombreux et compliqués traversent le tertiaire avec un remplissage de sulfures divers, où l'on recherche les chalcopyrites parfois légèrement aurifères.

Les mines d'Ashio comportent une installation de préparation mécanique, des stalles et réverbères pour le grillage, des waterjackets pour la fusion et 4 convertisseurs Manhès pour le raffinage ; le métal est purifié aux environs de Tokio par la voie électrolytique.

L'importante mine de cuivre de *Besshi* a été découverte en 1690 et a atteint une production de 1.500 t. en cuivre affiné, en 1698. Puis la

[1] Liebenam. *Die Kupfer Grube von Ashio* (B. u. H. Z., p. 147-148).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

production a baissé peu à peu. En 1868, on était tombé à 300 t. La reprise, qui a eu lieu ensuite, a fait remonter la production de 1898 à 3.000 t. En 1907, cette mine a été l'objet de troubles violents.

Les travaux y descendent jusqu'à 544 m. de profondeur. On fait le grillage et 2 fusions successives : la première au water-jacket, la seconde au réverbère.

Argent. — La production d'argent a été de 5 à 7 millions de francs par an de 1892 à 1897, 15.400.000 en 1902, 8.868.000 en 1907, 11.413.000 pour 31.204 kg. en 1908. Parmi les mines d'argent, on cite surtout celle d'Innaï, au Sud de la préfecture d'Akita, qui vient déjà d'être signalée pour ses minerais de cuivre, celles d'Ikuno (Hiogo), de Kosaka, etc.

Or. — La production d'or a été de 3.000.000 francs en 1897, 8.500.000 en 1902, 9.500,000 en 1907, 12.240.000 en 1908. L'or vient en grande partie de la préfecture de Kagoshima, tout à fait au Sud de l'île la plus méridionale (Kiou-Siou), où il existe une série de filons quartzeux avec pyrites de fer et de cuivre et or natif, traversant des tufs andésitiques et des andésites amphiboliques.

Principales mines à métaux précieux. — Voici, d'ailleurs, quelques détails historiques et statistiques sur les mines les plus importantes d'or, d'argent ou cuivre, où ces trois métaux se trouvent souvent réunis. Nous allons les parcourir du Nord au Sud ; leur description géologique trouvera place, nous le rappelons, dans un autre chapitre.

En commençant par le Nord, la mine d'argent de *Kosaka*, dans le Nord de la grande île, avait commencé à être installée en grand, avant la révolution de 1867, par le Daimyo de Nambou. De 1870 à 1877, elle fut reprise par le gouvernement, concédée un moment à l'ancien prince de Nambou, qui la rendit à l'État, enfin, en 1884, concédée à un particulier qui lui a donné une brillante impulsion. La production de 1898 a été de 7.000 kg. d'argent et 325 t. de cuivre. Environ 600 ouvriers sont occupés par la mine et par l'usine (grillage chlorurant, procédé Austin, fusion pour mattes, affinage, extraction du plomb d'œuvre et coupellation).

La mine d'*Osarisawa* a eu une histoire fort ancienne qui, en dehors de son intérêt propre, nous montre comment les mines japonaises ont souvent dépassé déjà la période à métaux précieux abondants, que l'on commence ailleurs par trouver plus abondamment sur des gisements analogues. Osarisawa, après avoir été l'objet d'une exploitation ancienne, eut surtout sa période de prospérité, comme mine d'or, vers 1688. A ce moment, la prime payée au gouvernement local, en trois mois, aurait été de plus de 500.000 fr. (1.000 rios de 160 gr. d'or). De 1740 à 1760, on payait encore au Daimyo 1 à 2 millions de prime annuelle. Mais,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dès 1765, la zone altérée et enrichie en or des filons était épuisée et, depuis ce moment, on n'a plus travaillé que pour cuivre. En 1898, on a produit 750 t. de cuivre et 5 kg. d'or.

La mine de cuivre d'*Ani* remonte également, comme exploitation suivie, au début du XVIIIe siècle. Ici encore on a commencé par exploiter activement, de 1620 à 1650, des affleurements aurifères à Mukoyama. En 1897, on a produit 175 t. de cuivre brut plombo-argentifère et 3 kg. d'or.

La mine d'argent d'*Innaï*, découverte en 1606, très prospère entre 1830 et 1840, remise en état depuis 1878 et surtout depuis 1884, est aujourd'hui installée avec préparation mécanique, bocardage, amalgamation et fusion plombeuse. Elle est actionnée par l'hydro-électricité. Elle a fourni, en 1897 et 1898, par an, 13.600 kg. d'argent et 84 kg. d'or pour 55.000 t. de minerai.

Celle de *Tagonaï* a eu une histoire semblable jusqu'en 1840 ; épuisée alors, elle a été reprise en 1886 et a fourni, en 1898, 858 kg. d'argent.

La mine d'argent et d'or de *Handa*, au Nord de Fukushima, passe pour remonter à plus de mille ans, mais a surtout été exploitée depuis 1871, ou mieux depuis 1884. On y trouve des minerais triés à 8 p. 100 d'argent. Le traitement est fait par amalgamation.

Sur le même parallèle, mais dans une île située à l'Ouest du Japon, les mines d'argent et d'or de *Sado*, dont l'exploitation remonte à plus de mille ans, passent pour avoir épuisé leurs minerais riches superficiels. On y trouve de plus en plus de galène, blende et pyrite que l'on néglige. La mine principale de Sado est celle d'Aikawa. La production de 1897 a été de 207 kg. d'or, 2.862 kg. d'argent, 61 t. de cuivre et 3 t. de plomb.

La mine d'argent de *Kamioka* passe pour avoir fourni de l'or dès l'an 700. En 1580, on y organisa une première exploitation pour cuivre, plomb et argent. Une reprise, qui date de 1886, a donné, dans ces dernières années, environ 3.000 à 4.000 kg. d'argent par an, avec 400 t. de plomb et 30 à 40 t. de cuivre. On y a installé toute une préparation mécanique, des ateliers de grillage, fusion, coupellation, pattinsonage et lixiviation.

La mine de cuivre de *Yoshioka* aurait été, elle aussi, découverte en 807. Elle a eu une première exploitation régulière à partir de la fin du XVIe siècle et a été outillée à l'européenne en 1881. Sa production (1897) est de 703 t. de cuivre et 939 kg. d'argent.

Antimoine, Plomb, etc. — Parmi les métaux de second ordre, on peut citer l'*antimoine* dont on produit 600.000 fr. par an depuis plusieurs années, soit environ 500 t. (190 en 1905, 627 en 1906), qui ont surtout pour objet la consommation locale [1].

[1] Voir *Z. f. pr. Geol.*, 1901, p. 350 ; 1902, p. 39.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'antimoine est exploité principalement dans la région cuprifère de Saijo et de Besshi, dans l'île de Shikoku.

Puis viennent le *plomb* (627.000 fr. en 1902, 4.300 t. en 1906, 3.067 en 1906) ; l'*étain* (18 t. en 1902, 30 t. en 1907) ; le *mercure* (547 kg. en 1907) ; puis, comme substances minérales, le *soufre* (800.000 fr. à 1 million)[1].

Corée. — En Corée[2], l'industrie minière a pris un certain développement, dans ces dernières années, pour l'or, le cuivre, etc.

D'après une enquête officielle des Japonais, il y aurait actuellement en Corée 120 centres d'extraction portant tous sur des alluvions, d'où l'on aurait retiré, en 1905, 3.430 kg. valant 11.250.000 fr. Ce chiffre, qui paraît provenir surtout des évaluations douanières, serait peut-être à tripler pour approcher de la réalité. Les principaux placers sont dans le Hpyeng-an-to, où l'on trouve également quelques filons de quartz aurifère.

Parmi les exploitations aurifères, on cite la société anglaise de *Gwendoline*, dont le puits atteignait 115 m. en 1902. Cette mine exploite un filon de quartz à pyrite aurifère encaissé dans un calcaire. La même société travaille dans le district d'Unsan. Elle occupe environ 700 hommes. Ses mines sont desservies par Chinnampo et Ping-yang. Une société allemande travaille également à Tangoka (Kun-sang) pour exploiter de l'or et occupe 500 Coréens.

[1] Voir 1899, *Z. f. pr. G.*, p. 31 ; *ibid.*, 1901, p. 352. 1907. 639. — M. Glasenapp, *Ausfuhr von Manganerz aus. Japan* (Rigasche Industrie Ztg. 1907, p. 14).

[2] 1902. *Z. f. pr. Geol.* p. 39. — 1907, *La Nature*, n° 1754. — Voir la bibliographie géologique, au chapitre XXXII.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

DEUXIÈME PARTIE

LA GÉOLOGIE DE L'ASIE

A. ÉTUDES D'ENSEMBLE. — STRATIGRAPHIE ET TECTONIQUE

CHAPITRE X

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ASIE. ÉVOLUTION DE LA PALÉOGÉOGRAPHIE. ÉTUDE DE LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE EN ASIE

L'histoire géologique de l'Asie comprend deux parties principales que nous allons étudier dans ce chapitre et dans le suivant : 1° Stratigraphie; 2° Tectonique.

Ici, nous allons commencer par retracer brièvement l'histoire de la série stratigraphique en Asie, prenant les étages géologiques l'un après l'autre, comme on le fait d'ordinaire dans les traités de géologie classiques, et résumant, à leur propos, ce qu'il pourra nous être utile ensuite de connaître sur leur répartition géographique dans ce continent et sur leur faciès. Il va de soi que nous n'entrerons pas, à ce sujet, dans des détails qui sortiraient de notre cadre et que, pour les coupes détaillées comme pour les listes de fossiles, nous renverrons à des ouvrages généraux qui sont entre toutes les mains. Mais nous insisterons avec quelque soin sur ces caractères de la sédimentation qui permettent de reconnaître, soit l'origine marine, lacustre, fluviatile ou continentale d'un dépôt, soit encore la profondeur des eaux et le relief du sol ; car nous aurons là un élément d'investigation singulièrement utile pour analyser plus tard les concentrations de substances minérales utilisables. La position des rivages, qui a déjà par elle-même un si haut intérêt paléogéographique, sera ainsi un des points que nous essayerons de mettre en évidence. Nous ne craindrons pas, d'autre part, quand nous rencontrerons des faits intéressant la tectonique, de les signaler aussitôt et d'en tirer les conclusions, sans attendre le chapitre XI qui doit être spécialement consacré à cette disposition tectonique de l'Asie et où notre tâche se trouvera d'autant facilitée.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Beaucoup des faits que nous allons essayer ainsi de grouper sous la forme historique en envisageant, pour chaque époque, l'ensemble du continent asiatique, présenteront, nous ne nous le dissimulons pas, exposés dans cet ordre, une certaine confusion et, en même temps, une imprécision, à laquelle nous nous efforcerons de remédier ensuite en reprenant l'histoire complète et continue de certaines régions particulièrement intéressantes et mieux connues; mais il est utile, si imparfait que soit le résultat actuel, de chercher à se représenter, pour chaque période de temps, la configuration de l'Asie, tant pour apercevoir la position exacte d'une région déterminée par rapport aux mers et aux chaînes montagneuses des régions voisines, que pour faire ressortir le lien nécessaire, par lequel les mouvements en sens inverse des diverses régions se rattachent les uns aux autres, procèdent les uns des autres et souvent se font compensation.

Cela deviendrait même tout à fait nécessaire si nos connaissances sur l'Asie étaient assez avancées pour nous permettre d'étudier ici les substances minérales sédimentaires, d'origine probablement littorale, comme les minerais de fer et les phosphates, que nous serons forcés, dans l'état actuel, de laisser presque entièrement de côté.

Pour reconstituer une telle histoire des mers anciennes, il faut examiner une série de ces cartes paléo-géographiques (fig. 2 et 3), que l'on obtient avec un peu de patience en coloriant de la couleur mer ou de la couleur terre ferme les divers points où l'on a signalé des sédiments de l'époque en question, ou ceux, beaucoup plus rares, où des considérations diverses prouvent, au contraire, que la mer n'a pu exister à ce moment[1]. Quand on fait cet examen pour l'Asie depuis l'époque cambrienne jusqu'à nos jours, on est frappé de voir apparaître aussitôt quelques grands traits permanents de la configuration terrestre, qui se sont perpétués approximativement : l'un depuis le cambrien jusqu'au

[1] Nous nous contenterons ici de deux cartes, les connaissances sur l'Asie étant trop imparfaites pour permettre de les tracer avec la précision qui seule les rendrait intéressantes. Rappelons, à propos de ces cartes, quelques remarques critiques qui ne sont pas sans portée. Par suite de la méthode même employée nécessairement pour les tracer, les mers y occupent une place beaucoup trop petite, et cela non seulement parceque l'érosion a pu enlever leurs dépôts, mais aussi parce que les terrains de l'époque correspondante ont pu être méconnus, surtout quand ils sont difficiles à déterminer. Or, cette dernière difficulté n'est pas la même quelle que soit la phase considérée de l'histoire géologique. Toutes choses égales d'ailleurs, les chances de méconnaître un étage peuvent tenir à deux causes : ou le métamorphisme et la pauvreté en fossiles dans les temps anciens, ou les subdivisions de plus en plus nombreuses introduites par les stratigraphes dans des terrains récents plus riches en fossiles mieux conservés. Dans ce dernier cas, auquel on pense moins, il est facile de comprendre l'effet de cette subdivision excessive qui fait perdre tout sentiment de proportion réelle entre les énormes durées d'un étage primaire et les longueurs infiniments plus faibles d'une division tertiaire, occupant sur nos tableaux une place équivalente. D'une façon générale, partout ou le géologue explorateur, souvent inexpérimenté, dont on utilise les documents n'a pas su reconnaître un niveau stratigraphique, on est exposé à marquer abusivement un continent.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tertiaire, les autres jusqu'à aujourd'hui même. Cette persistance, d'autant plus remarquable que les autres traits de la carte apparaissent plus constamment changeants, se manifeste : 1° pour un long sillon marin Est-Ouest, destiné à être remplacé à l'époque tertiaire par la plus haute des chaînes montagneuses actuelles, sillon qui va de l'Arménie à l'Himalaya et aux chaînes birmanes; 2°, d'une façon plus hypothétique, pour la bordure de la mer pacifique, dont l'existence paraît avoir été marquée, sur le rivage de l'Asie, dès ce début lointain et s'être constamment perpétuée dans la suite, sauf à subir des mouvements locaux, dont on constate souvent l'empreinte sur son rivage ou ses îles ; 3°, pour la mer arctique qui, à bien des époques (voir carte carbonifère, fig. 3), vient faire des incursions dans le Nord du continent sibérien, comme si elle était toujours là, très proche de lui, prête à y lancer ses marées[1]. L'histoire de ces deux dernières mers pacifique et arctique est, d'ailleurs, obscure en raison du petit nombre de points où l'on peut aujourd'hui constater directement s'il a existé ou non des sédiments antérieurs, s'il s'est produit, dans la série stratigraphique, des lacunes marquant des émersions momentanées, et l'on ne peut attribuer à cette seconde observation le même caractère de certitude qu'à la première.

A ces trois traits, sinon primitifs, du moins marqués aussitôt après les plissements précambriens, on peut en ajouter d'autres, qui commencent à s'accuser à l'occasion des plissements calédoniens et hercyniens pour se perpétuer dans la suite.

Ainsi, dès l'éo-dévonien[2] (6) nous voyons se manifester, sur l'emplacement futur de l'Oural et sur celui des premiers plis hercyniens asiatiques, deux bras de mer géosynclinaux, qui ne disparaîtront que lorsque les plis orographiques, dont ils sont la première étape, leur auront succédé. La carte éo-dévonienne (*fig.* 2) est curieuse par la façon dont elle accuse, par des bras de mer, la direction générale de tous les grands plis futurs hercyniens ou tertiaires, avec leurs branchements de plus en plus multipliés quand on avance vers l'Est, de même que, sur des cartes plus récentes, la position de la Téthys méditerranéenne prépare celle des plissements alpins.

Enfin, l'ensemble des cartes, si nous pouvions les multiplier[3], montrerait aussi combien stables ont été, même en ce qui concerne les incursions marines, les grands voussoirs primitifs du bassin de la Léna, de la Corée, de la Chine méridionale et de l'Inde (continent de Gondwana). Il y

[1] Voir plus loin, p. 206.

[2] Les numéros d'ordre qui, je crois, facilitent la lecture en rappelant sans cesse l'ordre exact de superposition, sont ceux des tableaux insérés dans mes ouvrages sur la *Science géologique*, *l'Histoire de la terre* et *la Géologie pratique*.

[3] Voir plus loin deux autres cartes du même genre : fig. 12, p. 371, montrant les mouvements de la mer en Chine pendant la période primaire, et fig. 23, p. 427, donnant l'extension de la mer aralo-caspienne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

a là quelques massifs ou plate-formes primitives, desquels la mer s'est définitivement retirée de très bonne heure, et qui accusent ainsi, dans toute leur histoire, dans toutes leurs formations, un caractère remarquablement continental. C'est là un aspect bien saisissant par contraste pour quiconque a, jusqu'alors, spécialement étudié nos régions de l'Europe occidentale, où la mer a sans cesse passé et repassé, sans les abandonner autrement que pour un moment, presque jusqu'à nos jours. D'autres régions asiatiques bien entendu, toutes celles sur lesquelles ont porté les plissements himalayens et les chaînes qui, par le Caucase, relient ceux-ci aux Alpes, ont offert, au même moment, des caractères marins; mais il n'en est pas moins vrai que l'Asie fournit une occasion propice d'étudier ce qui a pu se passer, soit à la surface, soit en profondeur, sur quelques-unes des parties de notre planète les plus anciennement consolidées et émergées.

Dès le premier coup d'œil jeté incidemment sur la tectonique de l'Asie, on voit ainsi apparaître sa subdivision du Nord au Sud en trois parties principales : *a*) la Sibérie septentrionale au Nord et *b*) l'Inde péninsulaire au Sud, aux plissements si anciennement arrêtés qu'on peut les considérer, presque dès le début de l'histoire, comme des compartiments solides et, entre les deux, *c*) un axe géosynclinal Est-Ouest, sur lequel se sont concentrés, en se localisant peu à peu dans le sens du Nord au Sud, les plissements successifs, échelonnés depuis le silurien jusqu'au tertiaire. A la fin, on a vu, dans le Sud de cette zone plissée qui est restée jusqu'au bout une zone faible de l'écorce, de formidables plissements succéder à des mers particulièrement prolongées et parfois spécialement profondes (Téthys, Mésogée, etc.), dans lesquelles se sont accumulés, avec des épaisseurs inusitées, les sédiments destinés à subir les mouvements orogéniques. Au Nord et au Sud, au contraire, sur des *aires continentales* anciennes, il n'a passé d'ordinaire que des mers peu profondes, dont les dépôts, relativement minces, n'ayant pas été plissés dans la suite, se montrent à nous horizontaux.

Nous croyons et nous avons essayé de montrer ailleurs[1] que le rapprochement progressif de ces deux aires continentales par l'effet de la contraction terrestre, — celui du Nord avançant plus vite et venant surplomber l'autre — peut être envisagé comme ayant déterminé les plissements divers de la zone intermédiaire, avec d'inévitables dissymétries, où l'on a voulu voir l'indice d'une pression « unilatérale », mécaniquement peu explicable si on ne la comprend au sens algébrique comme la différence de deux pressions opposées. Ces plissements, qui avaient déjà commencé par former les premières aires continentales elles-mêmes, l'une au Nord, l'autre au Sud, ont peu à peu grossi ces noyaux initiaux par l'addition de zones périphériques, l'une après l'autre consolidées

[1] *La Science geologique*, passim.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et stabilisées, qui, en réduisant l'espace resté libre entre elles, ont pu déterminer, dans cet espace intermédiaire, des mouvements de plus en plus compliqués, sinueux et peut-être aussi poussés verticalement à leur paroxysme : mouvements caractéristiques des chaînes récentes, dites par assimilation alpines.

En même temps, toutes les dislocations tectoniques, dont les métallisations, que nous voulons étudier, sont le corollaire, ont pris, suivant qu'il s'agissait des anciennes masses solides ou des zones récemment encore plissées, un caractère bien distinct, dont je crois qu'on peut avoir une image grossière mais parlante en envisageant la façon différente dont se comportent, sous un effort mécanique : d'une part, un paquet de schistes, de grès tendres ou d'agrégats instables et, d'autre part, un conglomérat silicifié à fond (comme le poudingue aurifère du Transvaal, sur lequel on a une occasion journalière d'expérimenter le travail des concasseurs). Dans le premier cas, les fissures tendent à se produire suivant les plans de moindre résistance déjà existants et formés par les interstices des schistes ou les surfaces de contact des graviers et des galets; dans le second, il s'ouvre, à travers les galets mêmes, des cassures planes, qui se prolongent, sans modification de direction, dans leur ciment, celui-ci faisant aujourd'hui entièrement corps avec eux. Ce sont ces deux ordres de cassures si différentes d'allures qui, comme nous aurons l'occasion de le redire, ont préparé les deux grandes catégories de gîtes métallifères que l'on trouve : 1° dans les zones plissées de l'écorce, où la métallisation, connexe du métamorphisme, est l'effet d'un « retour en profondeur » avec imprégnation disséminée; 2° dans les massifs, d'abord consolidés, puis rompus par des dislocations disjonctives, où les métallisations, à caractère généralement moins profond, ont pris la forme de filons.

Ces observations générales pourront tout à l'heure nous servir de fil directeur pour étudier la série des formations asiatiques. Nous trouverons, par exemple, en Sibérie : toute la plateforme d'Irkoutsk et de la Léna, région non plissée à couverture générale de terrains horizontaux, absolument exempte de gisements métallifères; puis, autour d'elle, une couronne de plis calédoniens à terrains paléozoïques plissés et métamorphisés contenant, comme minerais, des imprégnations disséminées de pyrites aurifères; enfin des régions de plis, soit calédoniens, soit hercyniens, disloqués par les mouvements tertiaires, présentant des systèmes de filons proprement dits, comme nos massifs hercyniens d'Europe.

Si l'on résume en quelques mots l'histoire orogénique de l'Asie, dont il sera question au chapitre suivant, on voit la plateforme de la Léna se stabiliser avant le cambrien et porter par suite des couches horizontales, d'abord marines pendant le cambrien, puis lagunaires, puis lacustres pendant la plus grande partie de l'histoire géologique. De même, la Mongolie avec le môle dit sinien et la péninsule indoue. Dans la majeure

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

partie du reste de la Sibérie, l'émersion définitive date du carbonifère supérieur, et, dans l'Oural, de la fin du permien. Les plis calédoniens et hercyniens se sont produits pendant le paléozoïque sur la Chine méridionale, le Cambodge et Bornéo, où les dépôts postérieurs sont, ou lacustres, ou de peu de profondeur marine et, en même temps, horizontaux. Enfin les espaces laissés libres par tous ces mouvements relativement anciens sont ceux où se sont accumulés plus tard les plissements tertiaires.

Nous ne donnons ici cet aperçu orogénique, sur lequel nous aurons à revenir, que pour indiquer le lien général des sédimentations avec les zones tectoniques. Il faut cependant se garder d'apporter à ces rapprochements un caractère de généralité et de précision, en quelque sorte géométrique, qu'ils sont loin de présenter. On ne doit pas notamment envisager comme démontrée la conception ingénieuse par laquelle divers géologues ont cru établir un rapport nécessaire entre les zones plissées et la position de séries sédimentaires épaisses sans lacunes portant les caractères de mers profondes, tandis que les zones d'eau lacustres ou de mers peu profondes à caractères changeants, seraient réservées aux régions intermédiaires. Cette théorie souffre de très nombreuses exceptions et n'est même pas absolument exacte pour la zone alpine (Alpes, Himalaya), qui après les Appalaches, pour lesquelles elle a été faite, en a fourni la meilleure démonstration. Les lacunes sont (ou paraissent) nombreuses et considérables même dans les Alpes, montrant que la mer n'y a pas toujours été, comme on le prétend, particulièrement profonde. Mais surtout, quand on essaye d'appliquer la même loi pour les chaînes hercyniennes, on se heurte à des difficultés, sur lesquelles nous allons avoir l'occasion d'insister.

Le fait seul que, sur ces zones faibles, se sont produites à diverses reprises des chaînes plissées, dont la dernière, formant actuellement saillie orogénique, n'a pas dû être la seule à émerger des eaux, suffirait, d'ailleurs, à montrer qu'il n'y a pas là à proprement parler un géo-synclinal constant, dans lequel la série aurait été aussi continue qu'on l'a parfois affirmé.

Nous passerons bientôt en revue les divers étages de la série sédimentaire. Mais répétons encore, suivant une observation précédente, que l'imperfection de nos connaissances sur des régions aussi mal explorées amène à supposer des lacunes et des émersions imaginaires. D'autre part, surtout pour les terrains anciens, les déterminations d'âge sont souvent fort imparfaites et entraînent des erreurs qui se corrigeront peu à peu.

Nous pouvons encore ajouter une observation générale relative aux principaux sédiments utiles, sur lesquels notre attention sera attirée par leur valeur pratique et qui, d'autre part, constituent des documents de premier ordre pour l'établissement des cartes paléo-géographiques : la houille, qui sera étudiée dans chacune de nos monographies régionales;

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le sel, qui formera, au contraire, l'objet d'une description d'ensemble renvoyée au chapitre XXI. Avec l'approximation très faible qu'atteignent encore nos cartes géologiques, un bassin houiller marque au moins le voisinage d'un continent, et, dès que ce bassin a été un peu étudié, comme il arrive quand on l'exploite, on peut préciser s'il représente un lac ou une lagune côtière. Dans le second cas, qui a fourni les gisements les plus développés et les plus nombreux, on pourra dire qu'il signale un rivage, comme le font, pour une autre cause, les sédiments ferrugineux ou phosphatés. Les dépôts de sel, résultant de l'évaporation des eaux salées dans des lagunes privées de leur communication avec la mer, ont, par contre, des chances pour correspondre à des sillons déprimés, non plus sur le bord des continents, mais dans leur intérieur : dans les conditions de zones basses désertiques qui sont aujourd'hui celles de la région des Chotts Sud-Algériens, du désert d'Atacama dans l'Amérique du Sud, ou de la dépression aralo-caspienne prolongée par le désert de Gobi en Asie. Il est rare que les évaporations de sel dans les bassins côtiers, par conséquent dans des zones littorales, atteignent des proportions importantes, tant soit peu assimilables à celles des gisements salins géologiques. L'époque actuelle montre ce genre de dépôts minéraux se formant à l'intérieur des continents, dans des zones qui, pour la plupart, suivent des chaînes de plissement récentes et qui correspondent parfois à un résidu des anciens bras de mer géosynclinaux, suivant l'axe desquels ont surgi, dans l'histoire des chaînes montagneuses, les dernières grandes rides anticlinales. Certaines de ces zones déprimées actuelles accusent des traces de mouvements récents du sol analogues à ceux que nous serons amenés à supposer autrefois.

Archéen et Précambrien ou Algonkien (1). — A la base de la série stratigraphique asiatique, nous mentionnerons sans insister des terrains métamorphisés en gneiss, micaschistes, etc., dont l'âge paraît être antérieur aux plus anciens terrains fossilifères connus. Les terrains que les géologues locaux ont classés dans ce groupe, dans l'Inde, en Sibérie, en Chine, etc... garderont ici cette attribution, parfois justifiée par l'ordre de succession stratigraphique. Mais la distinction d'un gneiss réellement archéen avec un gneiss d'un âge quelconque est toujours si difficile qu'en France même on n'est pas exactement fixé sur l'âge des gneiss (probablement assez récents) du Plateau Central. Le plus souvent la dénomination d'archéen ne fait que masquer notre ignorance. Les études en Asie sont encore trop peu avancées pour qu'on puisse être bien affirmatif en matière aussi délicate. Nous aurons, par exemple, l'occasion de citer quelques cas, tels que celui du massif de la Patom en Sibérie, où l'on semble bien prendre sur le fait la transformation de silurien en faciès archéen. Pour le moment, je me contenterai de signaler l'attribution à l'archéen des noyaux cristallophylliens qui occupent

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de grandes étendues dans l'Inde, à la base de terrains métamorphiques non fossilifères, eux-mêmes recouverts par des strates rattachées sans preuve absolue au cambro-silurien. Il en est de même en Chine pour les couches auxquelles on a donné le nom de système de T'ai-chan. Dans les régions boréales de la Sibérie, où il serait logique de chercher l'archéen typique, on est d'ordinaire en présence de schistes micacés et phyllites plutôt que de gneiss : schistes auxquels on donne souvent d'ailleurs un âge cambro-silurien, ou au plus précambrien.

Un point d'interrogation, analogue à celui qui se pose pour beaucoup de terrains dits archéens (surtout avec l'entrée en jeu des renversements), existe pour beaucoup des couches réputées précambriennes (1) : le précambrien supposé n'étant, on peut le dire, jamais réellement déterminé par sa faune, mais seulement distingué par une méthode empirique analogue à celle qui, en chimie, consiste à doser par différence. Le précambrien de la Sibérie centrale est contestable. Celui de la Chine est mieux caractérisé comme nous le verrons. Deux discordances qui le séparent, tant de l'archéen au-dessous que du sinien (2, 3) au-dessus, servent à l'individualiser, en même temps qu'elles montrent l'existence de premiers plissements, auxquels on est porté à attribuer un grand caractère de généralité terrestre. On a là, à la base, des micaschistes, gneiss, quartzites à magnétite et marbres siliceux, puis, en remontant, des conglomérats, des argiles schisteuses, des calcaires à peine métamorphiques et des quartzites : le tout antérieur au sinien qui, dans son sens actuel, embrasse le cambrien (2) et l'ordovicien (3), mais dont l'âge n'est pas non plus très exactement déterminé.

Enfin la péninsule indoue est une des régions où le précambrien est le mieux déterminé par son intercalation entre les gneiss et un cambro-silurien discordant. C'est un des points aussi où cet étage nous intéresse le plus par les filons aurifères qu'il renferme.

Dans cette série métamorphique on est habitué un peu partout à rencontrer des minerais de fer. C'est le cas, en Scandinavie, au Canada, au Brésil. J'ai montré ailleurs[1] le grand développement que ces amas d'oligiste et de magnétite, intercalés dans les formations à type archéen ou précambrien, semblent avoir pris en Afrique. Nous retrouverons un fait analogue en Asie : notamment dans l'Inde, où des minerais de fer importants ont été reconnus dans l'archéen du Salem, en Chine où nous venons déjà de citer des gneiss à magnétite, en Sibérie, etc.

Cambrien (2). — L'époque cambrienne a été marquée, dans le Nord et l'Est de l'Asie, sur de vastes régions (massif sibérien et môle sinien), par une transgression marine qui a passé sur des zones, antérieurement plissées par la série des mouvements rattachés aux chaînes huro-

[1] *Richesses minérales de l'Afrique*, p. 164.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

niennes, puis réduites à l'état de pénéplaines. La présence de la mer cambrienne sur cette ancienne chaîne plissée prouve que, depuis son plissement, s'était écoulé déjà, à l'époque cambrienne, un temps suffisant pour produire la destruction, l'abrasion de la saillie orographique et sa transformation en une pénéplaine : c'est-à-dire le travail de démolition qui, pour la chaîne hercynienne, a duré depuis la fin du carbonifère au moins jusqu'au jurassique et qui, commencé au pliocène pour la chaîne alpestre, est encore très loin de son achèvement. Postérieurement au cambrien, et jusqu'au carbonifère, on verra, d'ailleurs, cette même région occupée par la mer avec quelques mouvements locaux de va-et-vient, sans que, dans tout le plateau d'Irkoutsk, il y ait plissement: par conséquent, par l'effet de ces sortes de marées qui, sur une région aplanie, impliquent seulement, nous l'avons dit, un très léger déplacement vertical en bloc de tout le massif. Après quoi, elle émergera définitivement[1].

Ce caractère de transgression, qu'affecte, pendant le cambrien, la « plate-forme sibérienne », n'est nullement général; mais il est très marqué sur une partie notable de la Sibérie et de la Chine, comme il l'est, au même moment, dans l'Amérique du Nord et en Europe. Souvent des dépôts marins cambriens, passant sur des faites primitifs déjà consolidés et stabilisés, sont restés jusqu'à aujourd'hui horizontaux, ou faiblement inclinés par de simples dislocations linéaires. C'est le cas dans la Sibérie centrale (région de l'Angara) et dans l'Est de la Chine, aussi bien qu'en Finlande ou dans le Nord des États-Unis.Cela existe aussi, dans la péninsule indoue, pour ces terrains des Cuddapahs que l'on rattache souvent à la même période. Mais l'extension attribuée à ces noyaux prématurément stables tend à se réduire à mesure que les connaissances se précisent. Plus souvent, ce cambrien a été plissé par des mouvements postérieurs qui, suivant la loi ordinaire, forment, autour des noyaux primitifs, des ceintures d'âge de plus en plus récent à mesure qu'on s'éloigne du faite. Vers l'Ouest, dans la Russie d'Europe, on sait que le cambrien est plissé en Pologne, à Sandomir. Inutile de rappeler qu'il est plissé dans l'Oural, où le permien même a été affecté; mais des plissements analogues affectent le cambro-silurien à l'Est de l'Iénisséi autour de « l'amphithéâtre d'Irkoutsk » et, bien entendu, plus au Sud, toutes les chaînes hercyniennes. Dans le Chansi, sur une zone qu'on avait rattachée trop vite au « môle sinien », Bailley Willis vient de retrouver également du cambrien fortement redressé. Dans l'Est de la péninsule indoue, les Ghates orientales offrent du cambro-silurien plissé sur un des massifs réputés les plus anciennement stabilisés de l'écorce terrestre, etc...

[1] Au même moment, on a parlé de régression dans le Salt-range en se fondant sur de prétendus dépôts lagunaires de cet âge. Mais les recherches récentes ont montré que le soi-disant sel cambrien du Salt-range était en réalité éocène.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Comme caractères lithologiques, le cambrien horizontal de Sibérie contient, là où il est réellement déterminé par des fossiles, ce qui est fort rare [1], des calcaires avec nombreux Archaeocyathidés [2]; ailleurs, il est de préférence schisteux et peut affecter de notables épaisseurs. Il est recouvert parfois par du silurien salifère, horizontal comme lui. Celui de la Chine débute souvent par un conglomérat, ailleurs, par des argiles rouges; en un point, sur le Yang-tsé-kiang, nous verrons que sa base présente un conglomérat glaciaire prouvant, soit un singulier refroidissement du climat à proximité de la mer, soit peut-être une émersion montagneuse. Il renferme des calcaires fossilifères dans la Corée, le Chantoung, sur le moyen Yang-tsé et dans le Yunnan méridional. Le cambrien à plis hercyniens de l'Altaï contient de même des masses calcaires.

Celui des régions à plis récents comme l'Himalaya peut offrir des épaisseurs considérables dans le Spiti; il n'a guère que 200 m. d'épaisseur dans le Salt-range oriental, où des charriages l'ont fait passer par-dessus des marnes salifères tertiaires, autrefois supposées cambriennes.

Dans l'Inde péninsulaire, au Sud du Salt-range, on n'a pas la preuve absolue de cette transgression cambrienne qui a affecté au Nord un massif primitif homologue. Les terrains, qui s'intercalent là entre le précambrien et le Gondwana inférieur (carbonifère), sont sans fossiles. Cependant il est possible que les Cuddapahs (grès, schistes, et calcaires) soient cambriens. Rien ne permet donc d'affirmer, comme on l'a fait, l'émersion définitive de l'Inde à partir du précambrien. C'est une remarque applicable également pour le silurien.

Enfin, dans l'Australie du Sud et en Tasmanie, le cambrien reparaît avec ses Arcaeocyathidés, commençant, près d'Adelaide, sur 450 km. de long, par une moraine glaciaire analogue à celle du Yang-tsé-kiang.

Ordovicien (3). — L'époque ordocienne a été marquée, en dehors de l'Asie, par un affaissement de certaines aires continentales, allant, sur le pourtour du bouclier scandinave, jusqu'à provoquer des dépôts de mer profonde (bathyaux), tandis que certains géosynclinaux recevaient simultanément des dépôts néritiques. On a même remarqué, dans une région contiguë à la nôtre, dans le Timan et en Podolie, qu'il y avait eu transgression pendant la période suivante, gothlandienne (4) : donc accentuation progressive, pendant tout le silurien, de ce progrès de la mer. Par contre, en Amérique du Nord, dans le centre de l'Angleterre, etc., nous savons que le mouvement

[1] Ed. von Toll. *Beiträge zur Kenntniss des Sibirischen Cambrium* (Mém. Ac. sc. Saint-Pét., 8e sér. cl. Phys.-math., VIII, 10, 1899) Les fossiles proviennent de la zone boréale.

[2] Groupe de spongiaires caractéristiques du cambrien.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

inverse, dont, à moins de preuves contraires, il est toujours naturel de supposer l'existence simultanée en quelque autre région, a amené l'émersion et le plissement de zones antérieurement considérées comme des géosynclinaux. On peut rattacher à ces plissements, dits calédoniens, commencés pendant le silurien, continués jusqu'au milieu du dévonien, le déplacement des mers dans les régions non plissées.

En Asie, les faits qui caractérisent cette époque sont fort mal connus, faute de renseignements paléontologiques suffisants et l'on attribue d'ordinaire à l'ordovicien une extension analogue à celle du cambrien, sauf une vaste transgression dans l'Ouest sur l'Ouest de la Sibérie et la Russie d'Europe.

Dans le Nord, la mer ordovicienne paraît avoir couvert tout le centre de la Russie, contournant au Nord-Est une terre finlandaise probable et, passant de là sur l'Oural, s'être étendue fort loin en Sibérie. Des deux côtés d'une large zone qui commence à l'Oural (chaîne permienne) pour finir à la région de l'Iénisséi (chaîne dévonienne), on trouve cet ordovicien horizontal comme le cambrien sur les deux tables de la Russie et de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

L'ordovicien russe, remarquablement peu métamorphique (ainsi que cela arrive d'ordinaire aux terrains restés horizontaux), contient des sables meubles et des argiles comme les terrains les plus récents. Il passe à des faciès littoraux d'arkoses, grès versicolores et schistes bariolés à nodules phosphatés du côté de la Podolie qui formait rivage, tandis que, sur l'Oural, où devait se trouver alors une zone profonde, ultérieurement plissée, on a des schistes, concordants avec le dévonien et le carbonifère superposés, mais d'âge difficilement déterminable en raison de leur métamorphisme. Puis, en Sibérie, les fonds marins se relèvent et les sédiments d'âge rarement bien défini, que l'on assimile à l'ordovicien, reprennent souvent des caractères des mers peu profondes, instables, susceptibles de s'évaporer localement (couches gypsifères et salifères avec argiles rouges intercalées dans des grès à trilobites sur la moyenne Toungouska).

Cette région salifère, qui correspond au faîte primitif, occupe à peu près l'espace compris entre le 105e et le 130e de long., du 57e au 67e de latitude et marque ainsi le contraste entre ce faîte et les régions situées en dehors de lui, où le silurien, non plus horizontal, mais plissé, a commencé par se déposer dans des conditions différentes, en des dépressions plus profondes (géosynclinales). C'est ainsi qu'en partant du Nord les couches siluriennes à gypse et sel existent entre le 65e et le 67e, entre l'Iénisséi et la Léna. On en trouve la suite à l'Ouest d'Iakoutsk, et spécialement au Sud de Viliouisk dans le grand coude de la Léna; et enfin Czekanowski en a décrit de pareilles sur le cours supérieur de la Toungouska inférieure, au Nord du Baïkal, vers le 59e.

Dans les autres parties de la Sibérie, le silurien est souvent représenté

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

par des schistes argileux ou métamorphiques plissés avec roches intrusives, faisant suite au cambrien, mais trop mal déterminés pour qu'on puisse en préciser la distribution. Cependant, nous verrons[1] qu'on a rencontré, dans cette région plissée, du silurien fossilifère sur la Toungouska moyenne.

Le sinien moyen et supérieur de la Chine, qui correspond à cet ordovicien, débute souvent par un calcaire oolithique noir, auquel succèdent des calcaires et des schistes, parmi lesquels on voit reparaître des caractères de mers peu profondes. Après quoi, vient une formation dolomitique atteignant 750 m. de puissance.

Dans le Spiti (Himalaya), l'ordovicien semble débuter par un conglomérat et se composer de schistes et quartzites avec quelques bancs de calcaire intercalés. La Birmanie offre de l'ordovicien remarquablement riche en cystoïdés. Enfin, la côte Est de l'Australie, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande présentent le même étage avec son faciès à graptolithes, qui accuse des mers profondes.

Gothlandien (4).—Le Gothlandien, inconnu dans l'Oural, a été trouvé, en Sibérie, avec ses fossiles caractéristiques, soit dans les îles du Nord, soit sur les bords de la Basse et de la Moyenne Toungouska et vers l'Olenek.

En Chine septentrionale et centrale on est, comme nous le verrons, disposé à croire que cette époque a déjà été marquée par une émersion, qu'auraient annoncée les épaisses dolomies (peut-être lagunaires) terminant l'étage antérieur.

Au contraire, dans le Sé-tchouan, on rattache au gothlandien une puissante série de calcaires et de schistes étudiée par Richthofen. Le même niveau existe dans le Turkestan, dans l'Himalaya, où sa faune présente des affinités avec le Nord de l'Europe, en Birmanie, enfin en Tasmanie et dans la Nouvelles Galles du Sud, où il offre des faciès de mer peu profonde, contrastant avec les faunes bathyales de l'époque ordovicienne.

Dévonien (5 à 10).—L'intervalle entre le silurien et le dévonien est marqué, dans le Nord-Ouest de l'Europe, par le surgissement de la chaîne calédonienne, à laquelle succède, comme après tous les mouvements semblables, une phase de démolition marquée par des régimes instables et des terrains détritiques avec matériaux rougis par leur altération à l'air libre. A ce moment (voir fig. 2), la mer, qui, pendant la période précédente, occupait presque toute la Russie, en a abandonné l'Ouest et le centre pour se concentrer à l'Est dans un bras de mer Nord-Sud, large environ comme notre Méditerranée actuelle, qui marque d'avance la

[1] Page 214. Des fossiles ordoviciens ont été également trouvés par Nansen à l'embouchure de la Léna.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

zone où se manifesteront les plissements futurs de l'Oural. Là se déposent des terrains calcaires, destinés à être ultérieurement plissés (calcaires dits hercyniens), avec quelques intercalations de grès et de

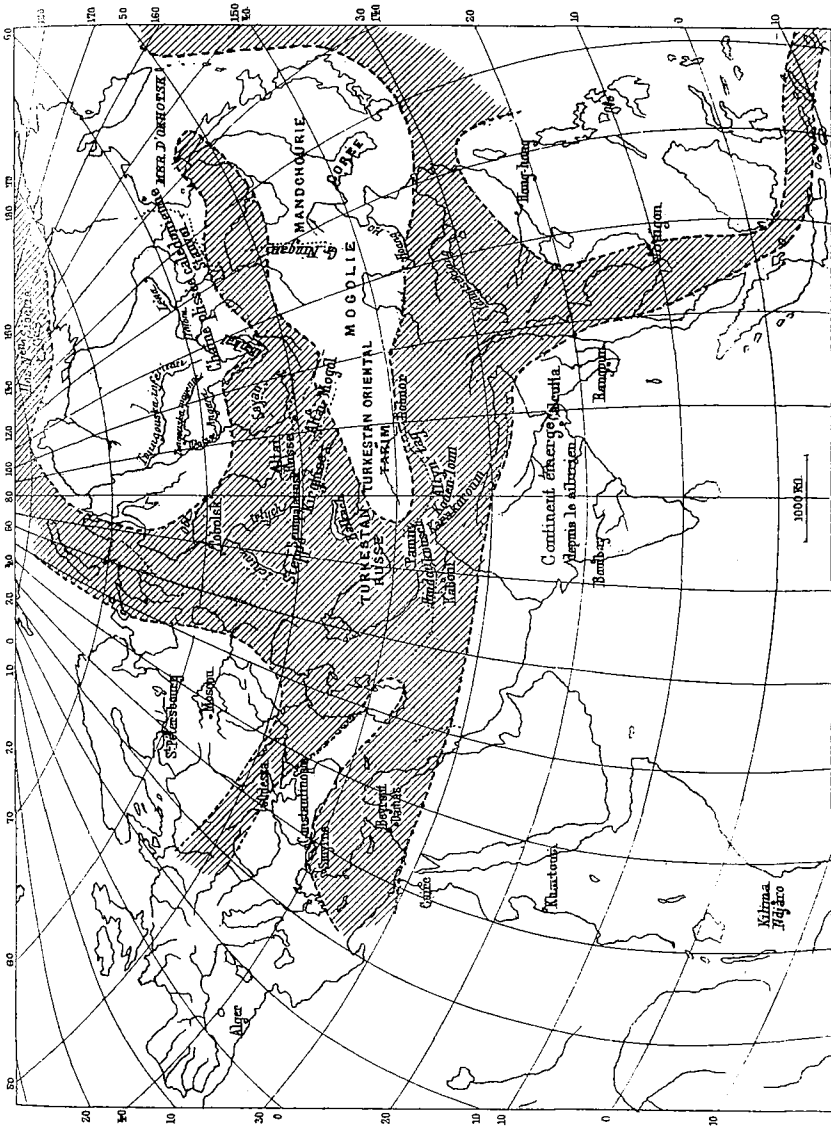


Fig. 2. — Carte des mers asiatiques au début du dévonien (Échelle au 1 : 90.000.000).

schistes. A l'Ouest, l'approche de la terre ferme est marquée, dès la région de Perm, par des caractères littoraux. A l'Est, on trouve bien, tout à fait au Nord, dans les îles de la nouvelle Sibérie, la trace d'une mer arctique, qui a été très longtemps persistante dans ces régions.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Mais l'ensemble du continent sibérien sort progressivement des eaux, ou n'est recouvert partiellement que par intermittences. Son émersion, sans doute préparée par les mouvements calédoniens à la fin du silurien, va désormais s'accentuer pour atteindre son maximum pendant le carbonifère lors des plissements hercyniens. Ce n'est pas que le dévonien manque en Sibérie; mais il y est localisé dans le Sud, où il est souvent formé, surtout dans ses niveaux supérieurs, par des dépôts lagunaires littoraux, ou même continentaux. Tel semble être le cas, même pour l'époque méso-dévonienne, où l'on croit pourtant apercevoir la trace d'une brève transgression sans grande amplitude verticale, avec rapide évaporation.

Quand, après une longue interruption dans la Sibérie du Nord, on retrouve le dévonien, en aval d'Irkoutsk, sur les bords de l'Angara, c'est à l'état de grès minces avec intercalations de gypse et de sel, dans des conditions analogues à celles qu'avait déjà présentées l'ordovicien de la Tougouska moyenne. Plus à l'Ouest, entre Minoussinsk et Krasnoiarsk, on a, par dessus des schistes verts et des schistes rouges avec conglomérats, des bancs calcaires méso-dévoniens, recouverts à leur tour par des assises argileuses à teintes variées, avec gypse et sel, qui appartiennent, soit au dévonien supérieur, soit même au dinantien. Le tout a été fortement plissé par les mouvements hercyniens. De nombreux lacs salés ou saumâtres, alimentés par ces gisements, couvrent la steppe. La même transgression se prolonge, dans le Sayan oriental, avec gisements analogues. Mais ce sont là, pour la Sibérie, les dernières traces de la mer. A partir du dévonien nous pourrons abandonner pour très longtemps l'histoire de cette masse continentale sibérienne, désormais stabilisée, comme nous avons pu déjà le faire auparavant pour celle de l'Inde, nous réservant d'indiquer, à l'occasion du jurassique, les dépôts spéciaux à lignite qui marquent seuls, dans ces deux régions, par une longue série continue, des étages très nombreux à facies lacustre allant du carbonifère au bathonien.

Plus au Sud, si nous abordons la zone de l'Altaï et des Altaïdes, destinée à être plissée ultérieurement pendant les mouvements hercyniens, nous y rencontrons, avec des apparences de géosynclinal, le dévonien beaucoup plus développé à facies marin, vers la steppe des Kirghises et le Turkestan, autour du bassin de Kouznetsk, puis au bord de la mer d'Okhotsk et vers la Mandchourie, où ses trois divisions classiques sont souvent représentées. Dans le Tien-chan, le dévonien transgressif commence par des dépôts détritiques. Celui des Monts Richthofen, du Tsin-ling-chan et du Chansi est plissé, ainsi que celui du Sé-tchouan et du Yunnan. On a donc une longue zone marine dévonienne traversant toute l'Asie sur l'emplacement futur de la chaîne hercynienne. Il est à remarquer toutefois que, contrairement à la théorie générale, sur cette zone qu'on peut qualifier de géosynclinale,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les dépôts ont rarement des caractères de mer profonde et contiennent, au contraire, souvent une faune néritique.

Comme la zone des plissements hercyniens, la zone plus méridionale des plis alpins renferme également du dévonien marin depuis l'Asie mineure jusqu'en Indo-Chine, et l'on en peut suivre le tracé sur les deux rives du Bosphore, dans l'Anti-Taurus, en Perse, dans l'Indoukouch, en Birmanie, etc. En Australie, la chaîne orientale, dont les plissements sont d'âge hercynien, offre aussi les trois termes du dévonien. Le dévonien existe enfin en Nouvelle-Zélande et peut-être au Japon.

Vers le Sud, l'Inde péninsulaire forme, à cette époque, une masse continentale reliée avec Madagascar, et probablement avec l'Australie, quoique cette dernière île ait été recouverte par une transgression momentanée pendant le méso-dévonien.

Dinantien (11). — A l'époque dinantienne, qui marque le début du carbonifère, les grandes masses continentales, que nous avons déjà vu apparaître en Asie, demeurent émergées ou s'accroissent. La mer semble abandonner presque tout le Nord-Est du continent, comme elle délaisse au même moment presque toute l'Europe à l'exception de la Russie. Le dinantien fait défaut dans tout le Nord de la Sibérie (sauf à l'embouchure de la Léna), dans une grande partie de la Chine, dans la Mongolie, la Corée, le Japon et dans l'Hindoustan. Mais, entre ces deux masses continentales, s'allonge une large mer intérieure qui, partant de la Mer Blanche, et occupant également le bassin de Moscou et le Donetz, couvre l'Oural, la steppe kirghise, l'Altaï, le Tibet, la Chine méridionale, l'Indo-Chine, déposant partout de grandes masses de calcaires, concordantes avec les calcaires dévoniens sous-jacents. C'est à la fin de cette période dinantienne que, sur toute cette zone marquée par des sillons marins (dont les calcaires n'accusent pas une profondeur bien notable), s'est produite l'émersion, de plus en plus accentuée, provoquée par les mouvements hercyniens.

Vers le Nord, on trouve parfois, pour cette mer, des indices de rivages : ainsi près de Minoussinsk, où se développent des grès et conglomérats, ou encore dans l'Oural. Le long de cette dernière chaîne, des calcaires fétides à silex, qui n'ont pas moins de 1.500 m. de puissance (formation bathyale) passent vers l'Est, comme pendant le dévonien, à des faciès de conglomérats et grès qui accusent le voisinage d'une côte. Puis le dinantien calcaire se montre, dans toute la steppe kirghise, sous les couches charbonneuses du carbonifère supérieur qui vont être étudiées. La présence de couches à plantes terrestres entre Orenbourg et Tachkent accuse, à l'Est de l'Aral, dans un sillon qui a fréquemment joué un rôle particulier (détroit de Tourgaï), une terre émergée. Puis, dans l'Est, quand on arrive à Minoussinsk, des grès et conglomérats continuent à annoncer le rivage. En effet, tout le pays situé plus à l'Est n'offre aucune trace de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dépôts dinantiens. C'est au Sud et au Sud-Est par le Tien-chan, le Nan-chan et les sources du Hoang-ho, enfin le Chantoung, que passe une mer semée d'îles et changeante.

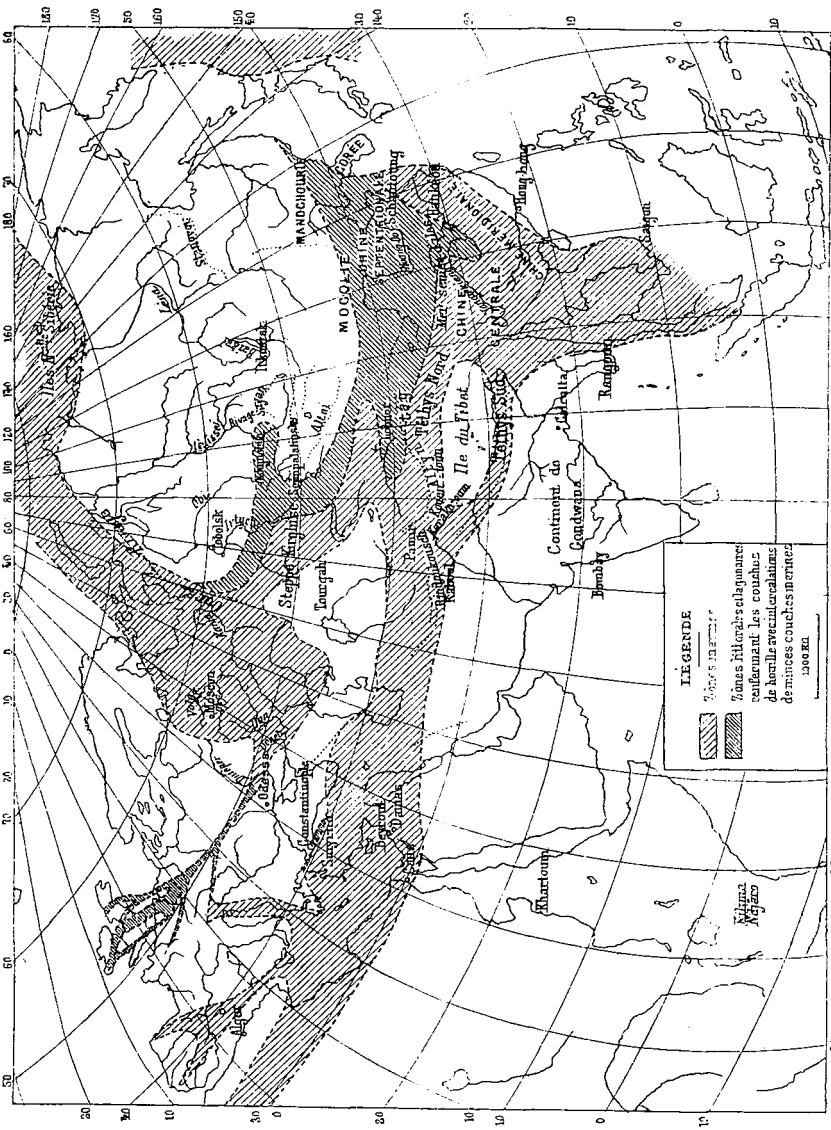


Fig. 3. — Carte des mers carbonifères (Westphalien-moscovien) montrant la disposition des lagunes à formations charbonneuses par rapport aux zones marines. (Échelle au 1 : 90.000.000.)

Plus au Sud encore, sur la zone destinée à être influencée par les plis alpins, on trouve des calcaires dinantiens en Asie Mineure (Héraclée), en Arménie, en Perse. Dans l'Himalaya, l'étage est mal connu, quoique signalé dans le district du Spiti.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans l'Indo-Chine et la Malaisie, on peut rattacher au dinantien les dernières formations plissées avant la transgression stéphanienne.

Pratiquement, les ressources en combustibles de cet étage, si importantes en Russie dans le bassin de Moscou, représentées également dans le Donetz, se réduisent à peu de choses en Asie, précisément en raison de l'extension des mers : quelques lits de charbon, à la base d'Héraclée [1] ou dans le Chantoung et la Chine méridionale. D'une façon générale, la mer dinantienne semble avoir été trop largement étalée en Asie pour donner lieu à des sédiments utiles.

Westphalien (Moscovien) (12). — Les deux dernières périodes du carbonifère et le permien même sont souvent mal distingués les uns des autres, faute de déterminations suffisantes, en sorte qu'il est difficile de caractériser ce qui appartient en propre au westphalien asiatique ou au stéphanien, dont l'étude a cependant pour nous un intérêt tout spécial en raison des couches de combustibles que renferment ces étages. Voici ce qui semble résulter de ce travail, représenté figure 3.

Si nous étendons d'abord un instant notre étude aux régions de l'Europe qui forment le prolongement de notre domaine, le westphalien, (que l'on appelle aussi moscovien pour rappeler les types marins de Moscou), est, on le sait, dans tout le continent Euro-Asiatique, remarquable par les accumulations de houille qui, au même moment, ont pris un développement particulier dans l'Amérique du Nord. Ainsi s'accuse, dans les conditions terrestres, un changement général, qui a dû résulter surtout des grands mouvements orogéniques marqués vers cette époque, tant par la discordance fréquente du stéphanien sur le dinantien que par la fréquente lacune du westphalien dans les mêmes régions. C'est la période où se remplissent de matières charbonneuses les sillons houillers d'Angleterre, de Belgique, du Nord de la France, de Westphalie, de Silésie, du Donetz. Au même moment, se forme, en Asie Mineure, l'énorme bassin houiller d'Héraclée, dont nous ferons bientôt l'étude plus particulière.

Dans une grande partie de l'Asie, les couches charbonneuses, accompagnées comme toujours de grès et schistes à conditions lacustres ou littorales, reposent sur les calcaires dinantiens (11) franchement marins.

Par suite de cette émersion, le westphalien lui-même est souvent assez mal représenté ou absent, soit qu'il ne se soit rien déposé pendant cette période, soit que les dépôts, aussitôt émergés, aient été vite détruits par l'érosion. Comme charbons westphaliens d'Asie, marquant un régime côtier plutôt que franchement continental, on peut citer, outre celui d'Héraclée, les charbons de la steppe kirghise, comme Ekkibad-tous, la base des couches de Kouznetzk [2],

[1] V. p. 290.

[2] V. p. 229 et 232.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans l'Altaï, où les conditions propres à la formation de la houille se sont prolongées jusque dans le permien, le Nord du Kouen-lun occidental et du Nan-chan, la plus grande partie des grands charbonnages de la Chine méridionale, dans le Chantoung, le Chansi, le Honan, le Sé-tchouan, le Houpé, le Kouang-toung. Au même moment, dans la Nouvelle Galles du Sud, la série des coal-measures commence à se déposer sur des conglomérats glaciaires et des grès.

Où est la mer à cette époque ? Nous l'apercevons d'abord dans l'extrême Nord, où nous avons déjà vu la mer arctique venir lécher à diverses reprises le continent. Là, pendant le westphalien, elle avance transgressivement du côté de la Pinega, au Timan et à l'île aux Ours. Mais c'est un cas exceptionnel. Pour trouver le westphalien avec ses types marins, il faut aller rejoindre cette large mer, qui part de la région de Moscou, lance une branche sur l'Oural et couvre toute la zone destinée à être plissée ensuite par les mouvements permiens de l'Oural, ou ailleurs les mouvements alpins.

Dans le bassin de Moscou, le dinantien se termine par un faisceau houiller; puis le westphalien redevient franchement marin; il est crayeux et oolithique à Moscou et à Nijni Novgorod, oolithique encore par endroits dans l'Oural et le Timan. Sur le flanc Ouest de l'Oural, le westphalien, représenté par des calcaires, s'intercale entre le dinantien et le stéphanien, également figurés par des calcaires, en concordance avec eux, tandis que, sur le flanc Est de la même chaîne, encore occupée à ce moment par une mer, des conglomérats puissants avec brèches de calcaires dinantiens, accusent à la fois la proximité du rivage en Sibérie et le commencement des mouvements orogéniques. De même, plus au Sud, dans le Donetz, des calcaires marins sont à la base d'une série charbonneuse, dans laquelle reviennent s'intercaler des lits calcaires au milieu des couches détritiques à restes végétaux, montrant une côte instable : le tout d'ailleurs fortement plissé à l'époque hercynienne, tandis que les couches de Moscou, plus septentrionales, sont à peine ondulées.

Dans la bande plus méridionale affectée par les plis alpins, la faune du westphalien tout à fait supérieur existe probablement à Héraclée, en Asie Mineure, mais succédant à une lacune qui comprend toute la base de l'étage. On rattache au même niveau le carbonifère rencontré au Sud de Khotan et d'Yarkend, au Sud du Gobi, et les calcaires à Fusulinella du Nord de la Perse.

En Chine, dans le Kouen-lun occidental et au Nord du Nan-chan, on admet une mer semée d'îles avec dépôts momentanés de végétaux. Plus à l'Est de la même zone, dans le Chantoung, etc., une transgression lacustre ou lagunaire, marquée par des schistes, grès à plantes et couches de houille, avec gîtes exploitables, que l'on considère jusqu'à nouvel ordre comme appartenant à cet âge, mais qui est peut-être plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

jeune, recouvre la surface ravinée des calcaires ordoviciens (siniens), tandis que, plus au Sud, le même rôle est attribué par Bailey Willis à des formations stéphaniennes.

Stéphanien (Ouralien) (13). — La période stéphanienne, qu'on sépare difficilement de la période permienne (14) dans une grande partie de l'Asie, continue à affecter, pour la Sibérie et la Chine septentrionale ou centrale, ce caractère continental, sur lequel nous avons déjà insisté. Il s'y forme pourtant, à ce moment, un assez grand nombre de cuvettes lacustres, dans lesquelles s'accumulent, avec des sédiments détritiques d'origine prochaine, de nombreux restes végétaux formant des couches de houille ou de lignite.

A cet égard, cette période ne se distingue pas, dans ces régions, de celles qui l'ont suivie pendant le secondaire, et peut-être même jusque dans le tertiaire : périodes, pendant lesquelles se sont déposés, en Sibérie les lignites de l'Angara, dans l'Inde les charbons du Gondwana. La grande différence entre les deux formations, d'une part stéphano-permienne, comme à Kouznetsk, de l'autre jurassique comme le long du Transsibérien, c'est que les premières, à la fois les plus méridionales et les plus anciennes, situées dans la zone influencée par les plissements hercyniens, nous apparaissent plissées, avec les couches de houille proprement dites qui marquent d'ordinaire cette période, tandis que les zones plus septentrionales, vers lesquelles se sont reportées les dépressions lacustres, pendant que le continent hercynien émergeait et formait saillie, ont reçu des dépôts plus récents, demeurés depuis lors horizontaux et ayant gardé un facies de lignites.

Dans l'Inde péninsulaire, les couches à charbon stéphano-permiennes du Gondwana n'ont pas d'ordinaire été plissées, mais ont subi pourtant des dislocations violentes, qui les ont localisées dans une série de sillons où leurs bords ont été tranchés par des failles atteignant 2 et 3 km. de haut.

Nous aurons à revenir sur les dépôts charbonneux, d'un grand intérêt industriel qui semblent appartenir à cette période stéphanienne ou même permienne.

On les trouve, par exemple, très développés autour de Kouznetsk, où ils succèdent à des calcaires dinantiens, eux-mêmes reposant sur le dévonien. En Chine, c'est au stéphano-permien que l'on rattache des dépôts important de la Mandchourie, du Pétchili, du Chansi, du Honan; une série continentale ou lagunaire est alors marquée, dans le Nord, par des grès, schistes à couches de houille et rares intercalations de calcaire bitumineux à fossiles marins, montrant que la mer n'était pas encore très éloignée. Plus au Sud, on trouve du stéphanien marin sous la forme d'un calcaire épais de 1.200 m., qui a pu être identifié sur de grandes étendues, au Sud du Tsin-ling-chan, dans le Chen-si,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et le Houpei, plus à l'Est le long du Yang-tsé-kiang et à l'Ouest dans le Kouen-lun, où une transgression tibétaine semble avoir apporté des grès et conglomérats, tandis que le flanc Nord de cette chaîne montre du calcaire à fusulines.

On retrouve une zone marine de cet âge sur le versant Sud-Ouest de l'Oural qui lui a donné son nom d'ouralien, tandis que, sur le versant Est, des grès et marnes gypseuses montrent la proximité du continent angarien. Mais la mer occupe surtout la zone destinée à être influencée par les plis alpins. A l'époque stéphanienne, elle apparaît au Bosphore, passe en Perse, en Afghanistan et dans l'Inde septentrionale. Au Nord, on a sa limite vers le Tien-chan, où existent des grès terrestres près d'Ouroumtsi. La mer passe sur le Salt-range, le Kashmir, la Birmanie. Elle touche la côte Ouest de Sumatra près de Padang et lèche seulement le bord de l'Australie.

Dans la Nouvelle Galles du Sud, sous les couches de Newcastle du permien inférieur, il existe des dépôts marins, peut-être stéphaniens.

Enfin, quand on passe au Sud, on trouve, dans l'Inde et en Australie, sur le continent à Glossopteris, les formations continentales et lacustres qui sont propres à cet hémisphère, aussi bien là qu'en Afrique Australe ou à Madagascar, et qui se sont prolongées, suivant les points, jusqu'au trias, ou même au médio-jurassique, d'une façon continue.

Ces terrains du Gondwana nous offriront une association des minerais de fer avec la houille que l'on est habitué à rencontrer dans la plupart des terrains houillers et que nous serions tentés d'attribuer aux conditions détritiques spéciales dans lesquelles se sont toujours formés ces terrains. Le fer viendrait des roches détruites par l'érosion qui a comblé à ce moment des bassins à caractère plus ou moins continental, notamment de leurs pyrites, et sa combinaison ordinaire avec l'acide carbonique tiendrait à l'abondance de ces gaz dans des eaux contenant des végétaux en putréfaction.

Dans le Salt-range, sur les couches cambriennes plissées viennent en discordance des couches carbonifères commençant par une argile à blocaux avec cailloux striés, et continuant : dans l'Ouest de la chaîne, par des grès rouges à Productus stéphaniens ; dans l'Est, par des grès et argiles[1] verdâtres, avec bancs marins stéphaniens analogues à ceux de la Nouvelle-Galles du Sud et semblant prouver qu'il y a eu coïncidence entre les manifestations glaciaires des deux pays.

Plus au Sud, dans l'Inde continentale (continent de Gondwana), on voit le stéphanien représenté par la base d'une série lacustre continue, dont la partie supérieure a pu être envisagée comme atteignant le médio-jurassique : série continentale analogue à celles que l'on retrouve,

[1] Voir plus loin, p. 340.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à des époques variables, sur d'autres continents, dans l'Afrique Australe, en Sibérie et en Australie.

Si nous faisons, à titre de comparaison, une incursion en Australasie, nous voyons qu'en Australie comme en Nouvelle-Zélande, le stéphanien arrive transgressif et discordant, sur une série antérieure plissée, dans des conditions analogues à celles du Salt-range indou. La chaîne antérieure avait dû être réduite à l'état de pénéplaine pour faciliter cette transgression ; cependant le commencement de celle-ci est marqué par un boulder-clay, à galets striés, c'est-à-dire une moraine de fond, présentant certains caractères de remaniement par la mer, qui feraient croire à des glaciers atteignant la mer comme ceux du Groënland ou de la Norvège (ce que l'on a du mal à faire concorder, disons-le en passant, avec la nature de la flore contemporaine). Cette argile à blocs repose souvent sur un substratum poli et strié, où l'on a même cru constater, par la direction des stries, un mouvement des glaces partant du Sud pour aboutir au Nord. Certains blocs striés se trouvent intercalés au milieu de couches marines fossilifères, d'où l'hypothèse d'un transport par des glaces flottantes.

Cette argile à blocs si caractéristique est recouverte, dans la Nouvelle-Galles du Sud, par des couches terrestres à Glossopteris que recouvrent de nouvelles couches marines à Brachiopodes très spéciaux, d'âge probablement stéphanien (et non, comme on l'a dit parfois, permien). Dans la Nouvelle-Zélande et à Bornéo, les dépôts analogues, également superposés à un substratum plissé, dont les Glossopteris constituent la flore caractéristique, appartiennent au permien.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, cette période stéphano-permienne a été marquée par une série de mouvements orogéniques qu'on peut rattacher au grand mouvement contemporain de l'Europe, connu sous le nom de plissement hercynien. Dans l'Oural, une discordance assez faible sépare le carbonifère du permien sur le versant Ouest et des répercussions beaucoup plus récentes des mêmes efforts ont plissé même une partie du secondaire, montrant ainsi un axe plus récent sur ce branchement ; mais, le long de la chaîne de l'Altaï et des Altaïdes, les plissements sont bien en majorité hercyniens. Ils englobent des massifs primitifs et ont ultérieurement donné passage à quelques ondulations plus localisées, comme le Tien-chan qui s'insinue au milieu d'eux. Un mouvement orogénique d'âge westphalien se fait sentir jusque dans l'Himalaya, si violemment replissé ensuite à l'époque tertiaire. Sauf dans les zones relativement localisées de ces mouvements tertiaires, l'ossature de nos continents peut être considérée comme fixée dans ses grandes masses quand ont passé sur eux les mouvements hercyniens.

Permien (14 à 16). — Ce que nous avons dit du stéphanien nous permet d'être assez bref pour le permien, dont l'histoire se confond à peu près avec la sienne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Cependant quelques émersions, qui auparavant étaient à peine esquissées, comme celles de l'Oural, s'accentuent pendant cette époque et viennent grossir les continents déjà formés. A l'époque thuringienne (16), la mer permienne a disparu depuis longtemps sur le versant Est de l'Oural et, sur le versant Ouest, dans le gouvernement de Perm, on n'a plus que des formations lagunaires avec gypse et sel gemme, préludant à la disparition complète des eaux. Là où il existait auparavant des continents émergés ou recouverts par des lacs à dépôts végétaux, les mêmes conditions se poursuivent. En Sibérie, si le permien manque sur le versant Est de l'Oural dont la surrection doit dater du saxonien (15), et dans tout le Nord du pays, on le retrouve à Kouznetsk contenant des végétaux caractéristiques; il doit, en beaucoup d'autres points où on ne l'a pas encore reconnu, former la base des dépôts de l'Angara, analogues à ceux du Gondwana, dont la majeure partie est jurassique. Dans toute la Chine septentrionale, des formations que l'on croit permiennes, reposent, tantôt en concordance, tantôt en discordance, sur le carbonifère et supportent, toujours en concordance, la série mésozoïque de l'Angara, avec intercalations de coulées éruptives. Dans le Kiang-si, on a récemment attribué un âge permien aux couches à combustibles de Loping, peut-être seulement stéphaniennes. A l'autre bout de l'Asie, dans l'Inde, nous avons déjà vu que la série à végétaux se poursuit dans le permien ; et de même à Bornéo ou en Australie. Pour trouver la mer permienne, il faut aller, soit sur le littoral pacifique à Vladivostok, soit surtout dans la zone intermédiaire entre les deux grands continents asiatiques, toujours à peu près sur le même emplacement où nous avons déjà vu la mer depuis le début du primaire et où elle se concentrera pendant le secondaire, dans la Téthys, ou Mésogée, en attendant que les plis tertiaires surgissent sur l'emplacement de ce géosynclinal. La mer artinskienne (14) passe donc sur la Dzoungarie, où existent, non loin de Tourfan, des couches charbonneuses avec des Productus. On en trouve la trace dans le Turkestan, dans l'Ouest du Kouen-lun, où la grande transgression tibétaine, déjà signalée à propos de l'Ouralien (13), jette, vers ce moment, des grès rouges et conglomérats, qui impliquent une côte instable sous un climat désertique. Elle existe sur les deux flancs de l'Himalaya, où la série du Saltrange paraît embrasser tout le carbonifère et le permien et se présente dans le Tibet au Chitichun sous la forme de permien moyen (15) en renversement sur le jurassique supérieur. On la connait en Chine sur le Mékong, dans le Yunnan, etc.

Sur la frontière Ouest du Sé-tchouan, des calcaires à faune permienne font suite à des calcaires ouraliens. Au Tonkin, enfin, d'après H. Douvillé, le permien inférieur et moyen serait représenté par des calcaires à Fusulines recouvrant en concordance les calcaires noirs stéphaniens[1].

[1] Nous reviendrons longuement, p. 328 sur ces calcaires ouralo-permiens.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans les Indes orientales, le permien inférieur est assez fréquent; il est recouvert à Timor par du permien moyen, et l'on retrouve également des couches marines permiennes au Japon : ce qui semble indiquer au moins un sillon marin sur la bordure de ce qui est aujourd'hui le Pacifique.

Trias (17 à 19). — Au début de l'époque triasique, on voit, sur l'Est de la Russie, se continuer une grande lagune avec dépôts de gypse et de sel.

Dans le Nord de la Sibérie, où nous avons déjà noté, à diverses reprises, pour les périodes précédentes, les traces de la mer, nous retrouvons, sur le cours inférieur de l'Olenek, du trias inférieur ou werfénien (17) et, dans la nouvelle Sibérie, du tyrolien (19). A l'extrémité orientale de la Sibérie, sur le golfe de l'Ossouri, on peut signaler également une incursion marine correspondant aux dépôts marins permiens de Vladivostok et mettant en évidence la démarcation qui existe entre cette zone du continent asiatique, participant déjà du type pacifique, et le reste de la Sibérie.

Ailleurs, un géosynclinal tend à s'approfondir par endroits sur l'emplacement futur des plis alpins.

Le trias apparaît en Asie Mineure, sur le golfe d'Ismid (17). On le connaît également en Mysie, en Arménie, dans la Boukharie, dans le Beloutchistan ; mais il manque totalement en Perse, ce qui a fait supposer qu'une terre avait pu émerger, sur ce pays, à l'époque correspondante. Dans l'Himalaya, la série triasique est très développée, avec passages continus : d'une part, au permien à la base, de l'autre, au lias au sommet. Dans l'Himalaya central, le trias atteint 1.000 m. d'épaisseur et représente un géosynclinal, dont l'épaisseur, parfois considérable, paraît avoir beaucoup varié suivant les régions. On retrouve la suite du même sillon marin triasique en Birmanie, puis, avec des caractères littéraires, au Tonkin et dans le Yunnan méridional[1], tandis que, dans la Chine centrale et septentrionale, il fait défaut. Enfin, sur le prolongement du même sillon alpin, le trias marin existe dans de nombreuses îles de l'Archipel malais, à Sumatra, à Timor, à Bornéo, dans les Moluques (Misol et Serang) et on peut suivre de là sa trace au Japon. Les continents à Glossopteris de l'Inde, de l'Australie et de l'Afrique australe gardent, au contraire, les mêmes facies continentaux que précédemment. Le type Gondwana y subsiste.

Pendant le néotriasique (19), la Russie reste émergée, sauf une incursion lagunaire dans le bassin de la Petchora. Mais, dans l'Himalaya, on a des facies marins à céphalopodes. Certaines indications sont en faveur d'une mer pacifique ayant recouvert à ce moment les îles de Bornéo, de la Nouvelle-Calédonie, de la Nouvelle-Zélande, etc.

[1] Voir plus loin, p. 330.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Lias (20 à 24). — Quand nous abordons la série jurassique, les zones marines se réduisent en Asie et surtout se concentrent dans les régions à grands plissements récents de la zone alp-himalayenne, sur lesquelles nous aurons d'autant moins de gisements métallifères à étudier qu'elles sont plus mal connues. Nous serons donc, sur les terrains qui vont suivre, beaucoup plus brefs que sur les zones primaires où se trouvent la majeure partie des minerais et nous nous attacherons seulement, dans la suite de cette étude, aux particularités intéressantes pour les gisements charbonneux.

L'époque rhétiennne (20) est encore, dans bien des pays du globe, une période de dépôts charbonneux (Molteno beds de l'Afrique australe, gîtes de la Ternera en Atacama). Dans l'Inde péninsulaire, se déposent, à ce moment les couches de Mahadeva et Rajmahal [1], formant la base du Gondwana supérieur. On rattache à la même période les combustibles situés sur le littoral du Tonkin, à Hongay et Kébao, (généralement des houilles maigres), les houilles plus grasses du Yunnan, quelques gîtes charbonneux du Japon sans importance industrielle (Shima, Kaga, Okamigo, Hida).

Pendant le sinémurien (22), on peut également signaler quelques grès à lits de charbon sur le flanc Nord du Caucase et des couches charbonneuses dans l'intérieur de la Perse, près de Kirman.

On attribue encore au toarcien (24) des schistes charbonneux dans l'Elbourz. Néanmoins, la plus grande partie du Caucase a été recouverte par la mer du lias et les lignites dont nous venons de parler, correspondent vraisemblablement à des émersions locales [2].

Médio-jurassique (25, 26). — Une trangression marine médio-jurassique est connue vers l'embouchure de la Léna. Dans le Caucase, le bajocien (25) affleure sur les deux flancs en oolithes ferrugineuses, représentant un rivage marin ; mais l'émersion de l'axe central se traduit par des conglomérats avec lignites. Des dépôts charbonneux se produisent à ce moment dans le Turkestan chinois, au Nord de Liouktchoun et près de Tourfan. L'Inde péninsulaire reçoit des couches à combustibles du Gondwana supérieur, avec équivalents marins sur la côte Est. Le continent de l'Angara en Sibérie est dans des conditions analogues. Un peu de houille se dépose au Japon.

Suprajurassique (27 à 31). — Pendant cette période, où les déplacements de la mer semblent fort restreints, nous avons seulement à signaler, comme sédiments utiles, quelques gypses avec argiles bariolées sur le versant Sud du Caucase.

[1] Voir p. 308.

[2] Voir plus loin, p. 261.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Crétacé (32 à 40). — Plus nous avançons dans l'histoire géologique, plus l'émersion définitive du continent asiatique s'accentue : la mer se concentrant dans la Mésogée destinée aux plissements tertiaires. C'est ainsi que, pour toute la Chine comme pour la Sibérie et l'Inde, sauf dans l'extrême Nord de la Sibérie et sur la côte Est de l'Inde[1], le crétacé n'existe pas. Cette période ne présente de l'intérêt pour nous qu'au Caucase, en Turquie d'Asie, en Perse, dans l'Himalaya, en Birmanie, dans les îles de la Sonde ou au Japon : en résumé, le long des plissements tertiaires.

Dans le Caucase, le début du crétacé (32) est marqué, sur les deux flancs, par des facies différents ; la crête reste émergée pendant la majeure partie de ce système, bien que certains facies crayeux du turonien, du néocomien, indiquent des mers de quelque profondeur. Le crétacé supérieur amène la transgression cénomanienne (36) sur le petit Caucase[2].

Ailleurs, dans l'Asie Continentale, la transgression cénomanienne (36), qui est, avant tout, une transgression européenne, existe seulement au Sud-Ouest, où elle ménage l'Inde, se bornant ainsi à des régions où nous avons été habitués de longue date à voir les rivages de la mer inconstants[3].

Cependant, au Nord du Japon, à Hokkaido, une transgression de même âge passe sur le paléozoïque[4].

Enfin, pendant le danien (40), le Nord du Japon émerge et les plus anciens charbons d'Hokkaïdo sont contemporains des grands gisements de charbon de Laramie.

Tertiaire (41-60). — La période tertiaire, pendant laquelle se sont produits les derniers grands mouvements orogéniques de l'Asie, a été caractérisée, en tant que sédiments utiles, par toute une série de dépôts charbonneux et de produits d'évaporation salifère en relation avec ces mouvements. On rattache à l'éocène (43) les grès avec charbon de l'Assam, au Sud-Est de Chillong, les charbons du Kapoeas à Bornéo, certains lits charbonneux de Java (44)[5]. Mais la période surtout intéressante est celle de l'oligocène et du miocène (46-53), à laquelle se rapportent non seulemene de nombreuses lignites, tels que ceux du Japon, de Sumatra, etc. mais aussi, très probablement, les imprégnations pétrolifères de la Birmanie (burdigalien possible, 49)[6]. Nous aurons l'occasion, dans les monographies qui vont suivre, de décrire les principaux termes de cette période et l'étude des formations salines au chapitre XXI nous

[1] Voir plus loin, p. 248 et 308.
[2] Voir plus loin, p. 263.
[3] Voir plus loin, p. 299.
[4] Voir plus loin, p. 394.
[5] Voir plus loin, p. 367.
[6] Voir plus loin, p. 367 et ch. XXII.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

amènera à en traiter plus spécialement la dernière phase avec quelques généralités.

En Sibérie occidentale, par exemple, nous voyons, à la fin de l'éocène (45), un bras de mer s'avançer sur le flanc Est de l'Oural [1]. Après quoi, ce bras de mer se dessèche pendant l'oligocène (47) avec dépôts gypsifères et le continent émergé du miocène (48) donne lieu à quelques lignites.

En Sibérie orientale, le grand mouvement de dislocation du Baïkal est pontien (53) et prélude à une transformation du pays qui s'accentue pendant tout le pliocène. La période pliocène et pléistocène amène des alluvionnements aurifères, interrompus par des coulées de basalte [2] et recouverts à l'occasion par des moraines glaciaires. Le pléistocène est caractérisé par un assèchement, qui aboutit de tous côtés à la formation de lacs de plus en plus salés.

Au Caucase, la mer éocène et oligocène progresse dans le Sud, mais avec des facies littoraux qui se traduisent notamment par les couches manganésifères de l'éocène supérieur (45). Le plissement commence à l'oligocène (46) et s'accentue pendant le sarmatien (52).

Dans l'Inde, la chaîne himalayenne est seule à considérer puisque, dans le massif continental, la série stratigraphique se termine avec les derniers dépôts du Gondwana dans le médio-jurassique : le crétacé étant uniquement localisé sur la côte Est. Dans la zone himalayenne, au contraire, le jurassique marin est représenté; mais on sait que, contrairement à ce qui se passe en Europe, il est là relié par des transitions continues, d'une part au paléozoïque, de l'autre au tertiaire. Vers l'Est, des émersions s'accusent par des dépôts de lignite. Dès le crétacé, on les voit commencer dans l'Assam pour se continuer pendant le miocène. Enfin, il y a lieu de signaler, à la fin du miocène ou au début du pliocène (53, 54), la formation torrentielle si remarquable des Siwalik, épaisse de 4.500 m. : formation consécutive aux premiers grands plissements et elle-même replissée.

Dans toute l'Indo-Chine, le Yunnan et l'Insulinde, le début du tertiaire est marqué par d'importants dépôts charbonneux qui, dans le Nord, à Hokkaido et à Sakhaline, commencent dès le crétacé, qui, à Bornéo, Célèbes, Sumatra, s'accusent dès l'éocène, qui, plus généralement dans les grandes mines du Japon, semblent miocènes, qui ailleurs se continuent, mais avec des combustibles plus médiocres, dans le pliocène. En Indo-Chine, il suffit de citer les lignites tertiaires de Yen-bay mio-pliocènes; à Sumatra, ceux d'Ombilien; au Japon, ceux de Miiké et de Chikuho. Sur toutes ces vastes régions, les formations continentales jouent, pendant le tertiaire, un rôle prédominant, comme elles l'avaient fait déjà pendant le secondaire.

[1] Voir plus loin, p. 248.

[2] Voir plus loin, p. 250 et 253.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XI

LA FORMATION DU CONTINENT ASIATIQUE. ÉVOLUTION DE SA TECTONIQUE

Préambule. — Dans le chapitre précédent, nous avons essayé de raconter d'une façon tout à fait synthétique et en envisageant constamment l'ensemble du continent, l'histoire stratigraphique de l'Asie. Les accidents tectoniques n'ont été ainsi mentionnés qu'incidemment et pour le contrecoup qu'ils ont imprimé à la sédimentation. Ce sont eux pourtant qui ont constitué les grandes divisions naturelles du continent actuel et déterminé ces provinces métallogéniques, dont nous nous sommes proposé de faire ressortir le contraste. Nous devons donc maintenant, abordant l'histoire géologique de l'Asie sous une toute autre forme et, ne considérant plus la stratigraphie que comme un instrument d'investigation dont nous utilisons les résultats, montrer comment se sont succédés les mouvements auxquels sont dus les plissements, les dislocations, les métamorphismes, les intrusions ignées et, finalement, les émanations métallifères. Nous commencerons, dans ce chapitre, par un bref résumé des idées générales qui pourront nous servir de fil directeur en cette matière et nous passerons ensuite, pour nous y arrêter plus longtemps dans les chapitres XII à XIX, à la description successive des grandes provinces que nous aurons été amenés à distinguer: provinces, dont nous aurons à nous rappeler ultérieurement les traits caractéristiques quand nous aborderons les descriptions métallogéniques dans le reste du livre.

Nous insisterons ici uniquement sur les conditions que nous croyons de nature à éclairer la métallogénie, c'est-à-dire sur l'allure et l'âge des plissements ou dislocations (plutôt que sur leur raccordement et leur direction), sur la profondeur atteinte par l'érosion, sur les conditions de dépôt des sédiments et leurs caractères physiques (plutôt que sur leur faune), etc.

On s'étonnera peut-être de nous voir consacrer autant de chapitres à la tectonique et, à cet égard, notre ouvrage aurait pu s'appeler : « la Tectonique et la Métallogénie de l'Asie », si nous n'avions craint d'abuser des termes techniques dès la couverture du livre. Le travail de

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

reconstitution tectonique est de beaucoup celui qui nous a pris le plus de temps et donné le plus de peine. Mais aussi c'est le fondement de ce qu'il y a de neuf dans notre travail, puisque, d'habitude, on néglige de telles recherches pour examiner les divers gîtes isolément, et que c'est précisément ce que nous avons voulu éviter par un effort étendu à de vastes régions et de si peu connues.

L'idée générale qui sert de base à cet ouvrage est, je l'ai déjà dit, que, dans la plupart des phénomènes géologiques, la notion de profondeur joue un rôle essentiel, en entendant par cette expression la profondeur à laquelle se sont effectués ces phénomènes, ou (ce qui revient presque au même pour les effets), la profondeur à laquelle ont été ramenés postérieurement leurs produits. Cette profondeur, qui fut jadis extrêmement différente de ce qu'elle nous apparaît, le plus souvent plus forte, parfois moindre, s'est trouvée, dans la suite et après bien des mouvements tectoniques, ramenée au voisinage de la superficie actuelle, dans la zone accessible à nos travaux miniers : c'est la condition nécessaire pour que nous nous trouvions la connaître.

Deux phénomènes capitaux, et dont on ne tient pas toujours assez compte, sont ainsi à envisager : d'une part, le « retour en profondeur », qui nous paraît être l'origine de la plupart des métamorphismes et des manifestations pétrographiques et métallogéniques connexes ; de l'autre, les cycles d'érosion. J'insisterai surtout ici sur le premier[1].

A ce propos, il importe d'aller d'abord au devant d'une objection naturelle. Sans doute il ne faudrait pas exagérer cette notion de profondeur, et on aperçoit aussitôt un correctif nécessaire à un énoncé formulé tout d'abord volontairement sous une forme trop absolue. D'autres influences pouvant compenser ou remplacer plus exceptionnellement la profondeur, on doit considérer comme caractéristiques des phénomènes divers, non pas tant la profondeur absolue que les conditions le plus habituellement réalisées par cette profondeur, celles-ci pouvant ailleurs s'être trouvées reproduites par d'autres influences accidentelles (de température et de pression par exemple), mais auxquelles cette profondeur sert toujours de mesure et d'étalon.

Ainsi entendue, la profondeur originelle explique aussi bien l'allure de la tectonique que la pétrographie et la métallogénie, entre lesquelles elle établit un lien naturel que nous chercherons à faire ressortir.

Comme cette profondeur originelle dépend, avant tout, des mouvements orogéniques ou des déplacements verticaux que chaque région a pu subir par suite de surélèvements ou d'effondrements, nous aurons un intérêt tout spécial à mettre ce genre de phénomènes en évidence, regrettant seulement les lacunes encore trop fréquentes de nos connais-

[1] La question des érosions a été traitée en détail dans la *Science géologique*, p. 331, au chapitre intitulé : la Géologie en action.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sances, précisément dans cet ordre d'idées que beaucoup d'observateurs pressés ou incompétents ont malheureusement négligé.

Ainsi que je viens déjà de l'admettre implicitement et contrairement à une idée longtemps soutenue, qui survit, sous-entendue, dans la plupart des théories métallogéniques, je crois et je m'efforcerai de démontrer que les métallisations se sont toujours faites en profondeur et seulement, par suite, sur les compartiments de l'écorce qui se sont trouvés rester en profondeur ou y être ramenés par des mouvements tectoniques, dans lesquels les plissements ont joué le rôle principal et que leur caractère dominant, leur type général diffèrent suivant la profondeur à laquelle elles se sont produites.

Les grandes zones tectoniques de l'Asie. — Essayons d'abord de nous représenter, dans son ensemble, la constitution tectonique de l'Asie. Ce sera, pour nous, une occasion d'envisager dès à présent certaines grandes divisions naturelles de ce continent : divisions qui, dans la suite, serviront de base à toutes nos études.

Cette constitution tectonique est figurée jusqu'à un certain point par une carte, telle que notre pl. I, où nous avons essayé d'en schématiser les principaux traits. Nous avons, sur cette carte, attaché une importance toute particulière à mettre en évidence, non pas seulement les directions de plissements que l'on envisage seules d'habitude, mais aussi leur âge, en entendant par là l'époque à laquelle se sont produits, sur une zone qui a pu subir des plissements successifs, les derniers mouvements un peu intenses. Il y a là une notion, qui n'est nullement une nouveauté, mais que certains travaux récents tendent un peu trop à faire passer au second plan. On a même imaginé, il y a quelques années, une théorie d'après laquelle tous les plissements successifs d'une région auraient gardé leur direction identique et se seraient exactement superposés : ce qui aurait presque dispensé de considérer leur âge. Cette théorie, qui peut être vraie par exception pour certains plis qualifiés en conséquence de posthumes, est trop manifestement contraire à la majorité des observations pour n'avoir pas été en général abandonnée. Le simple raisonnement pouvait d'ailleurs faire prévoir son inexactitude. Car, entre deux plissements consécutifs, il s'est produit toute une série de phénomènes, en partie connexes du premier plissement même, qui ont nécessairement dû modifier les conditions mécaniques d'élasticité dans lesquelles cette partie de l'écorce abordait un plissement nouveau.

Pratiquement, on voit, en bien des régions du globe, se produire le conflit de plissements aussi différents par leur direction que par leur âge. D'une façon générale, on peut envisager deux cas pour les changements de direction si fréquents dans les chaînes plissées. Tantôt ils ne rompent pas l'unité réelle de la chaîne. La sinuosité est l'effet d'un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

écueil que le plissement a dû contourner. Les courbes des Carpathes et des Alpes en sont des cas typiques. Mais, ailleurs, il n'est pas possible de relier deux chaînes indépendantes qui arrivent presque au contact l'une de l'autre avec des directions distinctes. C'est, par exemple, ce qui se produit dans la mer Égée pour les plis anciens des Cyclades ou du continent grec par rapport aux plis Est-Ouest de toute la partie Sud-Ouest de l'Asie Mineure. C'est également ce que nous retrouverons dans l'archipel Malais.

Pour nous, cette notion d'âge est essentielle : l'âge d'une chaîne plissée pouvant en moyenne correspondre à un état d'érosion plus ou moins avancé, donc à une profondeur originelle plus ou moins forte des zones moyennement amenées à la superficie et se rattachant ainsi directement à la notion de type métallogénique régional qui, nous l'avons dit, présente quelques rapports généraux avec cette profondeur.

Il faut ajouter que, suivant une remarque développée ailleurs, plus les mouvements d'une région sont récents, plus ils prennent le caractère de dislocations : celles-ci offrant naturellement une issue plus facile aux manifestations métallogéniques internes comme aux déplacements pétrographiques.

Si nous résumons l'enseignement qui résulte de notre figure, on peut dire en deux mots que la partie moyenne de l'Asie est formée de plis tertiaires dirigés Est-Ouest occupant une zone aux saillies prépondérantes entre deux plus larges zones formées de plis anciens où apparaît fréquemment la direction Nord-Sud. Mais ce plan d'ensemble si simple s'est trouvé compliqué par deux phénomènes : 1° intervention des noyaux anciens, intercalés au milieu des courants nouveaux qu'ils ont eu pour effet de diviser comme le font des écueils; 2° inversement, déviation des plis récents suivant d'anciennes directions de plissements converties en cassures, avec production de chaînes que l'on peut qualifier de posthumes, à direction anormale. Comme exemples du premier ordre de phénomènes nous citerons les bifurcations provoquées par le massif sinien, par celui du Cambodge, etc. Comme cas du second, on peut mentionner, dans le massif Nord, l'Oural qui s'est introduit, à une époque relativement récente, avec une direction Nord-Sud, entre deux masses anciennes de même direction. Au Sud, un cas plus compliqué est celui de la chaîne birmane qui s'est déviée de même à l'époque tertiaire suivant le sens Nord-Sud des plissements antérieurs, pour aller reprendre sa direction normale plus au Sud, dans la chaîne de Java, Soembawa, Timor. On peut constater (par exemple sur la figure 2) que ces deux chaînes Nord-Sud, à caractère ancien, étaient annoncées déjà par deux sillons dévoniens qui, pendant cette période géologique, constituaient deux bras de mer.

Pour compléter ce premier aperçu très sommaire de l'Asie, il faudrait encore envisager ce qui se passe en approchant du Pacifique. Là ce sont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les chaînes tertiaires elles-mêmes qui, sous la forme d'arcs en guirlandes, prennent une direction moyenne Nord-Sud : direction destinée à se poursuivre dans le continent américain et même dans l'océan Atlantique. Les grandes étendues actuellement recouvertes par la mer dans ce domaine Pacifique y rendent les synthèses difficiles. Néanmoins, bien des considérations[1] amènent à envisager un primitif continent Pacifique effondré (peut-être limité au Sud-Est par la Fosse des Tonga).

Revenons maintenant sur cette idée d'ensemble pour la préciser. Nous venons de montrer le rôle tectonique joué par la zone plissée médiane Est-Ouest. Nous avions précédemment fait ressortir le caractère très anciennement continental que présente, à l'exception de cette même zone, la majeure partie de l'Asie. Il y a connexion intime entre les deux faits. Les dernières zones marines, qui se sont perpétuées longtemps au milieu de ces masses émergées, ont affecté de bonne heure l'allure d'une grande mer méditerranéenne (Téthys ou Mésogée), représentée aujourd'hui par la zone plissée. C'est, par l'application d'une loi fréquemment vérifiée en tectonique, un sillon marin longtemps déprimé qui s'est trouvé précisément porté, dans un mouvement orogénique relativement très récent, aux altitudes les plus grandes aujourd'hui manifestées sur le continent. Le rôle de ce synclinal est tout à fait analogue à celui qu'a joué un autre sillon Méditerranéen entre l'Europe et l'Afrique, en donnant ici à ce mot de Méditerranée une extension inaccoutumée, mais qui ne dépasse pas en largeur celle de la mer intérieure asiatique et en y comprenant, des deux côtés de la Méditerranée actuelle, les terres récemment émergées de la France, de l'Allemagne, de l'Autriche, de l'Algérie, etc.

Une observation semblable s'applique au domaine du Pacifique. Sur la côte orientale de l'Asie on retrouve la trace d'un autre grand sillon marin qui, à la direction près, ressemble peut-être plus encore à notre Méditerranée par la persistance d'une dépression marine jusqu'à nos jours et sur lequel se sont également manifestés avec violence les accidents orogéniques les plus récents. Nous venons de dire notre croyance à l'existence d'un ancien continent Pacifique, ou tout au moins d'un ancien socle ou massif consolidé[2], qui se trouverait aujourd'hui recou-

[1] Voir la *Science géologique*, page 254.

[2] Un tel « môle », ou « faîte », ou « voussoir » anciennement consolidé, n'implique nullement, remarquons-le en passant, une région définitivement émergée, mais seulement une région qui ne s'est plus ridée. C'est ainsi que l'hypothèse d'un môle Pacifique peut très bien s'accorder avec l'idée que cette mer est, dans son ensemble, fort ancienne. Aussitôt ses premiers plissements abrasés, les eaux marines ont pu la recouvrir et ne plus l'abandonner. Mais il peut y avoir eu aussi, dans la même hypothèse, des alternances d'émersion et de submersion, analogues à celles que nous observons sur nos continents, ici plus difficiles à étudier parce que nous rencontrons présentement une période de submersion presque totale : le pendant de la phase cénomanienne en Europe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vert par les eaux dans les conditions où cela est arrivé autrefois si souvent pour les socles anciennement consolidés et généralement émergés de nos continents. Entre ce continent Pacifique hypothétique et le continent Asiatique, une chaîne plissée, correspondant à un géosynclinal très anciennement dessiné, est marquée, d'une façon nette, par ces guirlandes d'îles qui, même aux yeux de l'observateur le plus superficiel, affectent la disposition d'une ou plusieurs chaînes plissées à l'époque tertiaire, dont la mer serait venue recouvrir les parties basses. On aperçoit ainsi, dès ce premier croquis, dans quelle mesure est vraie et dans quelle mesure plus forte est inexacte cette persistance, aux mêmes places marquées dès l'origine, des grandes masses continentales et des mers, à laquelle ont cru autrefois divers théoriciens, et qui doit avoir le sort commun de toutes les autres généralisations prématurées. Il y a, dans le continent asiatique, des parties anciennes, mais il y en a de toutes neuves ; nous allons, tout à l'heure, en étudiant son histoire, assister à la naissance d'un continent, dont les traits, d'abord mobiles, s'accusent et se fixent successivement, comme ceux d'un visage humain avec l'âge. Et, sans doute, si nous pouvions faire la géologie du fond des mers, nous y rencontrerions de même plus d'un grand espace qui, tout récemment encore, avant de s'enfoncer sous la mer, semblait constituer un très stable continent.

A cette première grande division entre les masses continentales anciennes de l'Asie et les zones marines récemment disparues ou encore subsistantes, telles que la Téthys des plis himalayens et le bord actuel de l'océan Pacifique, il faut maintenant ajouter des subdivisions naturelles pour les parties dites jusqu'ici continentales. L'Asie s'est faite par la soudure de deux vieux continents (terre du Nord ou Angara, terre du Sud ou Gondwana) que, depuis le tertiaire seulement, a reliées l'une à l'autre le soulèvement des chaînes centrales. Mais ces continents eux-mêmes se sont d'abord formés de tronçons juxtaposés et soudés par l'adjonction de parties plus jeunes. Un phénomène analogue avait antérieurement fait surgir les divers tronçons calédoniens de la Sibérie centrale, puis hercyniens de l'Altaï, des Altaïdes, ou, en dernier lieu, de l'Oural, entre des plateformes antérieurement stabilisées. Et, si, dans le socle de ces plateformes elles-mêmes, trop vieux, trop métamorphisé par suite pour se prêter à des observations fructueuses, nous datons malaisément la trace de mouvements pareils remontant à des époques antérieures, les nombreuses discordances internes de ces terrains métamorphisés nous avertissent cependant suffisamment que ces mouvements ont eu lieu. Nous sommes donc amenés à distinguer en Asie quelques grandes provinces naturelles, différenciées par l'âge de leur formation, de leur consolidation et, dès lors, en moyenne, de leur émersion : différenciées du même coup par leur métallogénie.

Sans revenir ici sur certaines notions de géologie générale résumées

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ailleurs par nous-même [1] et que nous devons supposer suffisamment connues, nous nous attacherons seulement aux notions qui doivent nous être utiles pour l'étude métallogénique, avec laquelle nous indiquerons de suite leur lien.

1° **Les plates-formes primitives.** — Nous envisagerons, en premier lieu, les grandes plates-formes primitives, sur lesquelles, à partir du cambrien, les mouvements orogéniques ne se sont plus fait sentir, du moins sous leur forme ordinaire de plissements et qui, depuis ce moment, n'ont plus subi que des déplacements verticaux, tantôt dans le sens négatif, tantôt dans le sens positif (effondrement ou exhaussement) : ces déplacements ayant pu affecter, soit le massif entier, soit, beaucoup plus rarement et dans des zones très localisées, ses parties tronçonnées par des failles. Ce type de déplacements a, en moyenne, déterminé des dépressions beaucoup moins profondes (et, mécaniquement, cela est aussitôt compréhensible) que les plis progressivement accentués des géosynclinaux. Il a donc été relativement rare que les eaux marines aient pu submerger ces socles primitifs, et, d'ordinaire, ces eaux, passant sur un socle aplani, transformé en pénéplaine, où ne se creusait aucun synclinal nouveau, ont eu peu de profondeur, quoiqu'on trouve, à titre exceptionnel, des faunes bathyales sur quelques anciens socles momentanément submergés. Plus souvent même (et ce caractère paraît, sur la plupart d'entre eux, s'être accentué avec le temps), la dénivellation n'a pu déterminer que l'accumulation d'eaux lacustres, ou tout au plus lagunaires.

Il faut cependant remarquer (et il me semble qu'on ne l'a pas assez fait jusqu'ici) que ces bassins lacustres ou lagunaires ont pu subir, dans des conditions toutes différentes, une sorte de plissement à très large amplitude analogue à celui des géosynclinaux marins, que l'on en suppose parfois totalement distincts par leur histoire. Leur fond n'est pas resté immobile, comme le montre l'épaisseur sur laquelle s'y sont accumulés les sédiments, dont chacun supposait des eaux fort peu profondes. Il y a eu, dans certains cas, affaissement progressif de ce fond entraînant la continuation de dépôts analogues jusqu'au moment où l'amoncellement de ces dépôts plus rapide que l'affaissement du fond, ou l'arrêt de celui-ci ont déterminé le comblement définitif du bassin. Des phénomènes pareils ont probablement aussi contribué aux grandes épaisseurs atteintes par certains produits d'évaporation salins et pour lesquelles les interprétations généralement données de barres lagunaires, de climat désertique, etc., tout en étant à retenir, semblent insuffisantes.

Les conditions de dépôt sur les anciens continents, que nous analysons

[1] *La Science géologique* (chapitres relatifs à la tectonique et, spécialement, description de l'Asie).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ici à l'occasion des plates-formes primitives, mais qui, bien entendu, se sont reproduites à une époque postérieure sur les autres continents plus récents, comportent une horizontalité restée presque complète des sédiments qui, depuis leur formation, n'ont plus subi que des déplacements verticaux dans l'un ou l'autre sens, mais non des plissements. Et, pour la même raison, le métamorphisme de ces couches horizontales peut être nul ou très faible : ce métamorphisme étant, en principe, la conséquence d'un retour en profondeur déterminé par les plissements. Pourtant, là encore, il ne faut pas exagérer, et le simple enfoncement d'un voussoir par déplacement vertical a pu, à titre plus exceptionnel, en raison de son recouvrement par des sédiments ultérieurs, déterminer aussi un certain métamorphisme.

Généralement, dans les régions dont il s'agit, les métallisations sont bornées au socle primitif et plissé, qui, lui, a subi ce retour en profondeur et correspondent à une profondeur d'autant plus grande que son érosion a été plus prolongée, plus complète. Elles s'y présentent presque toujours disséminées par imprégnation latérale dans des strates et non concentrées dans les filons. On ne les voit naturellement que lorsque la plateforme primitive plissée, dans laquelle elles sont englobées, s'est trouvée mise à nue par disparition du manteau plus ou moins ancien des terrains horizontaux. Il semble néanmoins, en outre, être résulté des mouvements verticaux, certaines pressions internes sur les masses profondes qui ont dû contribuer aux injections de roches éruptives avec interstratification apparente ou même réelle, si fréquentes dans ce genre de terrains; on pourrait donc théoriquement rencontrer quelques métallisations connexes de ce genre de roches, telles que la catégorie des gîtes de cuivre et de fer associés aux porphyrites et diabases. Nous n'en connaissons guère d'exemple important en Asie.

Enfin, dans ce genre de massifs anciens, les métallisations filoniennes, si elles se présentent, se trouveront nécessairement localisées sur les zones de dislocations qu'ont pu y provoquer par contre-coup des mouvements plus récents. Et, comme il est naturel, ces dislocations sont d'autant plus rares dans un massif qu'il a été plus anciennement consolidé : d'abord parce que lui-même en est plus stabilisé et ensuite parce que les auréoles de consolidation successives, qui l'ont entouré l'une après l'autre, ont éloigné de plus en plus de lui le rayon d'action des efforts dynamiques, par lesquels il aurait pu être brisé.

Une observation analogue se présente à l'occasion de la première *couronne calédonienne* qui entoure souvent une partie des plateformes primitives. Là où celle-ci n'a pas été disloquée postérieurement, mais seulement plissée et métamorphisée pendant les mouvements de la fin du silurien, ses caractères métallogéniques seront tout à fait analogues à ceux du socle plissé des plateformes précédentes: les conditions d'érosion, un peu différentes au début, ayant eu tout le temps de s'égaliser.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Là, au contraire, où des dislocations tertiaires sont intervenues, ou peut-être plus anciennement des dislocations hercyniennes, il n'y a pas de distinction essentielle à faire entre de tels massifs calédoniens et des massifs hercyniens, qui ont présenté, d'une façon infiniment plus générale, ce genre de dislocations. Nous trouvons donc là de suite l'application d'une remarque précédente, d'après laquelle, dans la tectonique des provinces métallogéniques, tout n'est pas à beaucoup près d'un même intérêt pour nous, l'attention devant être surtout appelée sur la façon dont se sont produites les dislocations, lorsque des déplacements de magnas éruptifs au voisinage étaient susceptibles d'y provoquer des cristallisations métallifères. Dans l'allure des dislocations, plus encore que dans la profondeur, réside l'explication principale de ces types régionaux; mais le type apparent des dislocations d'une région paraît lui-même, dans une forte mesure, fonction de la profondeur à laquelle se trouvait au début la section horizontale qui occupe aujourd'hui la superficie.

Les caractères métallogéniques, dont nous avons parlé d'abord, se rencontreront dans quelques régions, pour nous tout à fait assimilables les unes aux autres, comme le « continent de l'Angara » (Sibérie Centrale), le « Môle sinien » (Chine orientale), le « continent de Gondwana » (Inde péninsulaire). On les retrouverait dans l'Australie occidentale, à Madagascar, dans l'Afrique australe et au Brésil, pour l'hémisphère Sud, comme au Canada pour l'hémisphère Nord. En même temps, ces régions comporteront, comme dépôts utiles d'un tout autre genre, les formations qui peuvent résulter de l'accumulation de certaines matières dans un lac, une lagune, ou même sur un rivage, telles que les combustibles, les substances salines, les minerais de fer sédimentaires ou les phosphates.

Cela ne veut pas dire que ces substances ne puissent exister également dans les chaînes plissées d'émersion plus récente, et, même dans les plus jeunes de ces chaînes, où, antérieurement au plissement, des conditions continentales ou littorales avaient pu, par exception, être réalisées. Mais on conçoit qu'elles y soient plus rares. Il y a eu, en effet, une localisation assez rapide des zones faibles de l'écorce, par suite de laquelle beaucoup des grands géosynclinaux ont été anciennement esquissés et ont alors anciennement aussi subi les conditions de mers profondes que comportent de tels sillons. En outre, le fait même que ces régions ont été récemment plissées y exclut la possibilité de dépôts postérieurs au plissement, accumulés dans une lagune ou un lac peu profond sur l'emplacement aplani d'une ancienne chaîne.

2° **Chaînes de plissement hercyniennes.** — Le second type de régions métallifères que nous aurons à examiner en Asie correspond aux zones affectées par les plissements que nous appellerons, d'une façon générale

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et par une extension peut-être un peu hardie de ce terme, hercyniens. Ces plissements sont, en Asie, difficiles encore à séparer des plis post-siluriens, dits calédoniens, dont il a été question déjà plus haut. Eux-mêmes ont pu s'espacer, suivant les régions, depuis le carbonifère jusqu'à la fin du permien, avec une tendance apparente à reculer progressivement vers le Sud.

A ce groupe appartient, outre l'Oural un peu plus récent de direction Nord-Sud, la série de massifs plus ou moins continus qui commence par la steppe des Kirghises à l'Ouest, se continue par l'Altaï, les montagnes de Minoussinsk, un certain nombre de chaînes chinoises, et, plus au Sud, la chaîne stannifère du Yunnan, de la presqu'île de Malacca, etc.

Dans la zone la plus septentrionale, qui comprend les Sayan et la région du Vitim, les terrains cambriens, siluriens et dévoniens inférieurs, que l'on trouve horizontaux sur la plateforme sibérienne précédemment considérée, apparaissent, au contraire, plissés, avec des sillons longitudinaux portant parfois l'empreinte d'effondrements beaucoup plus récents (pour le Baïkal, accidents pontiens). Les plis de cette zone affectent peut-être le dinantien, mais ne semblent pas se manifester dans les terrains plus récents. C'est pourquoi nous les appelons hercyniens. Puis viennent d'autres zones très vastes de plissements plus récents, que l'on peut encore par extension rattacher à la phase hercynienne et qui ont affecté en principe l'ensemble des terrains carbonifères, avec la base du permien, tant dans l'Oural qu'en Sibérie.

Dans la zone centrale de l'Asie, des plissements correspondants, auxquels s'est superposé plus tard en partie un énorme plissement tertiaire, affectent les terrains permo-triasiques, dont on retrouve les lambeaux disséminés de tous côtés en Asie, aussi bien sur les bords de l'Angara ou dans le désert de Gobi que dans l'Inde. Vers le Sud, au contraire, les plissements principaux pourraient être un peu plus anciens et plus exactement synchroniques avec ceux de l'Europe. Dans le Loun-chan, le stéphanien, riche en houille, est discordant sur le dinantien.

Ainsi qu'il arrive pour les massifs hercyniens d'Europe, ceux de l'Asie ont subi, surtout dans leur partie la plus septentrionale, la plus voisine de l'avant-pays sibérien, un tronçonnement qui peut correspondre en partie à des zones d'ennoyage anciennes, mais qui a été surtout déterminé par les dislocations postérieures de l'époque secondaire ou tertiaire. Ce tronçonnement n'est rien d'ailleurs, comparé à celui qui a fait disparaître les intervalles des faîtes primitifs sur des espaces si considérables. Les directions hercyniennes présentent de plus, en Asie comme en Europe, ces rebroussements incessants en forme de dents de scie, qui tiennent à l'irrégularité de l'avant-pays, contre lequel les mouvements nouveaux venaient s'appliquer, et auxquels on s'est souvent attaché à donner des noms distincts, par un besoin de sim-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plification géométrique, qui semble un ressouvenir inconscient des anciennes idées de Werner et d'Élie de Beaumont.

Comme minerais, nous trouverons partout ici des types qui nous rappelleront beaucoup les filons de l'Europe centrale : apparemment parce qu'ils correspondent à la même profondeur de cristallisation approximative. On remarquera seulement, dans la partie de cette chaîne qui traverse la Sibérie, comme dans l'Oural, l'absence à peu complète de l'étain et de son groupe qui sont, en Europe, si caractéristiques de la chaîne hercynienne. Cette anomalie disparaît au Sud-Est de l'Asie, comme, plus loin dans le même sens, pour une région que nous n'aborderons pas, en Australie. Ailleurs, elle correspond à la rareté simultanée des granites à quartz bipyramidés et souvent à mica blanc, qui constituent un groupe si individualisé en France (granulites), et les deux phénomènes tiennent peut-être à une différence dans la profondeur atteinte par l'érosion sur des chaînes qui ne sont pas rigoureusement contemporaines. Cette dernière remarque s'applique particulièrement à l'Oural, dont l'âge est très sensiblement plus récent, et dont les minerais présentent, en effet, un type assez particulier.

3° **Plissements alp-himalayens**. — Les zones de plis alpins sont très représentées en Asie et dans le Pacifique ; et les dislocations qu'elles comportent, non pas dans l'axe plissé lui-même, mais latéralement, avec les épanchements volcaniques d'âge crétacé ou tertiaire qui ont souvent suivi de telles chaînes à distance, entraînent des gîtes métallifères d'un autre type que ceux des zones précédentes. L'Asie Mineure nous fournira le prolongement des types méditerranéens ; le Caucase et le Turkestan russe rappelleront les Pyrénées ou les Carpathes ; les zones plissées de l'Himalaya et de l'Asie centrale auront des analogies avec les Alpes, et, le long des axes volcaniques récents, au Japon ou dans l'Insulinde, on observera surtout l'équivalent de ce qui, sur l'autre rive orientale du Pacifique, se produit le long du continent américain. Ces zones de plissements alpins, dont on peut suivre la disposition générale sur les pl. I et IX, comportent un grand faisceau qui, d'abord unique dans l'Ouest, se divise en deux, puis en trois branches, à l'Est du Pamir ; ce faisceau part de l'Asie Mineure, couvre l'Iran, puis donne : *a*, la branche Nord du Tien-chan, du Nan-chan et du Khingan ; *b*, la branche centrale du Kouen-lun ; *c*, la branche Sud de l'Himalaya et des chaînes birmanes. A l'Est, la chaîne des îles de la Sonde se prolonge par le Japon.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

LA GÉOLOGIE DE L'ASIE

B. — DESCRIPTIONS RÉGIONALES

CHAPITRE XII

HISTOIRE GÉOLOGIQUE ET GISEMENTS CHARBONNEUX DE L'ASIE RUSSE

Préambule. — Dans cette partie de notre travail nous nous proposons d'examiner successivement les grandes régions asiatiques et de décrire, à ce propos, les gisements de leurs combustibles, qui sont les principaux de leurs sédiments utiles. Les subtances salines étant, également des minéraux sédimentaires, auraient eu ici leur place naturelle ; il nous a paru préférable d'en grouper toutes les descriptions dans un chapitre d'ensemble.

L'ordre rigoureusement logique voudrait que nous commencions l'étude du continent asiatique par les grandes plates-formes primitives, dont nous avons déjà indiqué l'emplacement, pour examiner ensuite les chaînes de plissements calédoniens et hercyniens et terminer par les chaînes tertiaires. Cet ordre, qui devrait, en effet, être adopté dans une région restreinte, à la fois bien connue scientifiquement et géographiquement familière au lecteur, comme la France par exemple, aurait, je crois, pour l'ensemble de l'Asie, le grave inconvénient de disperser, dans des chapitres très éloignés les uns des autres, les traits correspondant à des régions qui font partie d'une même unité géographique et sur lesquelles il peut arriver qu'on ait fort peu de choses à dire. Par exemple, la description de la région située entre l'Iénisséi et la Léna, qui constitue une plate-forme primitive, devrait se trouver complètement séparée de celle de la Transbaïkalie, où l'on constate, avec des plissements hercyniens, des possibilités de dislocations tertiaires et, à plus forte raison, de la mer d'Okhotsk, où les mouvements tertiaires ont dominé. De même, entre l'étude de l'Inde péninsulaire et celle de l'Himalaya ou du Salt-range, il faudrait intercaler la presque totalité de notre travail. Une telle méthode aurait pour défaut de masquer les contrastes, que je tiens à mettre en évidence, entre les provinces métallogéniques très diverses d'une même région qui, dans l'usage courant de la géographie, a son individualité bien caractérisée, plutôt que de les faire

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ressortir. Il me semble donc préférable, ayant assez insisté déjà sur les grandes divisions tectoniques de l'Asie, de ne pas m'attacher à les suivre aussi scrupuleusement dans le détail, tout en m'y conformant dans l'ensemble et d'envisager au cours du même chapitre, les diverses provinces métallogéniques d'une région naturelle, comme la Sibérie, comme la Chine ou comme l'Inde. En vertu de cette observation, nous commencerons par l'Asie Russe, dans laquelle nous étudierons : d'abord, (ch. XII), la masse primitive boréale, surtout connue dans la Sibérie occidentale; puis, au Sud, les chaînes primaires, l'Oural, l'Altaï, le Sayan, les monts Stanovoi; enfin (ch. XIII et XIV), les chaînes tertiaires, du Caucase et du Turkestan russe, formant une seconde ceinture extérieure plus au Sud et à l'Est.

Puis nous aborderons, de l'Ouest à l'Est, la zone méridionale, située au Sud de cette grande chaîne qui rattache le Caucase aux plis himalayens et coupe en deux le continent asiatique. Nous examinerons tour à tour l'Asie Mineure (ch. XV), l'Arménie et la Perse (ch. XVI), l'Hindoustan (ch. XVII), l'Indochine et l'Insulinde (ch. XVIII).

Nous reviendrons alors (ch. XIX) sur le Tibet et la Chine, dont toute la partie occidentale, si peu connue, se rattache sans doute aux plis tertiaires du groupe himalayen et aurait eu, dès lors, sa place naturelle un peu plus tôt après le Turkestan, mais dont tout le côté Est, le seul où nous aurons des gisements à décrire, forme géologiquement, comme il a formé historiquement, un monde à part, un groupe ancien à plissements presque orthogonaux sur les plis himalayens.

Enfin nous terminerons cette étude de géologie régionale, qui forme le préambule de l'étude métallogénique proprement dite, par le Japon (ch. XX), dont les îles dessinent, autour de cette masse primitive de la Chine, une couronne tertiaire.

ASIE RUSSE

La description géologique de l'Asie Russe, dans l'ordre d'idées spécial qui nous intéresse ici, eût été totalement impossible à écrire il y a vingt ans seulement. Les immenses territoires de la Sibérie étaient alors, à l'exception de quelques centres miniers, à peu près inconnus, aussi bien comme constitution géologique que comme ressources minérales. Les explorations commencées en 1888 pour la construction de la voie ferrée transsibérienne, explorations étendues à une large distance de 5 à 8° de latitude, auxquelles il faut ajouter les expéditions de la côte arctique, celles de la mer d'Okhotsk, de la Mandchourie, etc... ont complètement changé cet état de choses. Des pays entiers ont été scientifiquement *découverts*, en même temps que la construction de la voie rendait quelques-unes de leurs richesses minérales susceptibles d'utilisation dans un délai plus ou moins court. Ce sont les nombreuses

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

publications de ces missions scientifiques, publications dont on trouvera la liste[1] plus loin, qui nous ont presque uniquement fourni les matériaux pour notre travail, les faits, que nous allons essayer d'interpréter et de commenter. Pour les détails, dont nous n'avons pas cru devoir tirer parti, il suffira de renvoyer aux publications originales, où on les retrouvera aisément, si on le désire, avec les indications fournies ici.

Suivant le plan d'ensemble indiqué dès le début, nous devons commencer par établir, au moyen de la géologie, les grandes provinces métallogéniques naturelles de l'Asie Russe, dont, si notre théorie est exacte, les limites, vérifiées ensuite par la nature des gisements, se trouveront avoir été prévues géologiquement d'avance et les types déterminés par la tectonique. C'est ainsi que nous allons successivement étudier: 1° la Plate-forme primitive sibérienne ; 2° la Ceinture calédonienne à imprégnations aurifères, formée par les bassins de l'Iénisséi (Pit et Oudérei) et de la Léna (Olekma et Vitim) ; 3° les chaînes hercyniennes de l'Oural, de la Steppe Kirghise, de l'Altaï, etc, ; 4° la région hercynienne à dislocations tertiaires du Sayan oriental et de la Transbaïkalie ; 5° les provinces plus orientales, où l'influence des plissements tertiaires s'accentue de plus en plus quand on se rapproche de la côte Pacifique[2]. Nous laisserons entièrement de côté le Caucase, la Transcaucasie, et le Turkestan russe, régions à plissements tertiaires dont l'étude forme un tout indépendant et occupera le chapitre suivant. Cette description géologique sera, répétons-le une fois pour toutes, uniquement conçue en vue d'éclairer plus tard la métallogénie. On ne devra donc s'attendre à y trouver, ni une stratigraphie des zones non minéralisées, quel que puisse être leur intérêt, ni surtout des indications paléontologiques.

La disposition réciproque des diverses parties que nous venons d'énumérer apparaît sur notre carte tectonique et métallogénique de l'Asie russe (planche II), que complètent des cartes de détail. Pour les raisons d'être de cette division et l'allure générale du mouvement de contraction qui a provoqué le jeu relatif de ces parties, nous demandons la permission de renvoyer à l'esquisse tracée au chapitre XI de notre ouvrage sur la Science Géologique. Nous allons seulement en indiquer les caractères fondamentaux, dont nous aurons besoin bientôt ; les descriptions de détail nous fourniront plus tard l'occasion d'en mieux expliquer le mécanisme.

[1] Voir au chapitre XXIII la bibliographie générale des gîtes métallifères sibériens. Les principales publications relatives à la Sibérie seront désignées par les abréviations suivantes : Expl. : Explorations géologiques et minières le long du chemin de fer de Sibérie ; Or : Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie ; Trav. Sec. géol. : Travaux de la Section géologique du Cabinet de Sa Majesté (Altaï et Nertchinsk).

[2] Des dislocations récentes peuvent accidentellement se rencontrer dans des massifs anciens et y introduire des types métallogéniques anormaux, reliés à ces roches éruptives auxquelles on donne en Sibérie le nom général de trapps. Nous en citerons un exemple à Nikolaievsk dans le gouvernement d'Irkoutsk.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Deux mots seulement de topographie. Géographiquement, si l'on envisage le relief de l'Asie septentrionale, on voit tout l'Ouest de la Sibérie jusqu'à l'Iénisséi occupé par une grande plaine ne dépassant pas 200 m. d'altitude qui se prolonge vers le littoral de la mer Arctique : plaine de tourbières, de toundras, etc. C'est, par suite d'anciennes idées erronées, l'aspect sous lequel on se représente le plus habituellement la Sibérie, négligeant les zones plus accidentées qui y occupent pourtant de vastes surfaces. A l'Est de cette dépression, qui occupe surtout le bassin de l'Obi et dont nous aurons fort peu à parler, se présentent des plateaux de 200 à 600 m. d'altitude, qui représentent les plates-formes primitives de la Léna et de l'Aldan : le centre de cristallisation, le noyau primitif de tout l'agrégat complexe que nous nous proposons d'étudier. Tout autour de ces plates-formes et plaines basses, on trouve, avec une altitude de 600 à 2.000 m., une couronne de hautes collines, puis de montagnes, dans laquelle nous essayerons de distinguer, d'abord des plis d'âge calédonien (antérieurs au dévonien), puis, avec une largeur beaucoup plus grande, des zones dont le plissement principal date de la fin du carbonifère et que nous appelons dès lors hercyniennes. Les saillies principales de cette très vaste couronne périphérique sont celles de l'Oural, puis de la Steppe Kirghise, de l'Altaï, du Sayan, de la Transbaïkalie, du Khingan, etc., au delà desquels commence, vers le Sud, avec des altitudes devenues très diverses, et pourtant peut-être avec une même origine, une longue dépression Est-Ouest, occupée dans l'Ouest par la zone aralo-caspienne au-dessous de 200 m. et, dans l'Est, après la saillie du Turkestan russe, par la Dzoungarie ou le Tarim et le Gobi, dans lesquels les altitudes, d'abord supérieures souvent à 1.000 m., redescendent progressivement par échelons jusqu'à 100 ou 200 (Gobi oriental).

Ce relief orographique de l'Asie dépend en grande partie des mouvements récemment subis par le sol et, spécialement, des mouvements tertiaires connexes des grands plissements qui ont affecté les régions caucasiques ou himalayennes. On peut considérer la Sibérie orientale et les plates-formes primitives de la Léna ou de l'Aldan comme des parties à peu près immobilisées depuis le début, n'ayant été soumises qu'à de très faibles gauchissements, relèvements ou affaissements, ayant donc gardé la disposition horizontale, produit d'une très longue érosion. Toute la zone de l'Asie centrale a dû, au contraire, subir un mouvement de surrection en bloc par un phénomène analogue à celui du coin serré à sa base : coincement provoqué par l'effort orogénique, qui a en même temps plissé plus au Sud la région himalayenne et qui, là par plissements, ici par gradins soulevés, a déterminé toutes les énormes saillies asiatiques. Plus on s'éloigne de la chaîne, où le plissement a atteint son paroxysme, plus les phénomènes connexes s'affaiblissent et se restreignent au jeu relatif de petites coulisses contiguës, dont nous verrons

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'excellents exemples vers le Baïkal : coulisses allongées dans le sens des plissements, sur lesquelles les tensions plicatives ont amené des ruptures disjonctives, à près parallèles à leur direction générale et, par suite, des dénivellations ou des relèvements dans le même sens. C'est ainsi que le relief actuel est solidaire de l'histoire géologique et que les grandes divisions, établies d'après l'un, peuvent, dans une certaine mesure, servir à l'autre. Ce sont des considérations sur lesquelles nous aurons maintes fois à revenir : étant donné l'importance attachée dans notre thèse à la profondeur originelle des zones aujourd'hui ramenées près de la superficie, et, par conséquent, aux efforts de surrection ou de dénivellation qu'elles ont pu éprouver, puis aux érosions qui ont commencé à les niveler.

On peut ajouter, dès ce premier aperçu, que la zone basse limitrophe de la mer Arctique est toujours restée en quelque sorte une dépendance et un prolongement de cette mer, comme cela se produit, sur une plateforme assimilable, pour les territoires de la baie d'Hudson au Canada. Fréquemment, on a vu, pendant le dévonien, le dinantien, le trias, le jurassique, le néocomien et probablement même encore à la fin de l'éocène, cette mer déborder sur le continent voisin, qu'un léger mouvement de bascule introduit par des plissements lointains (beaucoup plutôt qu'un relèvement général des mers) lui permettait momentanément d'atteindre. C'est ainsi qu'une transgression néocomienne s'est avancée jusqu'à Iakoutsk et jusqu'à Sountar sur la Vilioui par le 62°. Nous n'aurons d'ailleurs rien à dire de cette côte arctique, où l'on n'a pas encore reconnu de substances minérales utiles.

Il faut au contraire, vu son intérêt prépondérant, insister sur la disposition d'ensemble qui est le fondement même de toute notre classification métallogénique. Envisagée dans ses traits tout à fait généraux, la tectonique de la Sibérie met, comme nous l'avons dit, en évidence un grand massif primitif, occupant sa partie centrale dans le bassin de la Léna, au Nord d'Irkoutsk et du Baïkal, avec prolongement à l'Est dans le bassin de l'Aldan et peut-être à l'Ouest dans le sens de l'embouchure de l'Obi : massif très anciennement consolidé et stabilisé après les plissements précambriens, contre lequel se sont écrasés, au Sud, et sur lequel se sont moulés, à l'Est et à l'Ouest, tous les plis postérieurs, d'abord calédoniens, puis hercyniens, dont l'âge est daté par celui des terrains fossilifères influencés. Loin, vers l'Ouest, un autre massif semblable, le bouclier scandinave, séparé du môle sibérien par la zone de l'Oural et du Timan, a joué un rôle semblable. Les plissements, qui se sont insinués entre ces deux môles, ont formé l'Oural ; ceux qui ont suivi le massif sibérien, tout à fait à l'Est, ont participé au mouvement d'ondulations, parallèles dans leur ensemble, qui aboutit aux rivages du Pacifique. Ceux enfin qui sont venus s'appliquer contre lui au Sud ont adopté l'allure sinueuse en dents de scie, habituelle à toutes les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

chaînes formées dans des conditions analogues le long des voussoirs antérieurs formant écueils et localement influencées par des directions des plis antérieurs ; et des dislocations ultérieures, non plus plicatives, mais disjonctives, en ont encore plus tard compliqué l'allure.

1° **Plate-forme primitive. — Bassins de la Léna et de l'Aldan.** — Sous le nom de Plate-forme primitive, nous allons étudier ici uniquement la région, où les plis postérieurs au cambrien ne se sont pas fait sentir, ou ne se sont traduits que par de faibles ondulations posthumes : c'est-à-dire la région, dans laquelle un socle de terrains archéens plissé, généralement invisible, porte des terrains tous également horizontaux, qu'ils soient d'origine marine comme le cambrien, lagunaires comme le silurien inférieur, ou enfin lacustres comme la longue série de couches analogues, à dépôts charbonneux, qui se sont succédé, sans changer notablement de caractère, depuis le carbonifère supérieur jusqu'à nos jours. Ce n'est pas là, il faut le remarquer pour éviter des confusions, ce que Suess a appelé son « Faîte primitif » : faîte qui comprend, en outre, tout autour, une couronne plissée de terrains cambro-siluriens, pour nous absolument distincte de la Plate-forme inébranlée, et dont les caractères sont, pour les études qui nous intéressent ici, totalement différents. Il peut être utile d'ajouter à ce propos, pour insister sur l'ordre d'idées nouveau dans lequel nous envisagerons ici les matériaux mis une première fois en œuvre par Suess, que ce que nous avons à chercher dans cette enquête métallogénique, ce n'est pas la direction des plis et des disjonctions et leur raccordement entre eux, sur lesquels le géologue autrichien a porté l'effort de sa perspicacité, mais uniquement le caractère des dislocations subies par une région déterminée (quelle qu'en soit la direction) et l'âge de ces accidents, qui, en moyenne, détermine la profondeur atteinte par l'érosion.

Résumés en quelques mots, les traits généraux de cette Plate-forme sont les suivants : superposition du cambrien, du silurien et, plus rarement, du dévonien ou même du carbonifère horizontaux, ou très faiblement ondulés, sur un socle de terrains archéens ou précambriens plissés ; recouvrement local par des terrains mésozoïques à caractères lacustres; puis du tertiaire ou du quaternaire également lacustres ou continentaux ; et, pendant ces deux périodes secondaires et tertiaires, intrusions éruptives, en relation avec des dislocations linéaires. Nous reviendrons bientôt sur ces manteaux secondaires et tertiaires, qui sont tout à fait indépendants de leur substratum et qui, pour notre sujet, n'ont d'intéressant que leurs lignites, leurs sels, ou leurs alluvions aurifères, et nous allons commencer par étudier le socle métamorphisé et plissé avec les premiers dépôts primaires qui le recouvrent.

Sur toute la Plate-forme primitive, dont nous nous occuperons dans ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

paragraphe, on n'aura, par suite d'une remarque précédente, comme affleurements, que des couches horizontales d'âge au moins cambrien (2). Le substratum archéen pourrait se montrer s'il existait une coupe naturelle assez profonde pour l'avoir atteint. L'effondrement récent, qui paraît avoir enfoncé toute cette Plate-forme, connue sous le nom d'amphithéâtre d'Irkoutsk, par rapport à ses bordures, y a préservé et laissé visible le manteau cambro-silurien, enlevé ailleurs sur les saillies vers l'Est et probablement disparu vers l'Ouest de l'Iénisséi sous le quaternaire, et il ne s'est pas produit de dislocation amenant les eaux à se creuser un profond sillon où le substratum archéen aurait pu devenir visible. Mais, sur les bords de la Plate-forme, dans la couronne plissée, où de tels mouvements se sont produits, comme nous le verrons, sous la forme de dislocations disjonctives, ce substratum archéen plissé reparaît, et il n'y a pas de raison pour qu'il soit là différent de ce qu'il peut-être au centre, sous son manteau paléozoïque. On constate, sur cette bordure comme dans tous les cas semblables, en dépit d'une théorie à notre avis inexacte, un moment soutenue par Marcel Bertrand, que les plissements d'une époque postérieure (dans le cas présent, les plis calédoniens ou hercyniens), n'ont nullement suivi en principe (quoiqu'ils aient pu le faire accidentellement) la direction des plis antérieurs (ici archéens). On voit, par exemple, sur la rive Ouest du Baïkal, les uns absolument obliques sur les autres, comme peuvent l'être, dans le Nord de l'Europe centrale, les plis hercyniens sur les plis calédoniens, et l'on retrouve, soit à Nertchinski Zavod, sur l'Argoun, à la rencontre du Khingan, soit sur la faille Sud, limite de la zone calédonienne vers Krasnoiarsk et Nijni-Oudinsk, des contrastes semblables.

Par suite de l'horizontalité des couches dans les limites de ce que nous appellerons dorénavant la Plate-forme, les terrains y présentent cet aspect tabulaire qui, s'appliquant à des strates primaires de couleur généralement sombre ou rouge, rend également si particuliers les paysages de l'Extrême-Nord américain et qui, dans les deux cas, correspond d'ailleurs, remarquons-le, non à une horizontalité absolue des strates qui, sur de vastes surfaces, est à peu près irréalisée, mais tout au plus à des plissements, dits posthumes, de large amplitude, dont seule une étude minutieuse fait ressortir l'existence, inaperçue d'abord.

Les limites extrêmes de cette Plate-forme, enveloppée de sa ceinture calédonienne, s'établissent avec assez de précision sur une grande partie du pourtour, telles que nous les avons figurées sur la pl. II. Les principales incertitudes portent sur les pays mal connus du Nord-Est au delà de la Léna, où nous ignorons encore jusqu'où s'étendent les plissements tertiaires et, pour une raison plus théorique, sur la région septentrionale du Nord-Ouest vers le bas cours de l'Obi.

La Plate-forme primitive sibérienne n'a pu être, en effet, étudiée

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que là où affleurent les terrains primaires horizontaux qui la caractérisent, dans les bassins de la Léna, du Vitim, de la Vilioui, au Nord d'Irkoutsk. Vers le Sud-Ouest, on a été naturellement amené à la limiter avant l'Iénisséi, où apparaissent des plissements postérieurs (calédoniens), d'autant plus que, loin dans l'Ouest, la chaîne hercynienne de l'Oural forme une coupure incontestable dans les masses primitives, entre la Sibérie et la Finlande. Cependant il faut bien remarquer que, de l'Iénisséi à l'Oural, il y a 1.700 kilomètres entièrement recouverts par le manteau tertiaire ou quaternaire, pour lesquels nous ne savons rien sur le soubassement primaire, mais où il ne serait pas impossible, en somme, qu'un soubassement analogue à celui de la Plate-forme reparût quelque part dans le Nord avec des caractères analogues.

Comme je viens de l'indiquer, les limites Sud-Ouest de la Plate-forme sont marquées par l'apparition de plissements intéressant, d'abord le silurien et, plus loin, le dévonien et le carbonifère. Ces derniers plis, bien nets dans la Steppe Kirghise, existent également de Kolyvan à Tomsk, Atchinsk et Krasnoiarsk ; à partir de là, on les suit avec une grande précision vers Irkoutsk et le long du Baïkal. Vers l'Est, la vallée de l'Aldan, qui prolonge d'une si curieuse façon la dépression du Baïkal, participe des caractères de la Plate-forme, après un redent plissé qui marque le grand coude de la Léna au Nord du 60e degré, sur le prolongement du grand Kinghan; mais les monts Stanovoï restent certainement en dehors du domaine primitif.

On peut remarquer aussitôt, en ce qui concerne la métallogénie, que la « Plate-forme primitive » proprement dite se montrera tout à l'heure à nous à peu près dépourvue de gisements aurifères. Il semble, sur une carte des placers aurifères (fig. 33), que son extension soit marquée par une tache blanche, entourée de tels gisements. On se l'explique, aisément si l'on remarque que, dans cette Plate-forme, le socle primitif plissé et métamorphisé, qui est la zone de l'écorce où auraient pu se produire ici de tels gisements, est, en principe, recouvert par un manteau de terrains horizontaux non métamorphiques, eux-mêmes exempts de toute espèce d'accident susceptible de les métalliser. Un tel manteau, quel que soit son âge, est toujours impropre aux manifestations métallifères, comme il est impropre aux manifestations ignées de roches cristallines, si ce n'est parfois sur les dislocations qui ont pu le morceler plus récemment. Il faudrait, pour trouver en cette région des gisements qui doivent certainement exister dans le socle primitif, que celui-ci se fût trouvé mis à nu par de profondes vallées. Or c'est là un fait rare dans ces plateaux déjà nivelés par une longue érosion. Faute de semblables coupes naturelles, on est ici, avec un manteau cambrien ou silurien, dans les conditions où on peut être ailleurs avec un simple manteau tertiaire. Et, par parenthèses, cela prouve une fois de plus la relation d'origine entre les gîtes métallifères et les mouvements orogéniques, et les *retours en pro-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fondeur, suivant la théorie que nous nous efforçons de démontrer dans ce travail. Au contraire, quand nous aborderons la périphérie immédiate de cette Plate-forme, dans une zone dont nous pouvons attribuer le plissement à l'époque calédonienne et où c'est précisément le substratum plissé qui forme le sol visible, les gisements métallifères apparaîtront nombreux au milieu de ces terrains plissés et métamorphisés.

Abordons maintenant la description un peu plus détaillée de cette Plate-forme. Pour sa région la plus facile à aborder que l'on trouve aussitôt en quittant Irkoutsk vers le Nord, nous avons les travaux récents d'Ijitsky qui nous décrivent un plateau formé de calcaires oolithiques cambriens (2)[1], de marnes sableuses gypsifères et de grès ordoviciens (3) à teinte rouge caractéristique, avec couverture de jurassique à lignite aux environs mêmes d'Irkoutsk. Quand, dans cette région d'Irkoutsk, on franchit l'Angara vers l'Ouest et qu'on se dirige vers l'Oka, on trouve, à l'état plissé et disloqué, au-dessus de cette série dite de Balagansk, des formations, dites de l'Oka, que Bogdanovitch rapportait au dévonien (5), mais qui peuvent être encore du gothlandien (4) et qui sont composées de grès rouges concordants sur les marnes précédentes. Plus à l'Ouest encore, quand on arrive du côté de Nijni-Oudinsk et de l'Ouda, on a d'autres sédiments rouges (grès et marnes) qui se différencient des précédents par quelques caractères pétrographiques, mais qui en forment la succession naturelle, tandis qu'ils sont très différents du dévonien proprement dit de Minoussinsk, déposé sur une terrasse un peu moins élevée placée à l'Ouest. Le tout a été considéré souvent comme encore silurien (4)[2].

Dans ce sens de l'Ouest, on arrive très vite, comme nous l'avons vu, à une zone influencée par des plissements qui ont agi sur les terrains rouges (silurien ou dévonien inférieur) et qui se sont même répétés après le jurassique ; car ils ont donné au jurassique, près d'Irkoutsk, vers l'Oka, puis au Nord de Nijni-Oudinsk, un léger plissement concentrique à la disposition de l'amphithéâtre. On constate là un mouvement tertiaire évidemment en rapport avec ceux qui ont marqué l'effondrement du Baïkal et la formation des coulisses parallèles à ce lac. La Plate-forme proprement dite est donc beaucoup plus limitée dans ce sens qu'on ne le croirait d'après des descriptions sommaires. Quand nous étudierons bientôt, dans l'Ouest, la région aurifère de l'Iénisséi, nous y trouverons de même une région très nettement plissée. Vers le Nord, Yavorovsky a décrit, au-dessus des terrains primaires signalés plus haut, du carbonifère lacustre, avec plantes et charbon, surmontant des grès rouges siluriens dans le grand coude de l'Angara, en aval de

[1] *Expl.* VII. Voir encore Bogdanovitch. *Expl.* II, 1898 ; — Yavorovsky (*Expl.* VII, 1898), a trouvé du cambrien fossilifère sur l'Angara.

[2] Voir plus loin, p. 216 et fig. 35.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Karaptchansk. Ce carbonifère (ou permien), à peu près horizontal au coude de l'Angara, débute, à la base, par des conglomérats contenant, entre autres, des galets de trapp (donc ici de trapps antérieurs à lui), et continue par des grès, puis des sortes de tufs à zéolithes, le tout recoupé par des filons de trapp (porphyrite) : ces roches ayant donc fait leur apparition ici, à la même époque que nos porphyrites du Plateau Central, pendant le stéphano-permien. Les couches supérieures de cette série contiennent une flore problablement jurassique.

C'est dans le Nord-Est et l'Est que la Plate-forme prend son caractère typique. Le long de la Léna, on observe, jusqu'à Iakoutsk, le plateau cambro-silurien formé de calcaires cambriens horizontaux (2) portant des grès rouges ordoviciens (3).

On peut noter, dans ce silurien horizontal (3), des formations gypseuses et salifères, dont nous avons déjà signalé plus haut quelques affleurements principaux, notamment entre la Léna et son affluent de gauche, la Vilioui, ou sur le haut cours de la Toungouska inférieure qui, jusqu'au 60e degré, traverse des grès rouges siluriens avec gypse et sel horizontaux ou faiblement ondulés.

On retrouve les mêmes terrains horizontaux dans le lit de l'Aldan et de son affluent de droite, la Maya, jusqu'aux monts Stanovoï.

Vers le Nord, les explorations de Czekanovsky[1], van Toll, etc., ont montré les couches siluriennes horizontales allant jusqu'à la mer Glaciale, où des transgressions mésozoïques également horizontales s'étendent sur elles plus ou moins loin vers le Sud.

Le substratum archéen ou précambrien, dont nous allons avoir à faire l'étude dans la zone plissée extérieure, n'apparaît pas, croyons-nous, dans la Plate-forme et, avec lui, manquent, nous l'avons dit, les gîtes métallifères habituellement reliés à son métamorphisme. Les minerais assez particuliers de Nikolaievsk (près de l'Angara), dont nous parlerons plus loin, sont déjà dans la zone qui commence à se plisser, en rapport avec des dislocations par lesquelles sont montés des trapps.

Enfin, pour terminer ce qui est relatif à cette région, il resterait à dire quelques mots des sédiments lacustres à lignites et des roches d'épanchement qualifiées de trapps.

Mais c'est là une question d'un intérêt général pour toute la Sibérie, et non pas seulement une question locale pour la Plate-forme primitive. Ce que nous aurons à signaler à ce sujet trouvera donc mieux sa place à la fin de ce chapitre, et il nous suffira, pour le moment, de noter que les dépôts à lignites, dont l'âge paraît ici généralement jurassique d'après leur flore, sont restés horizontaux : ce qui les prouve postérieurs aux derniers mouvements de la région, comme nous le savions déjà d'autre part. Quand aux roches éruptives, dont on a beaucoup discuté l'âge,

[1] Ce nom polonais est écrit Tczékanovsky en russe. Voir, sur cette région, p. 248.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nous les considérerons comme en rapport avec un type continental qui s'est prolongé ici depuis le début du carbonifère, et peut-être même le dévonien, jusqu'à nos jours.

Dans son ensemble, toute cette Plate-forme, couverte de terrains horizontaux, soit primaires, soit mésozoïques, se présente comme un compartiment déprimé au milieu d'un amphithéâtre de terrains plissés comprenant, sur sa bordure immédiate, avec de l'archéen, du précambrien et du granite, les mêmes terrains cambro-siluriens, non plus horizontaux, mais plissés, ou divisés par zones d'affaissement et d'exhaussement, par « coulisses » souvent à peu près parallèles aux plis. C'est cette couronne périphérique, sur la tectonique de laquelle Suess a beaucoup insisté, que nous envisageons comme représentant l'équivalent de nos plis calédoniens d'Europe, avec une seconde couronne extérieure de plis analogues, mais où le carbonifère a été certainement influencé et que nous appelons donc hercynienne, puis, en arrivant au Sud-Est de la Transbaïkalie ou vers les monts Stanovoï le long de la mer d'Okhotsk, une troisième ceinture, dans laquelle les plis atteignent même les terrains lacustres jurassiques de l'Angara et se rattachent aux mouvements tertiaires.

2° Ceinture calédonienne à imprégnations aurifères. — Bassin de l'Iénisséi (Pit et Oudérei) ; bassin de la Léna (Olekma et Vitim). — La couronne plissée, qui entoure la Plate-forme primitive, présente pour nous un intérêt beaucoup plus grand que celle-ci en raison des minerais divers, et spécialement des pyrites aurifères, qu'elle renferme. Nous allons être amenés à y distinguer nettement deux régions principales, dont les conditions métallogéniques sont différentes aussi bien que la tectonique. On a, d'une part, dans les bassins de l'Iénisséi et de la Léna, des terrains primaires simplement plissés à l'époque post-silurienne, ou peut-être localement à l'époque carbonifère, mais sans dislocations post-secondaires, dans lesquels il n'y a pas de filons proprement dits, du moins avec des dimensions intéressantes, mais seulement des imprégnations sulfurées diffuses dans la série sédimentaire, que l'on peut supposer avoir été introduites pendant le retour en profondeur où s'est réalisé le métamorphisme. Tel est le cas des gisements aurifères de l'Iénisséi et de la Léna dont la zone tectonique sera étudiée dans ce paragraphe. Sur la bordure Ouest de la Plate-forme, nous aurons seulement à signaler un curieux gisement de magnétite, celui de Nikolaievsk, qui semble se relier aux épanchements trappéens et constituer un premier cas de dislocation filonienne, anormal dans cette région, mais représentant peut-être une forme ancienne de ces minerais associés aux roches éruptives, dont l'existence est plus habituellement en rapport avec des roches récentes. Nous verrons, à Nikolaievsk, la trace de légers plis posthumes hercyniens. D'autre part, dans la Transbaïkalie, où les plissements

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

peuvent, au moins dans l'Est, affecter même le dévonien, des dislocations disjonctives et non plus plicatives, dont l'âge doit être en grande partie tertiaire, ont amené la formation de véritables filons à minéralisation complexe, avec galène, etc., que l'on a exploités notamment dans les districts de Tchita et de Nertchinsk. Ces types de minerais se rapprochent des conditions que nous retrouverons sur la chaîne hercynienne, en sorte que leur description sera à rapprocher de celle de cette chaîne. Côte à côte avec ces filons, il existe aussi, en Transbaïkalie, dans le bassin de l'Onon, un peu d'or qui paraît appartenir à la formation primaire dont les meilleurs types auront été étudiés précédemment sur l'Iénisséi et la Léna. Mais ce sont les conditions hercyniennes qui prévalent.

De la Plate-forme primitive à sa couronne plissée, le contraste est absolu quand on envisage les termes extrêmes. Cependant, des conditions d'horizontalité qui caractérisent cette Plate-forme aux zones plissées périphériques, il y a passage plus progressif qu'on ne le croirait tout d'abord, aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est. Yavorovsky a noté, en descendant la rivière Angara, du confluent de l'Oka à son embouchure, que les couches rouges siluriennes, superposées au calcaire cambrien le long de cette rivière, d'abord simplement influencées par des plis de grande amplitude, tels que le bassin parisien même en offre l'exemple, deviennent fortement plissées en aval d'Aplinsk vers le 100e degré et que ces plissements finissent par prendre la plus grande intensité en approchant de l'embouchure. Il s'y manifeste alors des surfaces de dislocation et failles inverses ou plans de poussée si nombreux, que les plis eux-mêmes disparaissent. C'est dans ces plis accentués que s'introduisent des horsts archéens ou granitiques comme ceux de l'Iénisséi. Le mouvement de plissement, qui est parti ainsi du pourtour, a de proche en proche influencé les terrains mêmes de la Plate-forme, comprimée dans tous les sens vers son centre.

Sur le bord Est de la Plate-forme, on retrouve quelque chose d'analogue. Ce sont d'abord les plis légers qu'Obroutchev a signalés à 100 km. Ouest du confluent de la Léna et du Vitim (plis N.-E.), puis les plis de plus en plus violents qui, au Sud et au Sud-Est d'Irkoutsk, longent le Baïkal entre Irkoutsk et ce massif archéen en bordure du lac que l'on appelle le Primorskii Khrébet. La direction parallèle des chaînes et des rivières à travers le Sud de la Plate-forme, direction conforme à celle des plis calédoniens de cette région, montre d'ailleurs la presque généralité de ce plissement, même dans la région réputée la plus horizontale, mais alors sous la forme de très faibles ondulations.

Pour étudier la couronne calédonienne proprement dite, nous pouvons partir au Nord-Ouest du confluent de la Toungouska inférieure avec l'Iénisséi [1]. Il y a là des calcaires siluriens et des grès métamorphiques

[1] Fig. 34 et 35. La figure 35 est le prolongement Sud de la figure 34, avec laquelle elle comporte une partie commune.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plissés Nord-Ouest, dont la zone paraît se prolonger le long de l'Iénisséi. Puis vient, vers le Sud, la région des champs d'or de l'Iénisséi (Pit et Oudérei), entre les Toungouska moyenne et supérieure, pour laquelle nous avons des descriptions de détail dues à MM. Jaczevsky, Meister et Ijitsky, qui nous ont fourni les éléments de notre figure 34. L'aspect de cette carte met immédiatement en évidence les plissements, généralement N. N. W., qu'ont subis tous les terrains de cette région, jusques et y compris le silurien et peut-être même le dévonien inférieur, mais sans intervention connue du carbonifère : caractères qui sont ceux des chaînes appelées par nous calédoniennes [1]. Ces terrains sont presque partout sans fossiles ; aussi faut-il citer d'abord une région septentrionale, où ils renferment un terme sédimentaire d'âge exactement connu. M. Jaczevsky a reconnu, en 1902, le long de la Toungouska moyenne, une série plissée de phyllites, schistes argileux et quartzites métamorphiques avec intrusions granitiques (série peut-être précambrienne ou cambrienne) supportant en concordance du silurien inférieur (ordovicien) fossilifère (coraux et brachiopodes). Entre la Toungouska moyenne et le Velmo, on rencontre un énorme développement de diabases (trapps) recoupant même une assise charbonneuse, au moins jurassique, qui recouvre en discordance le primaire. Une de ces diabases renfermait des inclusions de bitume, et quelques-unes contiennent des traces d'or et d'argent. Il existe là également de la syénite éléolithique. On peut noter encore que les contacts du granite et des schistes présentent du disthène, de l'andalousite, de la sillimanite.

Vers le Sud, la série des schistes argileux et phyllites, traversés par le granite, se développe jusqu'à la Toungouska supérieure (Angara), formant, dans l'ensemble, un vaste anticlinal N. N. W., flanqué sur ses deux versants de dolomies et grès rouges plus récents, également plissés (ordovicien, 3) (fig. 34). Partout les études détaillées de cette masse, où dominent les schistes argileux, y ont fait reconnaître des séries assez compliquées de calcaires cristallins, micaschistes, phyllites, etc., avec plissements multipliés, failles et rejets. Les phyllites, qui sont à la base des schistes argileux, passent progressivement à eux [2].

Dans cette zone Sud, sur les bassins aurifères de l'Oudéréi et de l'Oudoronga, Meister [3] a décrit une série de terrains à plissements N. N. W.—S. S. E., comprenant : 1° des gneiss archéens avec granite ; 2°, après une première discordance, des terrains métamorphiques (précambrien) présentant des phyllades et schistes bigarrés passant à des quartzites ou schistes quartzifères ; 3° des schistes argileux (cambrien ?)

[1] Il est possible qu'ultérieurement on constate, dans une partie de la zone décrite ici, des plissements hercyniens.

[2] Voir Tové et Gorbatchev. *Compte rendu de l'étude statistico-économique et technique de l'industrie de l'or dans la partie Sud du district de l'Iénisséi.*

[3] Meister (*Or* 2, 1901). Voir fig. 34.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

distincts des précédents par l'absence de métamorphisme et associés avec des calcaires, auxquels succèdent : 4° des dolomies et calcaires (cambrien supérieur, 2, ou plutôt base de l'ordovicien, 3), et 5° des grès rouges, débutant fréquemment par un conglomérat. Suivant les régions, on signale une discordance ou une concordance au-dessous de la dolomie. Cependant, en général, on peut considérer les grès rouges, qui correspondent peut-être à l'ordovicien de la Léna, comme passant transgressivement, tantôt sur les calcaires, tantôt directement sur les schistes argileux.

Sur l'Angara même nous avons décrit les plissements dont l'intensité croît dans le sens de l'Est à l'Ouest. Les roches cristallines, granites, diorites, épidiabases, dans la région située entre l'Angara et l'Iénisséi, traversent tous les termes inférieurs à la série dolomitique et semblent, par suite, d'âge silurien : ce que nous aurons à retenir quand nous reviendrons plus tard sur l'étude des pyrites aurifères qui leur sont associées.

A l'Est de Krasnoiarsk, un horst granitique est accolé à des terrains siluriens plissés dans le sens N. N. W. Puis on suit des traînées de plis analogues, probablement coupés par des fractures secondaires ou tertiaires, le long du Transsibérien, vers Nijni-Oudinsk, où il existe des massifs de granite à amphibole, pénétrant dans des terrains siluriens qu'ils ont métamorphisés et enfin à l'Ouest d'Irkoutsk, où les plis, qui ont pris décidément une direction Nord-Ouest, deviennent très accusés. Il est difficile, dans toute cette région, d'en préciser l'âge exact. Ils sont post-siluriens ; mais nous avons aucune raison de les appeler hercyniens, comme ceux que nous étudierons bientôt plus au Sud, puisqu'ils n'affectent pas le carbonifère ; et les légères ondulations conformes qu'ont pris les dépôts lacustres à lignites ne sont pas suffisantes pour les faire rattacher à la zone des plis alpins, mais peuvent être considérées comme des phénomènes posthumes. Je ne crois pas non plus qu'il soit prudent de se fier sur les directions pour délimiter les plis de divers âges. Il y a, ce me semble, dans l'importance exagérée qu'on attache encore souvent à l'idée de direction, un ressouvenir fâcheux de cette géométrie géologique qui fut jadis si fâcheusement cultivée en Saxe et en France.

Toute cette région d'Irkoutsk, de l'Iénisséi au Baïkal, (fig. 35) nous est connue par les travaux de Bogdanovitch (rectifiant ceux de Tchersky et Ijitzky)[1]. Elle nous offre, comme ressources minérales utiles, des matières salines du silurien supérieur (4) et du dévonien moyen (7) et

[1] Voir : 1888. Tchersky. *Recherches géol. le long de la route postale de Sibérie* (App. au tome LIX des Annales de l'Ac. des Sc., en russe) ; Krapotkin. *Aperçu général sur l'orographie de la Sibérie orientale* (Bull. Soc. Géog., t. V, en russe) ; — 1894. Yavorovsky, *Rech. géol. faites en 1893 dans la partie N.-E. du dist. de Minoussinsk* (Journ. des Mines, n° 11) ; — 1896. Ijitsky. *Recherches géolog. au gouv. d'Irkoutsk* (Expl., liv. VII,), avec carte en couleurs ; — 1896. Bogdanovitch (Expl., liv. II, avec cartes en couleurs et bibliographie des publications antérieures dans les notes).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du lignite dans la série de l'Angara. La série sédimentaire commence là par des gneiss associés au granite, sur lesquels reposent des terrains siluriens (S^1) formés de calcaires, soit siliceux, soit dolomitisés, en couches plus ou moins épaisses, avec lits intercalés de calcaires schisteux argileux, qui continuent ceux de la Nijnaia Toungouska, de la Léna et de la Biélaia, où l'on a trouvé des fossiles. Ces calcaires, qui forment l'étage dit des Sayans, sont discordants sur le gneiss, dont les plis ont souvent une direction différente des leurs (sans que cette observation présente la généralité à laquelle avait cru Tchersky). Au-dessus d'eux, viennent des terrains, rattachés sur la plupart des cartes au dévonien inférieur, moyen et même supérieur (D^1, D^2, D^3) (5 à 10), mais que d'autres géologues ont aujourd'hui une tendance à considérer encore comme siluriens S^2 (4). De toutes façons, leur discordance fréquente avec l'ordovicien (3) prouve un mouvement intermédiaire. Si nous gardons, pour la facilité des rapprochements, les dénominations les plus usitées, ces terrains attribués au dévonien commencent par l'étage D^1, dit de Balagansk, qui est caractérisé, près de cette ville (sur l'Angara), par des couches gypsifères, accusant par conséquent un retrait de la mer sous un climat désertique. Puis vient le dévonien moyen (D^2), ou étage de l'Oka, marqué par des grès rouges formant meulières, avec intercalations de marnes : c'est-à-dire des dépôts littoraux ou continentaux sous un climat sec. Enfin arrive le dévonien supérieur (D^3) de la vallée de l'Ouda, avec sédiments rouges, grès et marnes, auquel succède seulement dans l'Ouest du calcaire carbonifère dinantien (11)[1]. L'époque carbonifère a été marquée par une émersion, qui, depuis ce moment, a laissé le pays à l'état de continent. On n'y trouve donc, comme dépôts plus récents, que la série lacustre à lignites, dite série de l'Angara, que l'on peut assimiler, à l'âge près, aux formations du Karoo et du Gondwana et sur laquelle nous aurons à revenir. Le bassin jurassique au pied des Sayans a rempli un synclinal allongé des formations paléozoïques : synclinal résultant d'un mouvement de plissement que nous pouvons rattacher à la fin du carbonifère.

L'âge de ces dépôts à lignites à été déterminé d'après leur flore et d'après leurs insectes. L'épaisseur est d'environ 60 à 90 m. Ces couches passent, progressivement et sans ligne de démarcation, à des dépôts analogues où l'on a trouvé des plantes miocènes (Simonovo, sur la Tchoulym, bassin d'Atchinsk)[2]. Il faut noter qu'on les trouve assez fréquemment inclinées, mais non plissées. Elles ont dû, comme le tertiaire de notre Plateau Central, être soumises à des dislocations connexes des plissements, mais qui, sur ce massif anciennement consolidé, n'ont fait qu'amener des ruptures et des dénivellations atteignant 75 m.

[1] Pour ceux qui rattachent ces terrains au silurien, le véritable dévonien n'existerait que plus à l'Ouest, le long du horst de l'Iénisséi.

[2] Voir p. 246.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La géologie de cette région est complétée par la très importante formation des « trapps » sibériens, qui sont habituellement ici des diabases à olivine présentant les structures granitiques, microlithiques et ophitiques. Ces trapps ne seraient pas, d'après M. Bogdanovitch, des lambeaux d'une vaste formation démantelée, mais des effusions indépendantes. On les trouve reliées à des ruptures qui se raccordent avec les plis des régions voisines. Leur âge, sur la terrasse supérieure avoisinant Irkoutsk, est postérieur aux grès rouges du dévonien moyen D^2. On ne les voit nulle part traverser les grès rouges de la terrasse inférieure moyenne qui succède à celle-là plus à l'Ouest : ce qui a pu les faire rapporter éventuellement, dans cette région, au paléozoïque.

A l'Est d'Irkoustk, les plis affectant le cambro-silurien se recourbent à angle droit, à peu près parallèlement aux plis plus anciens; ce dont nous ne nous étonnerons pas, ayant eu mainte occasion de constater un phénomène semblable, quand des plissements viennent se mouler sur un avant-pays tronçonné ou en mouler les fragments. Ils épousent alors la direction moyenne du Baïkal et commencent déjà sur sa rive Ouest, à l'Ouest de la chaîne archéenne à plis indépendants des leurs, qu'on appelle le Primorskii Khrébet. Le Baïkal, prolongé au loin dans une direction presque rectiligne par la longue fosse (topographiquement si remarquable) du moyen Aldan, présente une analogie très grande (à l'âge près) avec notre sillon houiller du Plateau Central. C'est tantôt une fosse d'effondrement manifeste, dont on a pu rapporter l'âge assez exactement au Pontien (53); il lui arrive alors de recouper obliquement les plis précambriens des terrains de ses rives, et ces plissements divisent le lac lui-même en deux parties bien distinctes; mais, ailleurs, cette fosse effondrée épouse l'allure des mêmes plis, là où ceux-ci se trouvaient avoir la direction qui a dominé dans la suite, et il s'établit une sorte de conformité dynamique entre ces deux manifestations, de caractère au premier abord si opposé.

Vers l'Est, dans toute la Transbaïkalie (région montagneuse entre 1.000 et 2.000 m.) que nous étudierons plus tard, le régime qui domine est celui des coulisses successives à peu près conformes avec les plissements Nord-Est, faisant alternativement surgir, par « dislocations disjonctives », des horsts archéens ou s'enfoncer des fosses intermédiaires, dans lesquelles se sont accumulés des dépôts à lignites considérés comme tertiaires. Les cassures, qui doivent être en partie tertiaires, prennent là, comme nous avons déjà eu l'occasion de l'indiquer, une intensité et un rôle actif rendant la métallogénie de cette région très spéciale et conforme à celle de nos anciens voussoirs hercyniens fracturés. Il est ici difficile de dire, faute d'études de détail tout à fait approfondies, quelle est la limite exacte entre la chaîne calédonienne et la chaîne hercynienne, car les dislocations tertiaires, qui ont agi sur l'une et sur l'autre, ont contribué à leur imprimer (notam-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment pour la métallogénie) des traits communs. Cependant nous rattacherons à la zone hercynienne la Transbaïkalie proprement dite, avec le district de Nertchinsk où l'on trouve à l'état plissé quelques sédiments paléozoïques, probablement dévoniens supérieurs.

Plus au Nord on doit considérer provisoirement comme calédonienne la zone qui contourne la Plate-forme d'Irkoutsk, vers le Vitim et le haut plateau de la Platom, dans le coude de la Léna (par 60° N. et 14° E.). Le champ d'or de l'Olekma et du Vitim, qui appartient à cette zone calédonienne de l'Est, dans une partie où les dislocations tertiaires semblent avoir eu peu d'influence et où, au contraire, les actions granitiques métamorphisantes avec production de gneiss ont pris une intensité toute spéciale, mérite une étude plus particulière en raison de la métallisation, qui a été importante et qui se présente comme un corollaire manifeste de la montée granitique.

Cette région de la Patom[1], explorée pour la première fois par Kropotkin, puis visitée en 1891 par Obroutchev, apparaît, d'après les derniers travaux de MM. Guérassimov, Mouchkétov, Préobrajensky, assez différente de ce que pourrait faire croire la description de M. Suess. Le trait absolument essentiel de sa formation est l'action d'un granite qui, sauf au Sud, se manifeste peu par lui-même en grands massifs distincts, mais qui exerce une influence générale sur des terrains cambriens et siluriens. C'est l'action de ce granite à mica blanc qui a produit des apparences de gneiss archéens, auxquels on aurait pu être tenté d'abord d'attribuer un rôle de horst. On voit, avec la plus grande netteté, les terrains changer d'allure et de caractères pétrographiques, se dépouiller de leur apparence métamorphique et, en même temps, reprendre des directions constantes au lieu de brouillages incessants, quand on s'éloigne des masses granitiques, notamment d'un grand massif situé au Sud sur le Vitim, dont l'action a été particulièrement intense. En même temps, on peut rattacher à la présence de ce granite le développement de divers minéraux, parmi lesquels dominent le mica blanc, puis accessoirement la tourmaline, ailleurs le disthène : par exemple, dans les crêtes de quartzites qui forment tous les points culminants du plateau de la Patom, comme le mont Teptorgo (décrit autrefois comme en granite). Et surtout la présence du granite a très manifestement entraîné le développement de la pyrite aurifère et du braunspath aurifère (altération possible de la pyrite), avec lesquels l'or des placers est intimement lié. Cette granulisation paraît, d'après les descriptions, avoir atteint ici une importance comparable à celle sur laquelle j'ai appelé l'attention dans le Nord-Ouest du Plateau Central et qui, là aussi, se relie avec le développement de la tourmaline et même avec celui de l'or (autrefois exploité en divers points, parfois avec l'étain). Il y a également analogie avec ce

[1] Voir la fig. 36.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que nous verrons bientôt dans l'Oural. Nous sommes ici en résumé, sur un massif profondément métamorphisé et imprégné par des actions quartzifiantes, feldspathisantes, métallisantes, émanées du granite, qui nous offre, pour une raison quelconque, avec une netteté spéciale, l'exagération des conditions observées plus haut sur l'Iénisséi et que nous retrouverons sur la Zéya.

Si, après avoir bien compris cette origine générale de tous les phénomènes observés, sur laquelle nous aurons à revenir dans un autre chapitre en étudiant les gîtes aurifères, on aborde la description tectonique et stratigraphique plus détaillée de la région, on trouve d'abord, au Nord, sur la Léna, vers le 117e degré, un ensemble de terrains nettement siluriens et peu métamorphisés (avec des fossiles caractéristiques), mais constamment plissés, qui paraît avoir subi une poussée vers l'Est aboutissant à un surplombement en discordance sur les calcaires cambriens fossilifères à intercalations gypseuses, dont la zone très développée se poursuit vers Olekminsk et Iakoutsk, avec de plus faibles ondulations Nord-Sud.

Entre le silurien plissé de l'Ouest (3) et le cambrien de l'Est (2), il semble y avoir un accident brusque faisant passer de l'allure fortement plissée à la disposition tranquille du plateau cambrien. L'accident en question pourrait prolonger de loin celui qui, près Nertchinsk, coupe également brusquement les plis N. N. E. par un massif granitique Nord-Sud, prolongement du Grand Kinghan (Pl. II). Les calcaires siluriens de la Léna sont, vers ce contact et sur la Grande Patom plus à l'Ouest, recoupés ou recouverts par de nombreux dykes et épanchements de trapps (diabases.

Quand on gravit le plateau de la Patom (Patomskoié Nagorié) vers le Sud, on trouve, après cette première zone calcaire, des schistes cristallins à disthène et des quartzites très durs formant tous les hauts sommets de 1.600 à 1.700 m., puis des schistes demi-cristallins renfermant l'or de la Kevakta et de la Tonada (affluents de la Patom), qui passent progressivement à des types gneissiques, supposés d'abord archéens, mais où il est facile de reconnaître d'anciens schistes et grès qui, d'après les géologues russes, seraient très probablement l'équivalent du silurien métamorphisé. Les directions de détail y sont très brouillées ; cependant, dans l'ensemble, tout ce massif paraît participer aux directions de plissement N. N. E. qui sont, en somme, celles de la majeure partie des plis calédoniens, comme des disjonctions tertiaires, de la région transbaïkalienne et qui passent, dans le Sud-Est de la Patom, à des directions Est-Ouest (chaîne Kropotkin, etc.) un peu aberrantes. Après cette zone fortement gneissifiée qui dure environ 50 km., on revient, par des transitions analogues, à une assise de terrains métamorphiques, mais non plus gneissiques et granulitisés, sur laquelle se retrouvent d'autres placers, ceux du Chomotcho, de la Chuya, de la Vatcha, de l'Aounakit (voir la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

carte, fig. 36) dans le bassin de la Chuya, ou de l'Anantra dans le bassin de la Patom et, enfin, après avoir passé la crête Kropotkin, ceux du Bodaibo et de l'Engagimo, affluents du Vitim. Ces formations métamorphiques contiennent des grès passant aux quartzites, des schistes passant aux phyllites, et quelques bancs calcaires : le tout pouvant représenter le silurien, malgré une apparence précambrienne. Des filons de granite aplitique N. N. E. traversent ce système (Tatariski, Klioutch), et d'innombrables veines de quartz, généralement interstratifiées, dérivent du granite. L'enrichissement en or des placers est, comme nous le verrons, lié au métamorphisme granitique et au voisinage de ce granite. Il est produit, non par des veines quartzeuses à peu près constamment stériles, mais par les imprégnations diffuses de pyrite dans les grès et schistes : le tout d'ailleurs très pauvre dans les gîtes primitifs et n'ayant pu devenir exploitable que par l'effet d'un long travail préparatoire, commencé par les altérations sur place préglaciaires, continué ensuite par l'alluvionnement proprement dit jusqu'à aujourd'hui.

A l'Est de cette région de la Léna, la Plate-forme primitive paraît former une large avancée vers le Sud. Elle occupe la plus grande partie du bassin de l'Aldan et peut-être du bassin de l'Olekma jusqu'aux abords des monts Stanovoï. Cependant les dernières courses de M. Ahnert, poussées jusqu'au 56° degré dans ce bassin de l'Aldan, ont montré que les types des monts Stanovoï, avec leurs strates plissées à facies archéens et leurs zones granitiques, se poursuivaient jusque-là. Les monts Stanovoï et le bassin de la Zéya sont, pour nous, selon toute vraisemblance, le prolongement de la zone calédonienne de la Léna. Mais, comme du dévonien plissé vient assez vite s'y intercaler quand on descend au Sud vers l'Amour (fig. 40) nous ne croyons pas devoir séparer la description de cette région de celle de la zone hercynienne, que nous allons maintenant parcourir de l'Ouest à l'Est.

3° Les chaînes hercyniennes de l'Asie russe (Oural, Steppe Kirghise, Altaï, etc.). — Les chaînes hercyniennes, que nous abordons maintenant, sont caractérisée pour nous par l'âge permo-carbonifère de leurs plissements principaux, en raison duquel tous les terrains inférieurs au stéphanien, ou au permien, sont plissés, tandis que les terrains secondaires et tertiaires sont restés horizontaux ou n'ont subi que de légères ondulations posthumes. Ainsi que nous le verrons plus tard en détail, la métallisation dans de telles chaînes comporte : d'une part, des gîtes de profondeur analogues à ceux qui peuvent se trouver dans les chaînes plus anciennes, et, notamment, des segrégations reliées aux intrusions de roches cristallines et, d'autre part, un type inconnu dans ces chaînes anciennes, celui des filons proprement dits, qui semblent souvent, dans les voussoirs hercyniens, être le contre coup de dislocations tertiaires

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que nous aurons à rechercher attentivement là où elles nous paraîtront exister. La présence ou l'absence de telles dislocations récentes introduit une grande différence dans le type métallogénique, et nous verrons, en particulier, ce contraste se présenter entre l'Oural non influencé par des mouvements récents, trop éloignés de lui pour l'avoir fragmenté, et les districts de Barnaoul et Kolyvan, Minoussinsk, Nertchinsk, etc., qui en ont, au contraire, subi très nettement l'effet. C'est dans ces derniers surtout que nous observerons des analogies avec nos voussoirs hercyniens de l'Europe centrale, pour la plupart influencés par des dislocations semblables, tandis que l'Oural en différera sensiblement pour se rapprocher en moyenne de types plus anciens.

Peut-être n'est-il pas inutile d'ajouter encore une remarque qui devient de plus en plus importante à mesure que nous avançons dans l'histoire géologique : c'est qu'il ne faut pas considérer une région, — réputée, par exemple, hercynienne — comme ayant été antérieurement et postérieurement exempte de tous plissements analogues. Les mouvements antérieurs sont, au contraire, presque généraux, et nous l'avons interprété autrefois en admettant que la zone influencée par les plissements avait été beaucoup moins en se déplaçant avec le temps qu'en se réduisant dans sa largeur. Les plissements postérieurs peuvent également se présenter, quoiqu'affectant d'ordinaire une très faible intensité qui leur a fait attribuer le nom expressif de plis « posthumes ». Le plissement de la région, tranquille entre toutes à l'époque tertiaire, qui constitue le bassin de Paris, en est un exemple typique. Cette dernière remarque va s'appliquer aussitôt à l'Oural, qui par ses conditions tout à fait spéciales, à savoir par la grande distance entre lui et les massifs solides dont il a subi le refoulement, s'est particulièrement prêté à ces retours de plissements après l'époque des mouvements principaux.

A. Oural. — Autour des zones primaires sibériennes que nous avons étudiées jusqu'ici, l'on peut considérer comme formant une couronne concentrique l'Oural et les chaînes de la Sibérie méridionale, à la condition d'admettre, entre l'Oural et la steppe kirghise, un raccord qui, tout en étant très vraisemblable, n'a pas encore été démontré. Cette chaîne de l'Oural se présente au premier abord avec une direction qui surprend nos habitudes, étant perpendiculaire à la plupart de nos grandes chaînes de plissement Est-Ouest. Mais cette direction s'explique quand on remonte à l'origine de ces plissements, exactement par les mêmes causes qui ont provoqué ailleurs une direction orthogonale : c'est le refoulement, entre deux voussoirs solides (Plate-forme russe et Plate-forme sibérienne), d'une zone intermédiaire plus faible, ayant manifesté une tendance fréquente à constituer un géosynclinal. L'Oural est un repli insinué entre deux fragments de la couronne boréale qu'ont pu tendre d'abord à former ces Plates-formes primaires, et, si nous le

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

verrons bientôt se bifurquer vers le Nord, c'est probablement qu'il y avait là une cassure secondaire de la masse solide, dans laquelle la partie plastique devait s'infiltrer en se pinçant (fig. 4, p. 224).

Sans sortir encore des généralités, on peut ajouter que la zone actionnée par les plis, dont la partie saillante forme l'Oural, semble avoir eu ici une extension tout à fait spéciale dans les deux sens, à l'Est comme à l'Ouest. A l'Est, l'Oural se continue très loin dans la Sibérie : peut-être jusqu'aux bords de l'Iénisséi, où nous avons trouvé des plis calédoniens de même direction ayant pu être influencés encore à l'époque carbonifère. Vers l'Ouest, des indices de plis parallèles se propagent jusqu'à la Plate-forme finno-scandinave. Ce qui contribue à cette apparence de largeur anormale, c'est qu'ici, par exception, il semble y avoir eu concordance, au moins approximative, entre des plis d'âges très divers, qui se sont succédés les uns aux autres, sans être amenés comme ailleurs à se dévier, à se tronçonner peu à peu par l'introduction de nouveaux noyaux au milieu d'eux. L'Oural a toutes les chances pour représenter un ancien pli précambrien, qui aurait rejoué, d'abord à l'époque calédonienne, puis, pendant le westphalien, avec accentuation des mouvements pendant le permien moyen et suivant lequel nous devons encore supposer des plis posthumes, puisque des terrains très récents sont déplacés par endroits, notamment dans le Sud. Le branchement du Timan, préparé par des mouvements calédoniens pendant le silurien moyen (3), s'est accentué à l'époque permienne (15). De très bonne heure il y eut là, en outre, un sillon marin, dont la chaîne actuelle n'indique la position qu'approximativement et qui, depuis la surrection même de celle-ci, a suivi, tantôt l'un des versants, tantôt l'autre, mettant en communication la mer Arctique avec la mer Méditerranée.

Nous ne nous étendrons pas sur la géologie de l'Oural, comme nous sommes forcés de le faire pour les régions véritablement asiatiques. Le travail existe déjà dans ce cas, et il suffit de renvoyer, soit aux publications d'ensemble données à l'occasion du Congrès géologique de 1897, soit aux synthèses de Suess [1]. Mais quelques observations générales sont néanmoins nécessaires à rappeler.

Sur la carte géologique de la Russie d'Europe, on voit la chaîne de l'Oural décrire un S qui part de la Novaia Semlia et de Vaigatch avec la direction Nord-Ouest, s'infléchit bientôt au Nord-Est, prend une direction méridienne du 65e au 55e degrés, puis oblique de nouveau légèrement dans le sens N. N. E. Vers le 60e, un branchement latéral Nord-Ouest, parallèle au tronçon de la Novaia Semlia, constitue le Timan et la presqu'île de Kanin. Vers le 55e, la chaîne est un moment en retrait à l'Ouest, et comme retardataire, en arrière du massif d'Oufa. Dans la constitution de cette chaîne interviennent, outre les terrains archéens (ou à aspect archéen)

[1] Trad. fr. I, 665 et III, 473.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et les roches cristallines allongées suivant sa longueur, des terrains primaires allant jusqu'au permien. Les terrains secondaires et tertiaires apparaissent seulement sur ses bords, dans des conditions toutes différentes, horizontaux ou seulement inclinés, mais non plissés, sauf cependant au Sud d'Orenbourg, où le jurassique commence à prendre part à des plissements qui ont dû se répéter là à l'époque tertiaire, et qui, plus au Sud, dans l'Erghéni, influencent le sarmatique (52), mais non l'aralo-caspien (53).

De ces terrains primaires, tous ceux qui précèdent le permien (14) ont des faciès marins et témoignent de plissements multipliés qui ont introduit entre eux des discordances, mais qui ont pris leur intensité maxima à la fin du carbonifère (13). On peut notamment remarquer que, pendant tout le carbonifère, il y a eu succession concordante de couches calcaires sur le versant Ouest, tandis qu'à l'Est des conglomérats apparaissent pendant le westphalien (12), marquant le début des mouvements tectoniques, en même temps que la proximité du rivage. La dissemblance entre les deux versants s'accentue avec les mouvements post-carbonifères, arrivés à leur maximum pendant le saxonien (15). A l'époque thuringienne (16), la mer a depuis longtemps disparu du flanc Est, tandis que, sur le flanc Ouest, dans le Gouvernement de Perm, elle se réduit à de vastes langues d'évaporation sous un climat probablement désertique.

Pendant le jurassique moyen (25), la partie occidentale de la chaîne forme rivage vers l'Est. La mer néocomienne (32) passe peut-être sur ses deux bords. A la fin du crétacé, elle se localise sans doute sur le flanc asiatique, où elle existe en tous cas pendant l'éocène (43). Après quoi, il y a émersion graduelle du versant sibérien.

Les plissements ont donné à cette chaîne une structure unilatérale et l'habituelle dissymétrie entre les deux versants : l'un brusquement redressé à l'Est, l'autre en pente douce à l'Ouest. Il y a eu poussée horizontale de l'Est vers l'Ouest, et cette poussée tangentielle a été assez forte pour amener, du côté européen, des renversements, avec inclinaison anormale de ces couches renversées vers l'Est. Des plis paléozoïques allongés s'étendent ainsi sur ce versant Ouest, où ils s'adoucissent peu à peu à mesure qu'on avance vers l'Europe et finissent par reprendre une allure normale. C'est sur le flanc Est, où affleurent, au contraire, des roches cristallines, que se trouvent, nous le verrons, les richesses minérales [1].

[1] Le carbonifère de l'Oural renferme de la houille exploitée sur le versant Est, le long de la ligne Perm à Nijni-Goubakhinsk (mines de Lioubimow). Près de Kisel, le gisement dit Zaproudny, découvert en 1790, a été le premier exploité sur le versant occidental de l'Oural (*Congrès*, X, 11). Les mines de houille de Lounievsk offrent plus d'intérêt technique. — Voir 1895. A. Stuckenberg. *Korallen und Bryozoen der Steinkohlenablagerungen des Ural und des Timan*, Mem. Com. geol. russe, t. X, n° 3, 1895. — 1907. M. Glasenapp. *Anthracitlagerstätten im Südichen Ural.* (Rigasche Industrie Ztg., 1907, p. 59. 1906, p. 263.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

B. Steppe kirghise [1]. — Entre l'Oural et la steppe kirghise, les données manquent pous établir un raccordement précis. Suess s'est demandé, d'après Mouchketov, si une branche du Tien-chan ne viendrait pas s'intercaler dans le faisceau divergent des plis de l'Oural méridional. Il nous suffira ici de remarquer que, dans l'Oural méridional, au Sud du parallèle suivi par le Transsibérien, les plis tendent à s'écarter en éventail, comme si là se trouvait en quelque sorte le point d'insertion de cette bouture latérale dans un tronc qui, en moyenne, a plutôt une direction perpendiculaire. Sur le versant sibérien, on a l'impression que

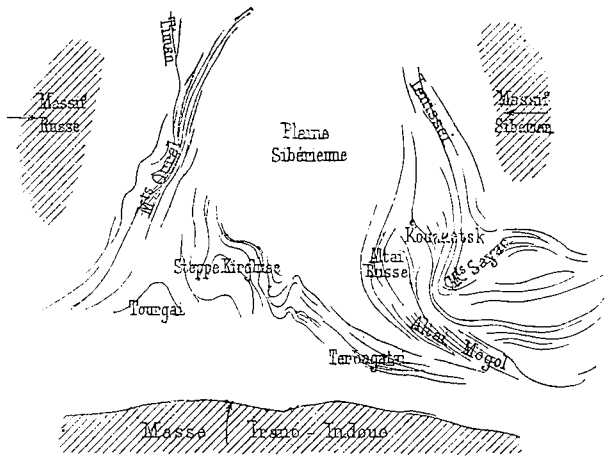


Fig. 4. — Schéma destiné à montrer le mode d'insertion des plissements de l'Oural dans ceux des chaînes plus méridionales.

l'Oural meurt en se subdivisant plutôt qu'il ne se courbe et que le raccord des deux directions orthogonales s'établit, comme l'indique le croquis ci-joint (*fig. 4*), par une série de sinuosités sans continuité propre, se succédant les unes aux autres en échelons : quelque chose d'analogue à ce qui peut se produire dans un confluent, ou plutôt au point d'intersection, de rencontre de trois (et non plus de deux) masses solides refoulant entre elles une pâte plastique, avec cette particularité que la masse du Sud, beaucoup plus étendue et plus lointaine, a exercé une pression générale et continue sur tout l'ensemble complexe situé au Nord.

Quand on passe plus au Sud, comme nous le ferons bientôt, on voit, en moyenne, les plis, dont l'âge est généralement plus récent, se régu-

[1] 1896. Vyssotsky. *Recherches géologiques dans la steppe kirghise et sur l'Irtych* (Expl. I). — 1896. Meister. *Expl. géol. dans les steppes kirghises* (Expl. V). — 1899. Meister. *Expl. géol. faites dans la steppe kirghise en* 1894-1899 (Expl. XV). — 1900. Krasnopolsky. *Rech. géol. dans les prov. d'Akmolinsk et de Semipalatinsk* (Expl. XXI, avec carte d'ensemble). Voir en outre, plus loin, ch. xxiii, pour les gîtes métallifères.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lariser progressivement suivant leur direction Est-Ouest. Mais; si l'on reste d'abord entre le 45e et le 55e parallèle, il se produit, dans la steppe Kirghise, quelque chose d'analogue à ce qui, en Europe, caractérise également la chaîne hercynienne comprimée entre les fragments précambriens, et qui se manifeste dans ce continent avec plus de clarté encore pour la chaîne tertiaire, obligée violemment de s'introduire au Nord dans les interstices des voussoirs hercyniens. Le phénomène, en Asie, semble, à l'époque tertiaire, avoir été beaucoup moins accentué, et les plis tertiaires en ont pris cette régularité d'ensemble qui leur fait traverser le continent entier avec une même direction ; mais il est très marqué pour la chaîne hercynienne que nous étudions en ce moment.

C'est pourquoi, quand on part du Sud et que, traversant l'Asie, on remonte en quelque sorte l'ordre chronologique de ces vagues successives, on voit d'abord, au Sud, des zones de plis tertiaires très réguliers. Les flots très élevés se succèdent parallèlement, comme dans la largeurs de l'Atlantique. On les sent seulement, suivant les régions, plus ou moins libres d'étaler leurs ondulations dans le sens Nord-Sud, ou, au contraire, comprimés comme dans le Nan-chan et amenés par là à regagner en hauteur ce qui leur manque en développement horizontal. Quand on s'approche, vers le Nord, des faîtes primitifs et qu'on aborde la zone hercynienne, il apparaît de toute évidence que ces vagues se trouvent brisées, deviées, amenées à tourbillonner comme sur une côte semée d'écueils.

Les observations se trouvent ici gênées par le grand développement des terrains tertiaires qui ne laissent souvent apercevoir que d'une façon incomplète le soubassement ancien auquel nous nous intéressons. En outre, il ne faut pas se dissimuler que les explorations, à peu près nulles jusqu'aux travaux du Transsibérien, sont encore aujourd'hui, malgré l'activité déployée par les géologues russes et le trésor d'observations qu'ils ont accumulé, assez incomplètes. Les modifications successives que subissent les cartes avec le progrès des travaux suffiraient à nous mettre en garde. Il est donc prudent de se défendre contre ce désir naturel de systématiser et de continuer à de grandes distances les amorces de direction qui a déjà causé tant de grosses erreurs en géologie. Cependant, si l'on regarde sans parti pris une carte de la steppe Kirghise, sur laquelle on a, comme nous l'avons tenté sur la figure 37 ou sur la planche II, essayé de tracer les directions locales des plissements et les zones de terrains, on est nécessairement frappé par ces changements constants de direction : par ce conflit, si l'on veut, des deux directions Nord-Est et Nord-Ouest, qui donne à cette région (comme à l'Europe centrale) une disposition en sinusoïde, en dents de scie, avec des rentrants et des saillants alternatifs, analogues à ceux qui marquent, par exemple, le Nord du Plateau central et la Bohême. Cette observation, comme la plupart de celles qui trouvent place dans ce paragraphe, s'applique, non seulement à la steppe kirghise, mais à toute la zone située à l'Ouest du Baï-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

kal. Il est visible que les grandes ondulations, venues du Sud avec une direction moyenne Est-Ouest et, seulement dans l'extrême-Ouest, une tendance depuis longtemps marquée à s'infléchir dans le sens de l'Oural, rencontrent ici, dans le Nord, des obstacles, contre lesquels elles s'écrasent, ou entre les débris desquels elles essayent de s'introduire.

Cela est clair dans la steppe kirghise, où les deux directions extrêmes Nord-Ouest et Nord-Est, marquées respectivement le long de l'Ichim, par le Dcharkain et, le long de l'Irtych, par le bassin houiller d'Ekkibad-tous, encadrent tout un système compliqué de sinuosités tournant leur convexité, tantôt vers le Sud, tantôt vers le Nord, avec un remous particulièrement complexe entre Akmolinsk et Semipalatinsk comme dans le Bourbonnais et le Limousin. Mais, avec moins de complications, cela est peut-être encore plus net pour l'Altaï, que nous étudierons ensuite. Les chaînes, Est-Ouest dans leur ensemble, qui se trouvent sur la frontière chinoise et surtout au Sud de celle-ci, prennent, immédiatement après leur entrée sur le territoire russe, une direction Nord-Sud amenée par un coude à angle droit vers le lac de Télezkoié (Pl. II.). Puis elles redeviennent Nord-Ouest. C'est la direction d'ensemble de toutes les chaînes situées à l'Est du bassin houiller de Kouznetsk (Alataou de Kouznetsk), de ce bassin même et des chaînes immédiatement contiguës à l'Ouest (Salaïr). Mais, dans le Nord du bassin, ces plis, devenus Nord-Sud ou Nord-Ouest, s'écrasent contre une barrière invisible (avec possibilité d'une dislocation qui n'a pas été, croyons-nous, reconnue), et l'on voit apparaître orthogonalement les plis Nord-Est, qui occupent toute la région de Kolyvan, la vallée de l'Obi, les environs de Tomsk. Ces plis, les géologues russes ont proposé un peu ambitieusement de les rattacher aux plis parallèles de la steppe kirghise à travers le manteau tertiaire (miocène lacustre) de la steppe de Baraba, en remarquant que, dans cette steppe, les rivières, affluents de l'Obi, ont toutes la même direction Nord-Est jusque dans les environs de l'Irtych, contre lequel ces directions viennent buter à angle droit : peut-être suivant une direction de cassure limitative des plis kirghises.

Quoi qu'il en soit, nous trouvons dans la steppe kirghise (et c'est le point important pour notre étude métallogénique) une chaîne incontestablement hercynienne, à assimiler avec celles de l'Europe centrale, où le carbonifère a été fortement plissé, tandis qu'on n'y voit pas trace de terrains postérieurs influencés. Le mouvement hercynien avait été, comme toujours, préparé antérieurement par des mouvements dévoniens et même précambriens.

Cette région peut-être étudiée en combinant les travaux de Meister dans l'Ouest (1898), avec ceux de Krasnopolsky dans la région Nord et ceux de Romanovsky dans le Sud [1].

[1] Voir la carte (fig. 37). Il existe, pour la partie Est de la steppe kirghise,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Orographiquement, la steppe kirghise ne présente pas, en général, l'aspect plat et monotone auquel le nom de steppe fait penser d'abord, mais constitue (surtout dans l'Est), un plateau montagneux de 300 à 1.100 m. d'altitude, où les terrains carbonifères, plus facilement érodables (calcaires, grès et schistes), dessinent généralement les vallées, tandis que les hauteurs sont occupées par des grès et quarzites devoniens plus durs (terme le plus inférieur de la série sédimentaire).

Cette série sédimentaire, si on laisse de côté le manteau tertiaire (sans intérêt pour nous, en ce moment) qui vient la recouvrir au Nord, présente surtout du dévonien et du carbonifère (dinantien, westphalien, stéphanien et même permo-carbonifère d'après Romanovsky). Les roches cristallines sont des granites à mica blanc, des diabases assez rares, sans doute paléozoïques, quelques microgranulites, des porphyres et porphyrites, accompagnés de brèches (comme dans le Plateau Central). Ces porphyrites sont surtout des porphyrites à amphibole ou à pyroxène. La venue éruptive des microgranulites et porphyrites, toujours comme dans le Plateau Central, traverse le dévonien supérieur (10), donnant des épanchements concordants avec le grès rouge et n'atteint pas ou n'atteint que partiellement les niveaux charbonneux superposés au calcaire dinantien (11).

Le facies archéen des gneiss, micaschistes, etc., qu'on a l'habitude de trouver à la base des sédiments, fait à peu près complètement défaut dans cette zone comme dans son prolongement par le Sayan et l'Alataou de Kouznetsk jusqu'à l'Iénisséi pour ne reparaître avec développement que vers le Baïkal. C'est là un trait à noter aussitôt comme établissant une différence fondamentale avec le Plateau Central ou la Bohême, auxquels tant de rapprochements nous font d'autre part penser. On ne peut pas dire qu'il n'y ait nulle part rien de semblable; on connaît (par exemple au Nord d'Akmolinsk) des schistes métamorphiques et cristallins qui représentent peut-être (avec le dévonien inférieur), le silurien et même des terrains antérieurs, ou même ailleurs quelques véritables gneiss [1]; mais leur développement est très faible. Les granites à mica blanc (par un phénomène jusqu'à un certain point solidaire) semblent également peu fréquents.

Malgré cette observation, la série sédimentaire commence ici par des

une carte géologique allant plus loin vers le Sud, qui a été publié par Romanovsky à Saint-Pétersbourg, en 1903. Cette carte doit être surtout consultée pour la zone Sud, sur laquelle ont porté les travaux personnels de l'auteur. Dans la partie Nord, autour de Baian-Aoul, elle présente, avec les documents de détail que nous avons cherché à condenser (et qui d'ailleurs diffèrent beaucoup entre eux), de notables divergences qu'il serait impossible de concilier. L'aspect en est des plus confus. Comme remarque générale, l'extension des roches vertes (μ) doit être exagérée sur notre carte.

[1] Zarzev en signale pourtant à l'Est de Kolyvan ; Krasnopolsky, du côté d'Atbassar, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

schistes cristallins métamorphiques, avec intercalations de granites (schistes localisés vers Koktchetov au Nord d'Akmolinsk), puis par des quartzites dévoniens très fins, diversement colorés (dévonien inférieur). Au-dessus vient une assise généralement rouge, où les grès dominent avec quelques conglomérats (les grès étant parfois aussi verts ou blancs). L'alternance fréquente des couches de conglomérats et de grès indique un déplacement réitéré de la ligne du rivage, dû à des mouvements tectoniques. Les grès ont parfois des entrecroisements fluviatils. Dans l'Est, ces niveaux gréseux renferment des traces de cuivre, fer et manganèse. Le dévonien supérieur se termine enfin par des calcaires fossilifères, qui préludent déjà aux caractères du dinantien. Le passage du dévonien au carbonifère montre une transgression correspondant d'ailleurs au caractère franchement marin qui domine dans le dinantien, après les formations littorales surtout développées dans le dévonien et accuse, par conséquent, des mouvements du sol, indiqués d'autre part par des épanchements de roches éruptives. Ce carbonifère débute par des calcaires, que recouvre, en apparente concordance de stratification et avec passage graduel, une assise charbonneuse de grès et schistes à plantes fossiles, constituant les gisements industriels de la région, notamment le principal, celui d'Ekkibad-tous, et les petites mines de Bestubé, Aktchékou; ce carbonifère est fort peu épais.

D'une façon générale, le calcaire carbonifère dinantien C^1 (11) existe à l'état de sillons prolongés, que recouvrent parfois quelques terrains offrant le faciès du culm. Enfin arrive, étroitement relié le plus souvent au calcaire sous-jacent, le houiller proprement dit (westphalien et stéphanien 12, 13)[1], aboutissant, dans le bassin de Kouznetsk mieux étudié, et sans doute aussi ailleurs, à des termes déjà permiens (14) où l'on retrouve la flore du Gondwana. Après quoi, il paraît y avoir interruption complète de la sédimentation, du moins de la sédimentation marine.

Le jurassique n'est représenté hypothétiquement que par l'ordinaire série des terrains lacustres à lignites, sur l'âge desquels on discute encore et, pour trouver des couches marines, il faut aller jusqu'à la transgression éocène (43), recouverte aussitôt par du miocène d'eau douce (48).

Si nous envisageons maintenant les conditions de plissement de ces

[1] Romanovsky rattache au stéphanien ou même au permien une formation de grès bariolés, schistes argilo-siliceux, etc., très répandus dans le Sud-Est et contenant fréquemment du cuivre. Meister, près de Baian-Aoul, rattache au dévonien supérieur une formation semblable, sans que la question soit bien tranchée entre les deux explorateurs.

M. Douvillé a étudié des échantillons de calcaires stéphaniens venant de Manat dans le Nord de la steppe, à moitié distance entre Petropavlosk et Akmolinsk, à 100 km. S. E. E. de Kokchetov, par 53° de latitude.

D'après une communication verbale de M. Zeiller, on aurait trouvé une flore permienne sur le bord du lac d'Atchinour, en Mongolie septentrionale, à peu près sur le méridien de Kouznetsk.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

divers terrains, il est de toute évidence qu'en dehors de mouvements antérieurs possibles, ils ont surtout subi de grands plissements carbonifères et permiens ayant préludé à l'émersion dont nous venons de parler. Le mouvement principal a dû avoir lieu après le carbonifère supérieur, car celui-ci se montre plissé en concordance apparente avec les terrains antérieurs, et même, sur le versant Ouest du bassin de Kouznetsk, il y a renversement de ces terrains antérieurs par-dessus le houiller, comme sur le bord Sud de notre bassin du Pas-de-Calais. Le rapprochement du dinantien et du westphalien semble, en moyenne, plus marqué que dans le Plateau Central ; cependant il n'y a pas solidarité nécessaire entre les deux terrains qui affectent, ce semble, souvent des sillons indépendants : le dinantien ayant dû être plus développé que le westphalien, et la transition de l'un à l'autre ayant été marquée par un changement de régime complet, en raison duquel des terrains lacustres ont succédé à des terrains marins.

Un autre changement de régime antérieur avait marqué le passage du dévonien littoral ou fluviatil à la série de calcaires marins du dévonien supérieur et du dinantien.

Il résulte de ces observations la disposition assez générale des sillons carbonifères, dans toute la région située à l'Ouest de l'Iénisséi. En principe, chacun d'eux correspond à un synclinal (plus ou moins subdivisé), dont les flancs sont formés de calcaire dinantien (11), reposant à son tour sur des couches dévoniennes, allant du dévonien supérieur (10) au dévonien inférieur (5) (ce dernier moins bien représenté). Après quoi viennent latéralement des anticlinaux de schistes métamorphiques avec granite, comme le montre, par exemple, (*fig.* 5, p. 233), la carte de détail du bassin de Kouznetsk. Dans les synclinaux, le carbonifère supérieur lui-même, avec les combustibles inclus, a subi des mouvements de plissement prouvant qu'ici, comme dans le Plateau Central (où nous sommes toujours tentés de chercher des points de comparaison), le plissement s'est continué après le dépôt lacustre de la houille.

On peut ajouter (et c'est un autre trait de similitude avec nos chaînes hercyniennes d'Europe englobant de semblables sillons houillers) que les venues de roches vertes, porphyrites, diabases, mélaphyres, etc., sont abondantes au milieu des zones du dévonien supérieur ou du carbonifère, y compris le houiller productif. Celui de Kouznetsk, dont nous parlerons bientôt, en comprend d'importants massifs. C'est le début de cette longue série de roches analogues (les trapps sibériens) qui se sont succédées en Asie Russe jusqu'à nos jours.

Bassins houillers de la Steppe Kirghise. — Pratiquement, il y a lieu d'insister sur la disposition du terrain houiller, qui, ayant été particulièrement étudiée pour son intérêt industriel, a, d'autre part, l'avantage de nous renseigner sur la tectonique générale.

Les déterminations d'âge ne sont pas assez précises pour nous per-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mettre de décrire successivement ceux de ces dépôts qui peuvent appartenir, les uns au westphalien (12), les autres au stéphanien (13); nous allons donc envisager les sillons carbonifères les uns après les autres indépendamment de leur âge exact, dans l'ordre géographique où ils se présent de l'Ouest à l'Est (fig. 37).

Les gisements les plus occidentaux qu'on ait signalés sont situés au Sud-Est d'Akmolinsk à environ 400 km. de l'Irtych. Il y a là un certain nombre de petits synclinaux renfermant de la houille, tels que *Karadjira*, *Isil-bail-sor*, *Karagandy*, *Kouou-tchéou* (sur la haute Tchiderta) *Kisil-taou*. Les gisements de Karagandy et de Kouou-tchéou paraissent avoir quelque constance, mais avec des charbons de qualité médiocre, comme dans la plupart des petits gisements signalés ici[1]. A Karagandy, il existe deux lits de houille : le supérieur, formé de deux couches de 0 m 9 et 2 m., l'inférieur ayant jusqu'à 6 m. A Kouou-tchéou, il y aurait plusieurs couches de houille, dont une seule exactement reconnue aurait 1 m. 20 d'épaisseur sur plus de 1 km. de long.

On mentionne cependant, plus à l'Ouest encore, à l'Est de Tourgai, les riches gisements de *Yarkoué* et *Dchilantchik* (Pl. II) et l'huile minérale du *Karyn-Saldy*.

Vers l'Est, en approchant de l'Irtych, au Nord de Semipalatinsk, on trouve une série d'autres gisements : *Ekkibad-tous*, *Diaman-tous*, *Kokmass*, *Oinak-Sor*, *Koum-Koul*, dont le premier semble actuellement en Sibérie, avec Soudjenka (sur le prolongement de Kouznetsk), le plus susceptible d'une mise en valeur immédiate (fig. 37).

Le gisement d'Ekkibad-tous[2] forme, d'après Meister et Krasnopolsky, une ellipse de 19 km. sur 8,5, occupant 13,000 hectares. La formation houillère repose sur un calcaire dinantien fossilifère. Elle débute par une assise calcaro-argileuse et se continue par des grès et schistes renfermant deux épaisses couches de houille : l'inférieure de 40 m., la supérieure de 23. Ces couches forment un synclinal, dont le flanc Sud-Ouest est très redressé et le flanc Nord-Est assez doux.

Un peu plus au Sud, à *Diaman-tous*, il existe un gisement mal connu de charbon cendreux qui paraît occuper une grande extension, avec une puissance totale de 6 m. de charbon, mais dispersée en lits minces de qualité médiocre et d'une utilisation très difficile. Les autres gisements voisins de l'Irtych sont très tourmentés et inconsistants avec une allure lenticulaire (*Oinak-sor*, *Koum-koul*).

C. Altaï et bassin de Kouznetsk[3]. — La steppe kirghise est séparée

[1] Voir plus haut page 90.

[2] Voir : 1896. A. Krasnopolsky. *Rech. géol. dans la Sibérie orientale* (Expl., V), (Cf. Meister, ibid., XV). — 1898. A. Meister. *Gisement de houille près du lac Ekkibaz-Touz* (Ekkibad-tous) (Expl., IX). — A. Krasnopolsky. *Rech. géol. dans la Sibérie orientale en* 1896 (Expl., IX).

[3] Voir une bibliographie détaillée de l'Altaï, au chapitre où nous donnerons sa métallogénie. La fig. 5, p. 233 donne une carte détaillée de Kouznetsk.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du massif accidenté, puis montagneux, qui commence à Kolyvan, Barnaoul, Semipalatinsk et qui constitue l'Altaï russe, par la grande steppe de Baraba, où coule l'Irtych. Presque jusqu'à l'Irtych, on continue à trouver assez de lambeaux primaires pour suivre les plissements ; puis vient une interruption de 2 à 300 km. Le faisceau des plis qui, vers le Sud-Est, près de la frontière chinoise, est assez régulièrement Nord-Ouest suivant la direction de l'Altaï Mogol, des chaînes de Narym et de Kalbin, du premier cours de l'Irtych, s'ouvre en éventail, un peu au Nord-Est de Semipalatinsk, de telle sorte que les plis extrêmes se séparent presque à angle droit : les uns à l'Ouest étant Nord-Ouest vers Ekkibad-tous, les autres à l'Est, Nord-Est suivant la direction des chaînons de Barnaoul et de Kolyvan, marquée par le petit sillon carbonifère de l'Elbach. Dans la courbe décrite par cette inflexion du Nord-Ouest au Nord-Est, se trouve, entre les 82e et 90e degrés, une région qui est intéressante pour nous à tous égards, par ses minerais métalliques anciennement célèbres bien qu'aujourd'hui épuisés, comme par ses ressources en houille et en fer, qui ne sont encore industriellement qu'une espérance, mais une espérance à laquelle ceux qui ont visité le pays prêtent volontiers des proportions grandioses.

Quand on parcourt cette région du Nord au Sud, depuis Tomsk jusqu'à la Mongolie, on voit, dans l'ensemble, les plissements onduler autour d'une direction Nord-Sud en décrivant une série de sinuosités qui forment une double S et qui aboutissent finalement au raccord de cette orientation méridienne, parallèle à longue distance avec les plis de l'Oural, parallèle aussi aux plis du bassin de l'Iénisséi et provoquée sans doute par la même cause tectonique, avec les directions Est-Ouest de la Chine.

Le type métallogénique de cette région, que nous aurons à étudier plus tard, consiste surtout dans un système de filons-couches intercalés dans une série sédimentaire plissée à l'époque hercynienne, notamment dans des grauwackes dévoniennes (Sméinogorsk, Rudesk, Svianovsk, etc.). Cette région, où les mouvements ont été, comme nous le verrons, intenses pendant et immédiatement après le carbonifère, ne semble pas avoir été bien sensiblement influencée par les mouvements tertiaires : ce qui la différencie des zones plus orientales, auxquelles nous passerons ensuite. Les roches éruptives secondaires ou tertiaires paraissent y faire défaut, et, en même temps, les filons de fracture proprement dits à remplissage métallifère. La métallisation affecte les caractères que l'on trouve souvent dans la profondeur des chaînes plissées (par exemple dans les Pyrénées) et nous croirons y voir une relation avec des roches primaires d'intrusion telles que les microgranulites.

L'Altaï russe, le seul qui ait été bien étudié (très différent, comme on le sait, de l'Altaï Mogol), présente ces caractères d'usure avancée qui sont propres à toutes les chaînes de plissement carbonifères. Tchihatcheff en

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

comparait les aspects avec ceux de l'Espagne. Contours adoucis et monotones, plateaux à longues croupes et à cimes déprimées, nous trouvons ici les traits pittoresques habituels de toutes ces chaînes montagneuses, sur lesquelles l'érosion a eu le temps de s'exercer, et dont, par conséquent, les formations, roches cristallines et minerais, correspondent déjà à une profondeur primitive assez forte.

Stratigraphiquement nous observons, dans tout ce pays, des caractères qui rappellent le Plateau Central, la Bohême ou peut-être encore plus le massif rhénan, sauf toutefois cette différence qu'on n'y parle pas de manifestations éruptives tertiaires. Les gneiss cependant sont rares ; mais des schistes primaires, du dévonien, du carbonifère se montrent plissés (y compris le houiller de Kouznetsk, montant jusqu'au Gondwana inférieur, dont la partie Ouest plonge, comme dans notre bassin houiller du Nord, sous le calcaire carbonifère dinantien). Ce plissement a dû atteindre son maximum à l'époque permienne en même temps que dans l'Oural. Des roches granitiques métamorphisent les schistes primaires, dans lesquelles on les voit s'introduire. Des intrusions de porphyre et de porphyrite pénètrent dans le calcaire carbonifère, où il s'est développé à leur contact des roches à grenat, épidote et fer magnétique au Sud de Kouznetsk, sur les bords du Kondom, tandis que, dans l'Altaï proprement dit, plus au Sud-Ouest, de nombreux filons métallifères suivent des dykes analogues. Le synclinal d'Elbach, avec ses couches verticales de houille anthraciteuse, peut être comparé à tel de nos bassins du Centre, sur le sillon de Saint-Eloy ou à Sincey dans le Morvan. Son raccordement en courbe avec le houiller de Kouznetsk, au Nord du Salair, est assimilable avec les nombreuses inflexions et torsions de même genre que présente le terrain houiller du Bourbonnais. Ces terrains houillers contiennent du carbonate de fer lithoïde, comme ceux du Plateau Central, etc.

Les formations éruptives de l'Altaï commencent avec le dévonien : période où les phénomènes tectoniques qui ont amené le soulèvement de l'Altaï paraissent avoir déjà atteint une grande intensité. Les filons de diabase, qui sont les plus anciens, traversent le dévonien inférieur et moyen. Puis viennent des porphyrites, souvent amygdaloïdes, accompagnées de tufs et de brèches volcaniques, jusqu'à la base du dévonien supérieur (9) ; enfin, des orthophyres verts et des porphyrites augitiques du dévonien supérieur (10). Après quoi, il semble y avoir eu un arrêt pendant le dinantien (11), suivi d'un retour d'activité volcanique sous la forme de mélaphyres épanchés dans les grès charbonneux stéphanien (13).

Si nous commençons notre description par le Nord, le *bassin houiller de Kouznetsk*[1] a été, en raison de son énorme développement superficiel

[1] La bibliographie de Kouznetsk est très développée. Nous citerons seulement, par

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et de l'importance industrielle qu'il semble donc susceptible de prendre un jour, l'objet d'études géologiques particulièrement complètes. Indus-

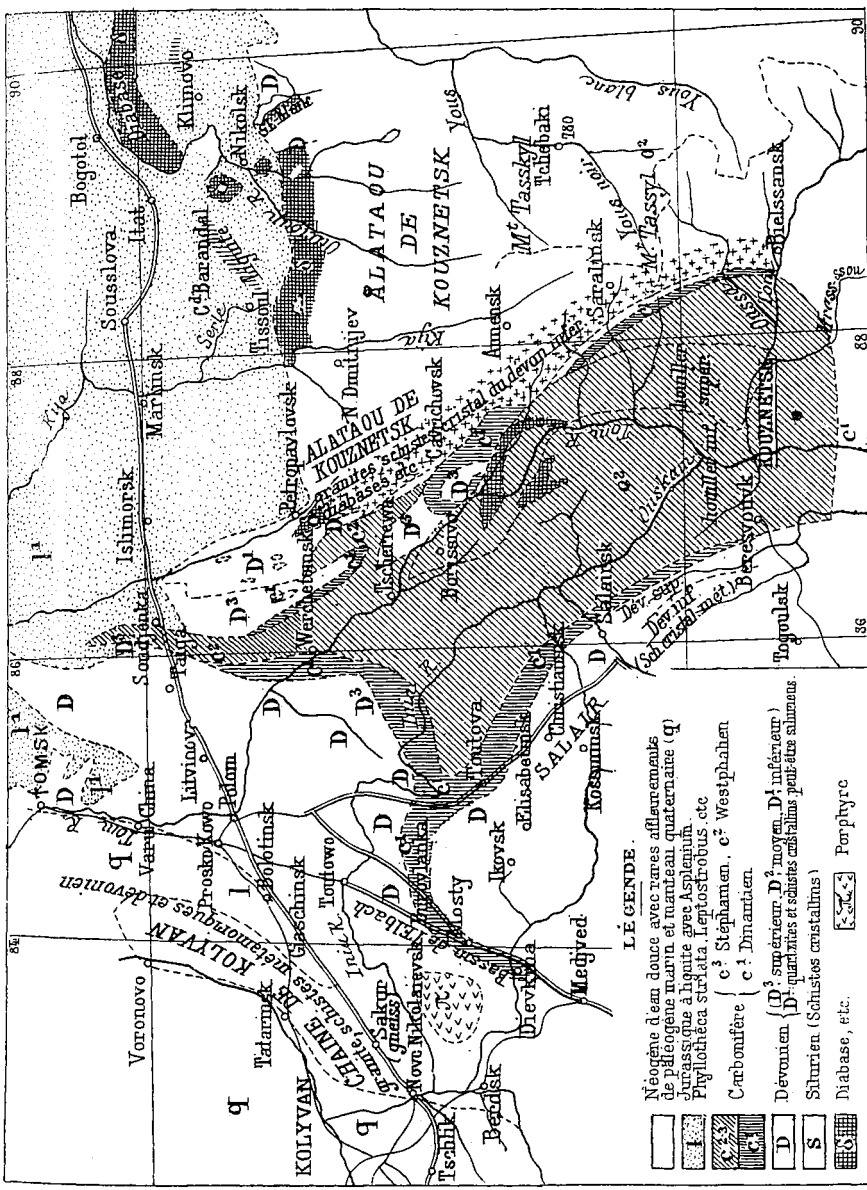


Fig. 5. — Carte géologique du bassin houiller de Kouznetsk. (Echelle au 1 : 1.680.000.)

triellement il ne donne lieu qu'à une exploitation insignifiante, loca-

ordre de date, les ouvrages principaux : 1845. TCHIHATCHEFF, *Voyage scientifique dans l'Altaï oriental*, Paris. — 1871. V. COTTA. *Der Altaï*. Leipzig. — 1883. D.-I.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lisée dans la partie tout à fait Nord, où un de ses prolongements vient traverser la ligne du chemin de fer près de Soudjenka et offre un champ de travail avantageux.

Sur notre croquis de ce bassin houiller (fig. 5), on peut voir comment une grande zone, large d'environ 80 à 100 km. et de direction Nord-Ouest, se poursuit sur 225 km. de long, terminée à son extrémité Nord-Est, par un mince prolongement de 5 km. de large qui monte presque jusqu'à la latitude de Tomsk. Le carbonifère moyen ou supérieur surmonté de permien, qui constitue ce que l'on appelle l'étage moyen, repose dans une cuvette primaire ayant dû former jadis une ancienne lagune et composée de calcaire dinantien ou de dévonien. Le calcaire dinantien C¹ (1) suit une grande partie des deux bords ; au Nord-Ouest, il s'infléchit dans le sens Est-Ouest, sur la bordure Nord du Salaïr et va rejoindre un autre petit sillon houiller Nord-Ouest, celui de l'*Elbach*, dont le bord Est suit la route de Barnaoul à Tomsk. Nous avons, dans le Nord du Plateau Central, de nombreux exemples d'inflexions semblables amenant au voisinage l'un de l'autre deux sillons houillers orthogonaux, ne fût-ce que dans la région où se trouvent à la fois le sillon de Saint-Eloy et celui de Montvicq Nord-Est, celui de Commentry Nord-Ouest, enfin les terrains houillers de la vallée du Cher Nord-Est. J'ai montré autrefois comment ces déviations pouvaient s'expliquer par les torsions du substratum primaire, et cette explication s'étend aisément à l'Altaï.

On admet généralement, pour ce bassin, une concordance des divers étages carbonifères entre eux et avec le permien : concordance problématique, puisque le dinantien n'occupe pas les mêmes régions que le westphalien ou le permien et, d'ailleurs, en désaccord avec le fait d'un changement profond, mentionné plus haut, dans le régime des mers. Il est beaucoup plus vraisemblable qu'un premier mouvement, antérieur

Bogdanov. *Esquisse Géol. de la partie sud-ouest du bassin carbonifère de Kouznetsk* (Verh. Russisch Mineralog. Ges., 2e sér., XVIII, p. 149-204), avec carte. — 1893. R. Helmhacker. *Die MineralKohlen in Russisch Asien* (Z. f. pr. Geol., t. I, p. 55). — 1895. P.-N. Venukov. *Les dépôts carbonifères du bassin de Kouznetsk* (Trav. Sect. Géol. Cabinet de S. M., I.). — 1896. Zaitzeff. *Recherches géol. entre le Tom et Atchinsk* (Expl., I). — 1896. B.-K. Poenov. *Les Idées nouvelles sur l'âge du bassin houiller de Kouznetsk* (Trav. Soc. Naturalistes Saint-Pétersbourg, XXVII, p. 282, avec bibliog.). — 1896. A. Derjavine. *Sur le bassin houiller de Kouznetsk* (Expl., I, p. 91-101, avec carte). — 1896. Zeiller. *Remarques sur la flore fossile de l'Altaï* (Bull. Soc. géol., 3e sér., t. XXIV, p. 466-487) : ce travail résume et discute les travaux de botanique fossile antérieurs. — 1898. Yavorovsky. *Explorations des gisements de houille près de Soudjenka, en* 1896 (Expl., IX, p. 85-108, avec carte). — 1898. A. Krasnopolsky. *Explorations géologiques et recherches de houille dans les arrondissements de Mariinsk et de Tomsk* (Expl., XIV, p. 1-96, avec carte qui peut être juxtaposée à la carte géologique du district de l'Altaï, dressée sous la direction de A. Inostranzeff (Travaux de la Section géologique du Cabinet de Sa Majesté, III, Saint-Pétersbourg, 1898). — 1899. Yavorovsky. *Recherches de houille dans la région de Soudjenka en* 1897 (Expl., XIII, avec carte). — 1902. R. Zeiller. *Nouvelles observations sur la flore fossile du bassin de Kouznetsk* (C. R. t. CXXXIV, p. 887). — 1902. Suess, III, 197, avec bibliographie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

au westphalien (12), aura été suivi d'un mouvement permien plus accentué (14), par suite duquel les étages antérieurs se seront trouvés remis mécaniquement en concordance approximative

Si l'on fait une coupe transversale de ce bassin dans sa partie large, on trouve d'abord, à l'Ouest, le dinantien (11) renversé par-dessus le stéphanien (13), puis une suite de plis Nord-Ouest, dont un grand synclinal rempli par le houiller et le permien inférieur concordants. Sur le flanc Nord-Est du bassin de Kouznetsk, en partant de l'Est, le dévonien (9) est représenté, d'après Krasnopolsky, par des schistes et calcaires, dans la partie haute desquels apparaissent des bancs gréseux. Puis vient le calcaire dinantien (11) et, au-dessus, la série de grès et schistes avec couches de houille, qui se relie à sa base au calcaire précédent. Cette série charbonneuse a d'abord paru présenter, pour le botaniste, certaines affinités avec la flore à *Glossopteris* du continent Sud-équatorial (Inde et Australie) et a même un moment été considérée comme jurassique. L'examen approfondi qu'en a fait M. Zeiller l'a conduit à l'identifier, sauf quelques types particuliers, aux flores permiennes normales d'Europe et de l'Amérique du Nord.

Nous avons dit plus haut comment le bassin houiller de Kouznetsk se continue au Nord par la bande relativement mince de Soudjenka, large d'environ 5 km., sur laquelle se trouvent concentrés les principaux travaux. Les premières découvertes ont été faites là en 1888, près du village de Lébédianskoié, sur le Kital Mazalovsky et continuées par des explorations de M. Yavorovsky en 1896. Les terrains, formés d'argiles compactes ou parfois schisteuses et de grès friables, reposent en concordance sur le dévonien, avec lequel ils ont été plissés. La puissance d'ensemble, répartie sur 19 couches, atteint 32 m. Plusieurs couches ont une épaisseur de 2 à 3 m. Deux atteignent 10 m. Les charbons, tantôt houilles à coke, tantôt anthracites, donnent près de 8.000 calories. La richesse du gisement au Nord du chemin de fer est évaluée à au moins 100 millions de tonnes jusqu'à 100 m. de profondeur. Trois mines y sont déjà exploitées superficiellement. Trois couches de sphérosidérite de 0,6 m. à 2 m. peuvent également avoir une importance pratique.

Dans le district de Minoussinsk, au pied du mont Isykh, on observe encore quelques affleurements de houille mal étudiés appartenant à un bassin qui occupe des étendues considérables sur les deux rives de l'Abakan.

D. *Districts d'Atchinsk et Minoussinsk.* — Aux districts de Kouznetsk et de l'Altaï succèdent, vers l'Est, ceux d'Atchinsk, de Minoussinsk et de Krasnoiarsk, situés sur les deux versants de la haute vallée de l'Iénisséi. On y trouve, en moyenne, des caractères hercyniens analogues à ceux qui marquent la région de Kouznetsk, mais peut-être avec un commencement de dislocations tertiaires destinées à s'accentuer vers l'Est. Les

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

terrains qui forment l'Alataou de Kouznetsk, à l'Est du bassin houiller, sont, après les schistes métamorphiques, du dévonien assez développé, avec ses trois étages et du calcaire dinantien : le tout fortement plissé dans le sens Nord-Ouest. Nous aurons à décrire de ce côté quelques petits filons aurifères, en relation possible avec des diorites, syénites, ou granites à mica blanc et des imprégnations latérales de pyrite dans les terrains schisteux. Il est naturel de considérer ces veines comme contemporaines de la mise en place des roches connexes, au plus tard à la fin du carbonifère. Vers le Sud, il apparaît des amas de magnétite encaissés dans des roches acides et spécialement dans des granulites, avec des conditions de gisements qui rappellent l'Oural et le Nord de la Scandinavie (Irba, Akabansk, Nijni-Oudinsk).

Sur le versant Est de l'Iénisséi, dans la région décrite par Klementz, le dévonien moyen (8) prend, entre Minoussinsk et Krasnoiarsk, un développement spécial dont il a déjà été question. Là, sur les schistes métamorphiques, viennent, d'abord un conglomérat marquant le commencement de la transgression dévonienne, puis des bancs calcaires du dévonien moyen, auxquels succèdent des facies lagunaires du dévonien supérieur, argiles bariolées avec gypse et sel. Le tout est manifestement plissé, montrant que les mouvements, par lesquels a été façonnée cette région, sont également hercyniens. Des porphyrites recoupent le dévonien (8), mais non le dinantien (11). La transgression dévonienne qu'on observe là, s'étend sur le Sayan oriental avec des caractères analogues, et l'on retrouve les terrains devoniens dans le Sud-Est jusqu'aux environs d'Ourga par 48° lat. et 107° long., où ce dévonien est vertical. En sens inverse, les chaînons Nord-Ouest, qui prolongent les Sayan, à l'Ouest, jusqu'à l'Iénisséi, sont formés de terrains métamorphiques allant jusqu'au silurien (schistes argileux ou micacés, amphiboliques, chloriteux, calcaires donnant de beaux marbres blancs, grès, etc.), puis de dévonien (calcaires, grès calcarifères et grès rouges) avec quelques minces passées charbonneuses peut-être carbonifères et de nombreuses intercalations de roches cristallines. On y observe, toujours dans des conditions analogues, quelques veines aurifères, mais ici avec accompagnement de filons de galène qui n'avaient pas leur équivalent dans l'Ouest. Par dessus la série primaire passe l'ordinaire formation horizontale de jurassique à lignites (30 km. Sud-Ouest de Minoussinsk, etc.), dont nous étudierons tout à l'heure les condition d'ensemble.

4° Zones principalement hercyniennes à dislocations tertiaires du Sayan oriental, de la Transbaïkalie[1] et de l'Amour.

A. *Sayan oriental.* — La zone hercynienne de Minoussinsk nous amène

[1] Outre les monographies de détail publiée dans les *Explorations géol. et min. le*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

jusqu'au Sayan oriental : chaîne de direction Nord-Ouest, qui forme la frontière russo-chinoise à l'Ouest du Baïkal. Les caractères géologiques restent les mêmes dans leur ensemble, et l'on continue à trouver à l'état plissé tous les terrains primaires représentés, notamment le dévonien qui joue un grand rôle, tandis que les dépôts lacustres du secondaire sont restés horizontaux. Mais, alors que les manifestations éruptives tertiaires étaient absentes ou très rares plus à l'Ouest, elles commencent à jouer un rôle de plus en plus accentué à mesure que nous nous rapprochons de l'effondrement tertiaire du Baïkal et des cassures parallèles aux plissements qui affectent la Transbaïkalie. C'est ainsi qu'on a trouvé de véritables volcans à l'Ouest de Batougol et de ses gisements de graphite, dont nous donnerons bientôt la description. Des laves occupent également le sommet du Monko-Sardyk, à l'Ouest du Kossogol (Pl. II). Ce n'est, d'ailleurs, que le prélude du régime qui domine en Transbaïkalie, où les dislocations tertiaires formant coulisses parallèles et les manifestations éruptives de même âge deviennent constantes, affectant de cassures disjonctives une région dont les derniers plissements antérieurs ont des chances pour être encore hercyniens.

B. *Transbaïkalie.* — Nous nous sommes déjà trouvé indiquer quelques traits généraux de la tectonique en Transbaïkalie. Les principaux sont : 1° la présence de gneiss précambriens à plissements confus qui reparaissent avec des directions variables dans les horsts des plis postérieurs ; 2° l'existence d'une série primaire comprenant le dévonien supérieur (9), plus régulièrement plissée dans le sens Nord-Est : série, dans laquelle s'intercale, vers la fin du silurien (4), et probablement une seconde fois pendant le carbonifère (12), la mise en place de magmas granitiques, avec lesquels une partie des gisements aurifères, analogues à ceux que nous avons trouvés précédemment, sont probablement en relations, et 3° la production, après le secondaire, de dislocations disjonctives formant coulisses parallèlement aux plis précédents[1].

Les plissements précambriens, dont nous avons déjà dit quelques mots, s'accusent dans les terrains à facies gneissique, qui occupent les deux rives du Baïkal et réapparaissent à diverses reprises plus à l'Est. C'est à eux qu'il faut attribuer un certain nombre de directions anormales, formant des sinuosités un peu confuses, telles que celles qui se montrent au Nord-Ouest du Baïkal, ou celles que présentent les schistes cristallins des chaînes Tsagan et Malkhan. Il y a souvent indépendance

long du chemin de fer de Sibérie, on peut consulter, pour la Transbaïkalie, une carte géologique d'ensemble au 1/1.680.000, publiée à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900 par le Comité du chemin de fer transsibérien. La fig. 39 en est la reproduction.

[1] Quelques lambeaux de grès et schistes, peut-être mésozoïques, entre Nertchinsk et Nertchinsky Zavod, pourraient avoir été plissés par ces mouvements tertiaires. Voir plus loin, la métallogénie de cette région.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

presque absolue entre ces directions précambriennes et les directions hercyniennes, suivies par les cassures tertiaires, quoique, dans l'ensemble, on puisse remarquer, dès ces premiers mouvements, une certaine tendance générale au ridement Nord-Est. C'est cette direction Nord-Est qui devient tout à fait prédominante dans les plis dont sont affectés les terrains rattachés au silurien et au dévonien. Quant aux mouvements tertiaires, ils ont eu une intensité, dont témoigne déjà à lui seul l'effondrement du Baïkal. On peut en citer également, comme autres indices, les volcans du Vitim et, dans le sens des plis, quelques cuvettes d'effondrement à dépôts tertiaires[1] et quaternaires de 30 à 50 km. de large (cours du Chilok entre le Malkhan et le Tsagan, fosse entre le Tsagan et le Tsaganda-ban, cours de l'Ouda avant Verkhné-Oudinsk). Ici l'analogie avec tel massif hercynien d'Europe disloqué à l'époque tertiaire, comme le Plateau Central, est frappante, bien que, dans le Plateau Central ou la Bohême, les cassures tertiaires aient été beaucoup plus indépendantes de la direction des plis anciens.

On voit se creuser, au milieu des massifs anciens, archéens et paléozoïques, ayant formé des horsts plus ou moins tôt, des fosses d'effondrement analogues à ce que peuvent être celles de notre Plateau Central et ayant sans doute une même origine : contre-coup à distance des plissements lointains dans un massif trop consolidé pour pouvoir encore se prêter à les subir. Comme dans nos horsts hercyniens d'Europe, ces fosses sont bordées de manifestations éruptives récentes jalonnant des failles, basaltes, trachytes, andésites, liparites, rhyolithes, etc., et les lignes de dislocation sont souvent marquées par des sources thermales[2]. Ainsi que nous le verrons, il faut sans doute relier à ces manifestations récentes certains filons métallifères à sulfures complexes, dans le district de Nertchinsk, comme nous sommes disposés à l'admettre pour un grand nombre des filons analogues situés en Europe dans de semblables voussoirs hercyniens disloqués par les secousses tertiaires.

En partant du Baïkal, on a, d'abord, un premier massif dont l'étude a été faite par M. Obroutchev, entre la Tchikoi et la Sélenga, massif

[1] Au Sud d'Irkoutsk sur le Baïkal, des lignites sont réputés de cet âge. — Dans l'ensemble, ce système de cuvettes effondrées, parallèles à grande distance avec les plis tertiaires et venant affecter un noyau archéen ou primaire, rappelle beaucoup la disposition des cuvettes tertiaires successives du Plateau central (bassins de Roanne, de la Limagne, de Montluçon), dont les largeurs sont comparables, mais qui tranchent tout à fait transversalement les plis antérieurs.

[2] La source de Iamkoun, dans le district de Nertchinsk, à la température de 20° (élevée pour le pays), alimente une station balnéaire (Expl. X, 179).

D'après Obroutchev (Expl., 1898), les anciens horsts de Transbaïkalie auraient dû émerger avant le précambrien et n'auraient plus été recouverts par la mer. Dans l'intervalle entre eux, les schistes métamorphiques se seraient déposés et auraient été plissés. Cette manière de concevoir les faits me paraît bien difficilement soutenable.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans lequel on peut aussitôt distinguer trois saillies anciennes en forme de horsts Nord-Est. le Tsagan-daban, le Tsagan et le Malkhan, avec quatre fosses de même direction, soit formant bordures, soit séparant les chaînes : lac Goursiny, rivières Tougnoui, Khilok et Tchikoi. Chacune de ces fosses, remplie par des sédiments à lignites (que l'on suppose ici tertiaires), est suivie par des épanchements basaltiques. Les horsts intermédiaires renferment des terrains archéens et du granite, dont les directions sont, paraît-il, transversales sur celles des fosses W.-N.-W., comme cela arrive constamment dans nos massifs hercyniens d'Europe, et, dans l'Est, de rares lambeaux paléozoïques qui, vers Nertchinsk, où ils deviennent plus abondants, pourraient aller jusqu'au dévonien supérieur.

Quoique ce ne soit pas l'interprétation des géologues russes, on est donc amené à supposer, comme nous l'avons dit, un massif ancien ayant subi des plissements précambriens et siluriens, replissé plus complètement à la fin du dévonien ou pendant le carbonifère dans un sens différent des plissements antérieurs (ce que nous appelons ici par extension une chaîne hercynienne) et ayant postérieurement subi des dislocations disjonctives, avec lesquelles l'allure des lignites tertiaires serait en rapport. On peut remarquer que ces couches à lignites sont souvent inclinées et disloquées, sans être à proprement parler plissées. On n'a pas signalé, croyons-nous, entre leurs lambeaux de même âge, les grandes différences de niveau qui accusent les failles postérieures sur le bord de la Limagne ; mais on y mentionne des plis surbaissés de directions variables, et souvent de très fortes cassures. Ce sont évidemment des dépôts lacustres assez restreints ; cependant, il n'est pas prouvé que leurs limites actuelles correspondent à la disposition ancienne des bassins. On a donc le choix entre deux hypothèses : fosses ayant commencé à se creuser avant l'époque (tertiaire ?) de leurs dépôts et ayant continué à subir l'accentuation des mêmes mouvements après leur remplissage, ou indépendance plus grande de ces deux mouvements, l'un avant, l'autre après leur formation.

Nous réservons pour un chapitre ultérieur la description des minerais assez nombreux de la Transbaïkalie ; mais nous pouvons annoncer de suite qu'en dehors des pyrites aurifères associées, comme dans tant d'autres districts précédemment étudiés, à des granites, à des aplites, à des syénites, ou des amas de fer magnétique encaissés dans des roches à olivine, comme dans l'Oural, il apparaît ici un type nouveau de minerais reliés à des roches éruptives tertiaires et annonçant, par conséquent, l'apparition des caractères métallogéniques qui domineront plus à l'Est, vers le littoral Pacifique. Citons du quartz à oligiste dans la rhyolithe, et des filons plombo-argentifères associés à des andésites propylitisées.

C. *Bassin de l'Amour.* — A l'Est de la région métallifère de Nert-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

chinsk et à peu près exactement suivant la partie Nord-Sud du coude de l'Argoun, se présente, d'une façon tout à fait inopinée dans la tectonique sibérienne, un large dyke granitique Nord-Sud formant le prolongement du Khingan. Au delà commence, avec des caractères un peu différents des précédents, la région aurifère qui constitue la division administrative du gouvernement de l'Amour et où se trouvent les riches placers de la Zéya, de la Sélemdja, de la Bouréya, de l'Oussouri, de l'Argoun.

Le bassin de l'Amour étant une des régions aurifères les plus neuves de la Sibérie, et, par conséquent, l'une des moins épuisées, est aussi une de celles sur lesquelles on s'est porté avec le plus d'activité dans ces derniers temps et pour lesquelles nos renseignements géologiques sont les plus complets. Nous avons, à ce sujet, toute une série de monographies publiées par MM. Ahnert, Ivanov, Khlapolin, Yavorovsky, Rippas[1], un mémoire industriel de M. Levat, etc. (Voir *fig.* 40).

Malgré toutes ces données, on n'arrive pas encore à se faire de la tectonique dans ces régions une idée aussi précise qu'on le voudrait. Dans toute la région Nord, qui comporte les monts Stanovoï et la Zéya, nous allons voir cependant régner exclusivement, à l'état de terrains plissés d'une façon assez confuse, les facies archéens ou tout au moins très fortement métamorphisés des gneiss, schistes cristallins, micaschistes, quartzites, accompagnés plus rarement de schistes argileux, avec granites, gabbros, porphyres quartzifères, orthophyres et porphyrites : ensemble auquel il semble naturel d'attribuer au plus un âge calédonien. Et, descendant au Sud, on voit apparaître, outre l'ordinaire manteau de terrains à lignites qui nous fournit un enseignement insuffisant, quelques strates paléozoïques plissées : notamment du dévonien qui se montre plissé au Nord de l'Amour et nous indique une chaîne hercynienne. Enfin, plus on va vers le Sud, plus les mouvements tertiaires sont manifestes et s'accompagnent de basaltes, andésites, etc.

Précisons les grandes divisions tectoniques qui nous seront utiles tout à l'heure pour analyser le mode de formation de l'or. D'après les derniers travaux de M. Ahnert, la région de toundras et de forêts qui occupe le Nord du bassin de la Zéya jusqu'aux monts Stanovoï avec les vallées du Guiloui, de la Brianta, de l'Outouguei, etc., et les monts Stanovoï eux-mêmes avec le haut cours de l'Aldan jusqu'au 56e degré, sont formés presque exclusivement de terrains à facies archéen alter-

[1] La région moyenne de la Zéya a été décrite dans les livraisons 1 à 3 des *Explorations géologiques des régions aurifères* (cette dernière avec carte) par M. Ivanov : la Zéya supérieure et la région située au Nord de celle-ci, entre elle et les monts Stanovoï, ont été étudiées par M. Ahnert (liv. 6 et 8 avec cartes et description de 3 feuilles parues) ; l'Ouest de la région (Djilinda), par M. Ivanov (liv. 5) ; la Bouréya, par M. Khlaponin (liv. 7, avec carte) ; enfin, beaucoup plus à l'Est, la rivière Kerbi (Amgoun), par M. Ivanov (liv. 4). Voir plus loin, ch. XXIII.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nant avec de grandes masses granitiques, le tout dessinant une série d'arcs de cercle dont la convexité est tournée vers l'Ouest et dont la branche Nord est Nord-Sud, tandis que la branche Sud est à peu près Est-Ouest. Peut-être sommes-nous là encore dans le substratum précambrien, non replissé après le cambrien, que nous avons décrit sous le nom de plate-forme primitive, et au dessus duquel manquerait ici le manteau paléozoïque dont l'horizontalité est caractéristique. Mais nous sommes plus porté à admettre une zone calédonienne dont les terrains cristallophyliens montent peut-être jusqu'au silurien.

Vers le 54e degré, on trouve, au Sud de ce massif archéen, des terrains plus récents, mais encore d'âge indéterminé, comprenant, notamment, une importante formation de schistes argileux, conglomérats et grès, dans lesquels se trouve l'or de la Djilinda. Des zones du même genre, alternant avec des gneiss, des schistes cristallins, etc., et avec du granite, se continuent quand on descend au Sud jusqu'à l'Amour, et il s'y intercale alors quelques lambeaux plissés de dévonien, montrant que nous sommes entrés à coup sûr dans la chaîne hercynienne.

Par-dessus ce substratum primaire, s'étendent, au Sud du 54e degré, de grandes masses de terrains continentaux, lacustres ou fluviatiles, contenant parfois des lignites exploités (notamment sur la Bouréya), qui appartiennent, d'après leurs fossiles, surtout végétaux, au jurassique. Ce jurassique, par endroits, a été métamorphisé et plissé, et des éruptions de diabase ou de porphyrite l'ont traversé. Ainsi, sur l'Amour, au Nord de Blagovietchensk. Il s'est donc produit, postérieurement à lui et sans doute à l'époque tertiaire, des mouvements en rapport avec les grands phénomènes tectoniques tertiaires développés plus à l'Est, vers la côte Pacifique, ou plus au Sud. A ces mouvements il faut enfin rattacher, à l'Est du 134e lat., dans la zone plus littorale, des éruptions de roches tertiaires, basaltes, trachytes, liparites, qui annoncent des conditions toutes différentes pour la tectonique. Comme on pouvait s'y attendre, on voit en même temps la métallogénie se modifier ; et, tandis que tous les autres gisements d'or de la Sibérie sont en relation avec des phénomènes de métamorphisme profond et dispersés à l'état d'imprégnations dans les terrains sur lesquels a agi ce métamorphisme, nous aurons tout à l'heure à signaler ce fait bien typique qu'un gisement d'or, près de l'embouchure de l'Amour, est en relation avec des liparites tertiaires.

Si nous reprenons maintenant un peu plus en détail la description géologique des principales régions aurifères (monts Stanovoï, Zéya, Djilinda, Sélemdja, Bouréya, etc.), voici ce que nous obtenons :

En partant du Nord, les monts Stanovoï, qui atteignent 1.400 et 1.600 mètres, nous sont géologiquement connus, ainsi que leurs deux flancs Nord et Sud immédiats, par les travaux, malheureusement encore inachevés, de M. Ahnert.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les *monts Stanovoï* présentent la dissymétrie si habituelle aux chaines montagneuses : un flanc Sud abrupt et court, un flanc Nord en pente douce avec abondance de roches éruptives tertiaires. Sur le flanc Nord dominent les schistes ou gneiss à épidote, ou à zoizite, et les amphibolites, avec filons d'aplite, de microgranulite et de porphyrite andésitique. De ce côté, on observe, le long du Soutam et de la grande Djilinda, des conglomérats à galets de granite et de gneiss cimentés par un tuf d'origine volcanique. Les roches volcaniques récentes jouent un rôle très important sur ce versant, tandis qu'elles n'apparaissent pas sur le flanc Sud. Dès qu'on passe la crête vers le Sud, on trouve, au contraire, de grandes masses de granite à plagioclase et de gneiss ou schistes granulitisés, au milieu desquels les granites à mica blanc semblent jouer un rôle presque aussi important que dans le Nord-Ouest du Plateau Central français.

Le groupe aurifère de la *Zéya* offre des terrains à facies archéen de gneiss et de schistes métamorphiques, des granites à biotite ou à amphibole, avec dérivations aplitiques et quartzeuses : le tout entrecoupé par des filons de microgranulite, porphyrite (amphibolique ou augitique) et kersantite.

Dans la grande zone aurifère du *Dolon* (haute Zéya) et de la *Djilinda*, ce massif ancien renferme à peine quelques traces de sédiments ayant échappé au métamorphisme ou postérieurs à lui : notamment, sur la Djilinda, un ensemble de conglomérats et grès arkoses avec schistes silico-argileux d'âge indéterminé formant le substratum du placer et semblant lui avoir fourni son or, ou, ailleurs, des lambeaux de schistes argileux, que l'on a rattachés hypothétiquement au jurassique.

Les gneiss, qui prennent parfois la structure œillée, renferment des bancs à biotite et d'autres à amphibole comprenant des amphibolites proprement dites, des types à amphibole pegmatiques et des diorites quartzeuses gneissoïdes interstratifiées, avec des veines d'aplite tendant elles-mêmes à s'intercaler suivant les plans de stratification. Les granites sont à plagioclase et à biotite; on n'en signale pas à muscovite, mais il en dérive des aplites et des pegmatites à micropertite. Le tout (gneiss et granites) est recoupé par une série de microgranulites, kersantites et porphyrites, souvent amphiboliques et augitiques, auxquelles il faut ajouter de rares pointements de péridotite. L'âge précis des derniers plissements est assez difficile à déterminer; il est très possible que les mouvements hercyniens se soient fait sentir jusque là. Cependant, comme on ne trouve ni carbonifère, ni dévonien caractérisés, ni, par conséquent, trace de plissements ayant affecté les terrains de cet âge, nous rattachons encore cette zone à celle des plis calédoniens : ce qui est, d'autre part, plus conforme avec sa position par rapport à la plateforme primitive de l'Aldan.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Quand on descend vers le 52e degré, entre la Zéya et la Sélemdja, on a, sur la chaîne aurifère *Djagdy*, des schistes argileux associés avec des calcaires métamorphiques, qui accusent de forts plissements avec renversements vers le Nord, et que l'on peut sans doute rattacher au cambro-silurien.

Plus à l'Est, on retrouve des terrains aurifères sur la haute *Sélemdja*, ou Sélindja (affluent de gauche de la Zéya). D'après les cartes de M. Khlaponin, il existe là surtout des schistes argileux ou argilo-siliceux, des gneiss écrasés, riches en soude, passant à des schistes micacés quartziteux, avec quelques granites parfois amphiboliques (également souvent écrasés par le dynamo-métamorphisme) et des porphyrites augitiques ou amphiboliques : soit un ensemble très analogue au précédent. Les aplites sont rares. La direction la plus générale des strates est N. W.—S. E.

Le bassin de la *Bouréya*, exploré par M. Khlaponin depuis 1903, contient également des granites, des gneiss, etc., remarquablement écrasés par un dynamo-métamorphisme intense, puis des schistes argileux et calcaires métamorphiques, avec manteau de jurassique à lignite, qui ici prend un grand développement (schistes argileux et grès fossilifères). Il est intéressant de noter que les grès jurassiques ont été atteints, dans cette région, par les mouvements tertiaires dont l'intensité se manifeste dans le broyage auquel granites et gneiss ont été soumis. Les directions des plissements, constamment variables, ont pourtant une tendance à adopter le sens Nord-Est des chaînes côtières du Pacifique.

Enfin, dans la région du *petit Khingan*, au Sud de la Bouréya, vers 131° de longitude et 48° à 49° de latitude, il existe une région composée de gneiss, de schistes cristallins, grès et conglomérats, puis, à l'Est, de calcaires cristallins et dolomies, avec des granites, des porphyres, des veines de granulite et des veines de quartz (généralement stériles), sur laquelle se trouvent quelques placers, dont l'origine est dans les gneiss à mica noir ou à amphibole.

D. *Région littorale de l'Oussouri et de la mer d'Okhotsk.* — La région située entre l'Amour et la mer du Japon, formant les chaînes du *Sikhota-Aline*, a été décrite en 1898 par M. Ivanov. Elle est constituée par des plis régulièrement alignés Nord-Est de terrains métamorphiques (schistes argileux, grès, conglomérats, calcaires), occupant de préférence les vallées, avec allongements granitiques dans les chaînons intermédiaires. Postérieurement, sont venues des cassures diruptives donnant lieu à des intrusions ou épanchements de roches volcaniques, qui prennent un développement énorme sur le littoral : basaltes dominants, trachytes, andésites, dolérites, roches qualifiées de mélaphyres. Une série de cassures Nord-Ouest, perpendiculaires aux alignements orographiques, correspond à la majeure partie des vallées de dénudation.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'Oussouri, en amont de son confluent avec l'Amour, a été décrit par M. Batzevitch [1]. On y observe de l'archéen, du jurassique, et des roches éruptives récentes, basaltes et basaltes néphéliniques, trachytes, etc. Des schistes à graphite, tenant 20 p. 100 de graphite, ont été trouvés près du village de Soïouznaia, sur l'Amour.

Vers les sources de l'Ossouri, domine, d'après Ivanov, le précambrien (gneiss, schistes talqueux, phyllades, etc.), avec un peu de calcaire carbonifère, des diabases et des basaltes.

Enfin, en remontant vers le Nord, les territoires, jusqu'alors fort peu connus, du littoral de la mer d'Okhotsk et même du Kamchatka ont donné lieu à une grande exploration récente de M. Bogdanovitch [2].

5° Historique stratigraphique de l'Asie russe pendant le secondaire et le tertiaire. — A. *Les dépôts à lignites sibériens* [3]. — Pour compléter cette étude de l'histoire géologique sibérienne, nous allons encore examiner quelques questions spéciales qui n'ont pu trouver leur place dans l'exposé précédent et d'abord insister sur la dernière partie de l'histoire stratigraphique, dont les dépôts à lignites sont le terme pratiquement le plus important, mais qui nous intéresse également par les évaporations salines du tertiaire et du pléistocène. Après quoi, nous ajouterons encore quelques mots sur la formation si spéciale des trapps sibériens.

Les dépôts à lignites occupent en Sibérie des étendues considérables, et leur exploitation peut devenir importante un jour, quand le développement industriel du pays aura rendu possible l'utilisation des

[1] Expl., IV, 1897.

[2] 1899. Bogdanovitch. *Recherches de l'or accomplies par l'expédition d'Okhotsk-Kamchatka*, 1899, 20 p. — 1900. Bogdanovitch und C. Diener. *Ein Beitrag zur Geologie der Westküste des Ochotskischen Meeres* (Sitzungsber. d. K. Ak. d. Wiss. in Wien, t. CIX. 1re partie, p. 349-356. — 1901. Bogdanovitch et Eliakin, *Carte du Kamschatka* (Dép. des Mines, Saint-Pétersbourg). — 1905. Bogdanovitch. *Recueil à la mémoire de Mouchketov* (en russe), p. 33 à 64, avec carte.

[3] 1896. Yavorovsky. *Rech. au dist. d'Atchinsk, Bassin lignitifère des rivières Tchoulym et Sérech* (Expl., III). — 1898. P. Yavorovsky. *Le Bassin lignitifère de l'Ouroup et de la Kia* (Expl., VIII, avec carte).

Voir, en outre, pour l'âge des couches jurassiques à lignite :

O. Heer. *Beiträge zur Juraflora Ostsibiriens* (Mém. de l'Ac. d. S. de Saint-Pétersbourg, t. XXII, n° 12). — Brauer, Redtenbacher et Gangelbauer. *Fossile Insecten aus der Juraformation Ost-Siberiens* (Mém. de l'Ac. d. Sc. de Saint-Pétersbourg, t. XXXVI, n° 15) ; — la bibl. de Kouznetsk, p. 232.

Pour le tertiaire sibérien :

1896. N. Vyssotsky. *Aperçu sur les dépôts tertiaires et post-tertiaires de la Sibérie occidentale* (Expl., V). — 1899. Krasnopolsky. *Recherches géol. le long de la section occidentale du Transsibérien* (Expl., XVII, avec carte). — 1899. A. Guedroic. *Recherches géol. faites en 1897 dans la partie S.-E. de la Transbaïkalie* (Expl., XVIII, p. 151). — 1900. *Aperçu des expl. géol. et min. le long du Transsibérien*, p. 68, 85, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

médiocres combustibles qu'ils renferment en grandes quantités. Dès à présent, ces formations sont intéressantes comme apportant une précieuse contribution à l'étude des plus anciennes masses continentales qui aient existé d'une façon continue sur la terre. Ces dépôts à lignites, qui représentent ici le type des dépôts lacustres constitués dans les dépressions tectoniques d'un continent émergé, ont commencé à se produire dès l'époque westphalienne et permienne, où la plus grande partie du continent sibérien est définitivement sortie des eaux marines, et l'on peut déjà leur assimiler les couches charbonneuses du bassin de Kouznetsk, quoique l'âge plus ancien de ces couches et les plissements accompagnés de métamorphismes qu'elles ont subis, leur communiquent un aspect spécial et une valeur supérieure. Plus tard, des formations du même genre ont existé pendant le jurassique, dont elles renferment la flore, notamment dans le continent de l'Angara qui leur a donné son nom [1]. Ces lignites jurassiques sont encore voisins des houilles sèches à longue flamme et contiennent des intercalations de vraie houille. Et, enfin, il existe encore des dépôts tertiaires analogues à charbon inférieur qui, par exemple en Transbaïkalie, sont venus remplir les cuvettes d'effondrement amenées par les dislocations disjonctives entre les anciens horsts et suivies par des ceintures de roches éruptives récentes.

Cette longue prolongation des mêmes phénomènes, qui s'est également réalisée, pour la même cause, dans l'Inde (Gondwana) ou l'Afrique australe (Karoo), rend impossibles les déterminations d'âge par assimilation à distance et explique comment les opinions les plus divergentes en apparence ont été émises pour les mêmes formations à lignites, là où on n'y avait pas recueilli de restes végétaux. La question se pose, nous le verrons, dans les mêmes termes, pour les roches éruptives qualifiées de trapps, qui ont, avec les sédiments lacustres, un rapport d'origine probable et un rapprochement géographique certain, et qui se sont manifestement échelonnées, elles aussi, sans changer beaucoup de types pétrographiques, pendant de longues périodes géologiques, les conditions de leur formation restant analogues. Là encore, l'âge est discutable dans chaque cas particulier, bien que les déterminations d'âge extrêmes, d'une part dévoniennes, de l'autre pléistocènes, soient parfaitement certaines.

Commençons par montrer l'extension géographique des dépôts à lignites, en partant de l'Ouest, dans la steppe kirghise (Pl. II). Dans l'Ouest, on connaît, depuis 1832, des lignites à fossiles jurassiques (ou rhétiens), sans valeur industrielle, situés le long de la Mias. D'autres lignites du même âge, avec plantes caractéristiques, ont été signalés par Krasnopolsky, près de Baian-aoul, à Tchoktonsk. Les couches sont

[1] Le cas du bassin de Kouznetsk et de celui de la Tougouska inférieure, où une flore permienne a été considérée comme jurassique par Schmalhausen, peut inspirer quelques doutes sur certaines de ces déterminations d'âge.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en stratification, tantôt horizontale et tantôt inclinée, remplissant des dépressions circonscrites.

Puis on trouve la steppe de Baraba, occupée par de grandes étendues de néogène d'eau douce, on passe la zone primaire de Kouznetsk, et on rencontre, sur plus de 250 km., le long du Transsibérien, un premier bassin à lignites en couches horizontales, ou parfois inclinées sans plissements : le bassin de la Tchoulym, sur lequel nous allons revenir.

Les horsts granitiques de l'Iénisséi font une nouvelle interruption. Puis des dépôts analogues reprennent, toujours suivant la dépression suivie par le Transsibérien, de Troisk à Kainsk, Nijni-Oudinsk et Irkoutsk, sur 800 kilomètres de long, avec 50 à 100 kilomètres de largeur moyenne (*fig.* 35). C'est la zone où l'âge jurassique est le mieux déterminé (Touloum, Tchéremkovsky). Aux bords du Baïkal, près la sortie de l'Angara, des couches pareilles sont tertiaires, et d'autres couches semblables d'âge tertiaire occupent une série de cuvettes N. E.—S. W. en Transbaïkalie, le long de l'Ouda, du Tchikoi, etc. Par exception, entre Irkoutsk et l'Oka et au Nord de Nijni-Oudinsk, les couches à lignites, qui, d'ordinaire, sont horizontales ou seulement inclinées sans plissement, ont subi un plissement proprement dit, concentriquement aux bords de la plate-forme. Enfin, dans les bassins de l'Amour, de la Zéya, de la Bouréya, etc., des dépôts analogues, dont quelques-uns, ici seulement, ont participé aux derniers plissements tertiaires, occupent encore des étendues considérables.

Vers le Nord, on a retrouvé des lambeaux de ce genre très loin : par exemple, jusqu'au 66e degré, sur la Léna.

Revenons maintenant sur quelques-uns de ces gisements, et d'abord sur le *bassin de la Tchoulym*, qui forme une première zone importante à lignites allant de Tomsk à Atchinsk (Tissoul, Mariinsk, etc.). Il semble qu'il y ait eu là une ancienne dépression N. W.—S. E., provoquée par les plis paléozoïques, et encore accentuée sans doute par des dislocations postérieures aux dépôts ligniteux : dépression dont le Transsibérien épouse longtemps la direction.

A l'Est de l'Alataou de Kouznetsk, entre les rivières Kya et Tchoulym, s'étend un important bassin lignitifère, étudié par M. Yavorovsky, qui n'a pu, malheureusement, en déterminer l'âge : certains indices conduisant à le croire jurassique, mais d'autres les contredisant et faisant pencher pour le tertiaire[1]. Les principaux gisements de cette région sont, de l'Ouest à l'Est : Tissoul, Grand-Barandal, Doubrava, puis Zolotoï, Kitat, un peu en amont de Zimovié, Klimovo, etc. Les observations semblent avoir mis en évidence l'existence de deux anciennes vallées indépendantes, le long desquelles se seraient classés par ordre de grosseur et de densité les sédiments gréseux et argileux, parmi lesquels étaient

[1] Voir p. 216.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

entraînés les débris végétaux qui ont constitué le lignite dans la vallée même ou dans les lacs. L'une de ces rivières anciennes est Est-Ouest dans le bassin Tchoulym-Sérech ; l'autre Nord-Sud, dans le bassin Ouroup-Kya, plus à l'Ouest. La puissance de l'assise lignitifère atteint au total 260 m. On la subdivise en six étages, dont le troisième à partir du bas est le plus riche en lignite. Les gisements de lignite forment des couches assez longues (jusqu'à 2 et 3 km.), mais étroites et d'une puissance variable. Cette puissance peut atteindre 14 m. (Barandal), mais reste plus souvent entre 2 et 6 m. Les couches reposent ordinairement sur de l'argile qui devient charbonneuse dans sa partie supérieure, et elles-mêmes passent supérieurement à des sables ou grès tendres, avec restes de plantes. On a trouvé une puissance calorifique de 5.400 calories.

Deux autres gisements de lignite, situés plus à l'Est, dans la bande de terrain jurassique, ceux de *Touloum* et de *Tchéremkovsky*, à l'Ouest d'Irkoutsk, ont été étudiés respectivement par MM. Ijitsky et Cheinzvit[1].

A l'Est de Nijni-Oudinsk, les gisements de lignite sont nombreux, mais, d'après les sondages qui ont été faits, généralement sans continuité. On a pu étudier les couches de charbon sur les rivières Inzéitchik et Kouzmat ; la première a été évaluée à quelques 1.500.000 t., la seconde à 2.500.000. C'est un lignite voisin de la houille sèche, intercalé dans une série de sables diversement colorés, d'argiles et de grès.

Plus à l'Est, à Tchéremkovsky, d'après Cheinzvit, on a deux horizons charbonneux différents : l'inférieur argileux avec houilles de bonne qualité, le supérieur gréseux de valeur médiocre. L'épaisseur totale des couches traversées étant de 1 m. 50, avec une superficie d'environ 10 km², le gisement pourrait contenir 12.000.000 t.

En *Transbaïkalie*, la majorité au moins des dépôts ligniteux sont tertiaires et en rapport avec le relief du sol, qui devait être déjà constitué au moment de leur dépôt ; cependant ils sont traversés par des basaltes. On en observe au bord du lac Baïkal, sur la ligne transsibérienne entre Pereimnaia et Myssovskaia, où ils ont été étudiés par Jaczevski[2]. Ces gisements de Transbaïkalie semblent sans valeur industrielle.

Douze degrés plus à l'Est, avant d'atteindre la frontière chinoise, on atteint le gisement de *Khara-Nor* décrit en 1900 par M. Bronnikov[3]. Ce gisement, dont on ne donne pas l'âge, est situé près du lac Khara-Nor, à Tchindansky. Il occupe une cuvette assez considérable et contient deux couches de charbon lenticulaires : l'une de 0 à 16 m., l'autre de 0 à 8, dont on a évalué le cube total à quelques 20 millions de t., mais dans

[1] Expl., XII, 1899.
[2] Expl., VII, 1898.
[3] Expl., 19 et 24, 1900.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des conditions d'exploitation presque impossibles en raison du développement des eaux souterraines et du peu de stabilité des terrains.

D'une façon générale, dans le Sud-Est de la Transbaïkalie, il y aurait, d'après le prince A. Guédroic, des dépôts analogues de trois âges différents : les uns liés à des tufs et conglomérats diabasiques, d'autres à des tufs et conglomérats felsitiques, d'autres encore à des tufs rhyolithiques. Les derniers seuls renferment, près de Gorbounova, de véritables couches de lignites ; dans les autres, on n'a trouvé que des empreintes végétales.

On peut noter l'association fréquente des sphérosidérites avec les charbons.

b. **Histoire des sédiments secondaires et tertiaires en Asie Russe.** — Avec les dépôts à lignites, nous avons étudié, un type spécial de formation continentale. Il faut maintenant dire quelques mots des manifestations marines qui se sont produites simultanément pendant le secondaire et le tertiaire, et des dépôts alluvionnaires qui leur ont succédé, sans insister cependant sur des questions fort importantes pour la stratigraphie proprement dite, mais n'ayant qu'un lien indirect avec notre sujet.

Nous avons suivi l'histoire de la mer en Asie russe jusqu'au début du secondaire, et nous avons dit qu'à partir de ce moment la Sibérie pouvait être considérée comme définitivement émergée dans son ensemble. Après le lias (24), il se produit pourtant, dans le Nord de la Sibérie, une transgression de la mer arctique, dont les dépôts ont été surtout étudiés par Van Toll, dans la région voisine de l'embouchure de la Léna, sur la Léna, l'Olenek, l'Anabara et dans les Iles de la Nouvelle-Sibérie. Cette transgression est arrivée du Nord et correspond à celle qui, pendant le jurassique moyen, a atteint la Russie centrale en passant par le bassin de la Petchora. Ultérieurement, l'époque néocomienne (32) a vu, en Sibérie, dans la même région de la Léna, la mer s'avancer jusqu'au 62e, à Sountar sur le Vilioui et à Iakoutsk sur la Léna. On sait qu'à ce moment les mers étaient basses dans l'Europe occidentale. Plus tard, enfin, la transgression cénomanienne (36), dont on connaît la généralité dans l'Ouest de l'Europe, a gagné les plaines de la Russie d'Europe, en venant de l'Ouest et du Sud, mais n'a pas atteint la Sibérie, dont l'émersion était alors complète, tandis que les régions situées plus à l'Ouest étaient envahies par les eaux.

Puis, à l'époque tertiaire, on voit, vers la fin de l'éocène (45) et pendant l'oligocène (46, 47), les eaux de la mer s'avancer un moment sur le flanc Est de l'Oural. Ces eaux communiquent, d'un côté, avec la mer glaciale; de l'autre, elles se relient, par la région de la mer d'Aral et la Russie du Sud, avec l'Allemagne.

Il y a eu là, dans l'Ouest de la Sibérie, une mer, peu profonde au début, qui a dû s'approfondir peu à peu pendant l'éocène, puis, au contraire, se réduire à la fin de l'oligocène.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les dépôts éocènes en sont souvent caractérisés par des grès et sables à dents de squales et des argiles sableuses, dites « Opoka ». Au-dessus, l'oligocène (47) à fossiles marins comprend, à la base, des argiles sableuses avec poches de sable blanc et gypse, qui passent au sommet à des sables blancs. Ce gypse annonce un desséchement graduel à caractère désertique. A la fin de l'oligocène, la communication cesse par la mer d'Aral, où des couches lacustres avec lignite et ambre succèdent aux couches marines.

Dans la steppe Kirghise, par-dessus les couches d'évaporation gypsifères, il s'est reformé localement des lignites, notamment sur l'Ichim et des dépôts miocènes lacustres avec flore subtropicale.

Le desséchement graduel a dû se terminer à l'époque néogène (miocène, 49). D'après la flore le climat devait être subtropical pendant le début de l'oligocène (46) et du miocène (48) (magnolias, lauriers, etc.). Plus tard, pendant le pliocène (54 à 56), il est devenu tempéré et humide; puis s'est asséché et refroidi.

L'époque pontienne (53) paraît avoir été marquée par de grands mouvements de dislocation et d'effondrement dans la région du Baïkal. On voit alors se former, en deux tronçons disjoints, cette grande fosse rectiligne du Baïkal, où, par un phénomène très singulier et sur lequel on a beaucoup discuté, arrive et se perpétue une faune lacustre levantine venue de l'Est, de la Chine ou même de plus loin encore, pour laquelle le Baïkal est un avant-poste dans une migration vers l'Europe, où elle va apporter des éléments d'eau douce originaires de l'Extrême-Orient.

Depuis le début du pliocène, les phénomènes sont uniquement ceux qui peuvent se produire sur une superficie continentale : ruissellement avec éluvium ou remaniement sur place, glaciation, enfin alluvionnement proprement dit; et, d'autre part, desséchement graduel, évaporation de lagunes à concentration saline. Les deux phénomènes d'alluvionnement et d'évaporation nous intéressent comme origine de substances minérales utiles, ici l'or et là le sel, et nous aurons à y revenir[1]; mais nous allons de suite en dire quelques mots.

1° En ce qui concerne l'*alluvionnement*, on constate, par un phénomène dont l'Australie offre un autre exemple intéressant, que, dès l'époque jurassique, des destructions continentales semblables ont pu concentrer des matières utiles, et notamment de l'or. L'or existe, paraît-il, dans les conglomérats aurifères qui forment la base de la série dite de l'Angara, à l'embouchure de l'Angara dans le lac Baïkal. Mais c'est, comme d'ordinaire, à l'époque tertiaire que le phénomène a donné des matériaux utilisables : ceux qui ont pu se former dans des périodes antérieures ayant dû être, pour la plus grande part, détruits par l'érosion. Plus

[1] Voir plus haut, p. 189 et plus loin, ch. XXI.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tard, nous insisterons sur le caractère généralement récent, quoique préglaciaire, des alluvions aurifères exploitées en Sibérie, cela pour des causes au moins autant industrielles que géologiques, parce que le peu d'avancement industriel du pays ne permet pas d'y exploiter les alluvions plus pauvres qui forment généralement, à un niveau topographique supérieur, les terrasses plus anciennes. Cependant il n'y a pas, entre la Sibérie et la Californie, à cet égard, le contraste absolu que l'on croirait d'abord, et l'on a trouvé, en Sibérie comme ailleurs, des conglomérats aurifères recouverts par des coulées basaltiques, par conséquent relativement anciens.

2° Quant au *desséchement*, la Sibérie offre une occasion remarquablement favorable d'étudier le mode de concentration actuel des matières salines dans un bassin sans écoulement [1].

Toute l'histoire récente de la Sibérie est surtout marquée par cette dessiccation graduelle, qui continue, dans toute la Sibérie occidentale, l'œuvre de la période antérieure et détermine des concentrations salines. En même temps, le climat s'est progressivement refroidi.

La région occidentale de la Sibérie, à l'Ouest de l'Obi, constitue une grande plaine faiblement ondulée, offrant très nettement les traces d'un assèchement, qui aboutit peu à peu à la formation de dépôts salins. Çà et là, on voit distinctement les gradins des anciens rivages et, notamment dans la steppe de Baraba, l'emplacement d'anciens lacs d'eau douce, qui peu à peu ont donné lieu à des groupes disséminés de petits lacs saumâtres. On assiste donc là aujourd'hui à ce phénomène qui semble s'être reproduit si souvent dans l'histoire géologique et qui a particulièrement joué un rôle dans cette si ancienne masse continentale sibérienne : la formation des dépôts de gypse et de sel, sous un climat qui n'a rien de chaud ni même de tempéré. Au Nord de la voie ferrée, les lacs sont encore remplis d'eau douce; vers le Sud, ils deviennent d'abord saumâtres, puis franchement salés [2]. On continue, d'ailleurs, à avoir quelques lacs d'eau douce dans la région même des lacs salés, mais alors généralement à un niveau plus élevé. Ces formations récentes occupent de vastes espaces, où les argiles sableuses et les terres blanches (tchernozom) sont si épaisses que les travaux du chemin de fer n'ont jamais atteint le substratum.

[1] Nous aurons à revenir plus longuement sur cette question du desséchement au Ch. XXI, où nous étudierons les formations salines actuelles de la Sibérie et l'histoire de la zone aralo-caspienne.

[2] Il est à noter que ce phénomène incontestable, étudié récemment par L. Berg, I. Ignatoff, I. Tanfilief, etc., comporte des mouvements périodiques en sens inverse. D'après un travail de M. DE SCHOKALSKY (*C. R. Ac. Sciences*, 5 juillet 1909), les bassins lacustres de l'Asie Centrale Russe au Sud du Transsibérien, ont vu, dans ces dernières années, leur niveau se relever sensiblement. L'Aral a remonté, depuis 1885, de 2 m. L'Amou Daria, de 1887 à 1901, a doublé son débit. Le Syr-Daria l'a augmenté de moitié, etc. Et des contrées arides ont repris leur fertilité.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Certains lacs déposent du sel gemme plus ou moins pur pouvant avoir une certaine valeur industrielle. Ce sont les lacs Koriakovskoié (20 km. N.-E. de Pavlodar), Karabachskoié, Touzdy-koul, Diaman-tous, Balpach, etc.

Plus au Sud, l'histoire de la grande dépression du Gobi et de son prolongement également désertique vers l'Europe par la zone aralo-caspienne, montre que, pendant la seconde partie du tertiaire et le pléistocène, il a dû exister, sur ces régions, d'immenses lacs intérieurs aux dimensions de mers, qui, peu à peu, étant sans écoulement, se sont concentrés et évaporés.

6° **Les trapps sibériens**. — La question des trapps sibériens présente, comme celle des couches à lignite, un grand intérêt particulier pour la géologie de ce pays et, en outre, un intérêt de géologie générale. De tous côtés, sur ce vaste territoire, on trouve, en effet, des venues analogues de roches en dykes, en effusions intrusives intercalées dans la sédimentation, ou enfin en épanchements ayant pu, dès l'origine (et non pas seulement par un effet de l'érosion postérieure), affecter une allure de coulées superficielles. Le plus souvent, ces roches ont été qualifiées de « trapps ». Parfois, quand elles s'intercalaient nettement dans la série primaire, on leur a donné les noms plus pétrographiques de porphyrites, diabases ophitiques, etc. Enfin, là où elles avaient conservé leur appareil volcanique extérieur, ou du moins lorsque leur âge tertiaire ou même pléistocène apparaissait, on les a appelées des basaltes, andésites, rhyolithes, etc. Ainsi que cela s'est produit également pour les dépôts à lignite précédemment étudiés, la très longue série probable de formations analogues continuées pendant des périodes extrêmement diverses de l'histoire géologique a entraîné, pour ceux qui voulaient voir dans tous ces trapps une formation unique, des impossibilités quand il s'est agi de déterminer leur âge par assimilation.

Il est à noter que les formations de ce genre, qui nous apparaissent, en Sibérie, reliées avec une très ancienne masse continentale, se trouvent également, dans une foule d'autres régions, associées à d'analogues conditions continentales, soit que celles-ci aient été durables et aient alors provoqué la continuation pendant très longtemps des mêmes manifestations éruptives, comme dans l'Inde ou l'Afrique australe, soit qee ces conditions se soient seulement manifestées pendant une période d'émersion momentanée, comme c'est le cas en France pour la série des porphyrites du Plateau Central, que j'ai particulièrement étudiée autrefois et dont j'ai depuis longtemps signalé la relation constante avec les traînées carbonifères lacustres, ou encore pour la série andésitique tertiaire de la même région. Partout nous trouvons un rapport entre ce type de roches ordinairement microlithiques et l'existence d'un continent avec grands lacs. Cela paraît tenir aux conditions mêmes qui pré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sident, encore aujourd'hui, à la production du volcanisme, dont ce genre de roches représente un type, sinon réellement superficiel, du moins, selon toute vraisemblance, assez peu profond. Ces manifestations ne se produisent pas d'ordinaire (comme cela a pu avoir lieu pour les granites, par exemple) en profondeur, au-dessous d'un grand géosynclinal marin et, par conséquent, dans une région submergée, mais le long des lignes de dislocations qui traversent les continents. Et l'on peut ajouter que, si l'on admet la théorie (assez plausible en somme), d'après laquelle les infiltrations d'eaux superficielles contribueraient aux manifestations aqueuses qui sont l'essentiel du volcanisme superficiel, le voisinage ancien de rivages lacustres, lagunaires ou marins, aurait pu intervenir également. Quoi qu'il en soit, c'est un fait d'observation que, lorsque nous rencontrons de telles roches en abondance, elles correspondent toujours à des périodes où la mer s'est retirée pour laisser un continent avec des lacs. Et leurs débris se trouvent alors souvent repris dans les conglomérats immédiatement postérieurs à leur venue, en sorte que celle-ci apparaît datée avec une précision anormale.

Géographiquement, on trouve des trapps (surtout si l'on englobe sous ce nom la série porphyritique dévonienne et carbonifère) dans une grande partie de la Sibérie; mais les roches de l'Ouest, confondues sous le même nom, sont plus anciennes en moyenne que celles de la région Est, où l'on observe de véritables appareils volcaniques.

Par exemple, dans la steppe kirghise, nous rencontrerons des roches de ce genre d'âge carbonifère, dans lesquelles, par un phénomène assez fréquent en d'autres pays, on a signalé la présence du cuivre.

Dans toute la seconde partie du cours de l'Angara, entre son coude et son confluent, les roches qualifiées de trapps, qui sont en réalité des porphyrites, des diabases et même des gabbros, se présentent en nappes intrusives, dont l'épaisseur peut atteindre 200 m., dans le silurien rouge, qu'elles métamorphisent surtout à leur toit plutôt qu'à leur mur. Pour Yavorovsky, d'une façon générale[1], ces trapps ne recoupent pas le carbonifère superposé. On peut du reste remarquer, dans la même région, au coude de l'Angara, qu'une roche analogue existe en galets à la base du carbonifère lacustre, tandis que des filons semblables recoupent ce carbonifère : ce qui montre, sur le fait, l'existence en ce point d'une série de venues successives ayant commencé avant le carbonifère inférieur.

Nous aurons à décrire, au confluent de l'Angara et de l'Oka, le très curieux gisement de magnétite de Nikolaievsk en veines dans les tuffs associés à des trapps (porphyrites augitiques à olivine).

Sur la Léna, les trapps recoupent incontestablement les couches rou-

[1] Expl., III, 1895.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ges du silurien inférieur (3), tandis que Bogdanovitch a cru constater leur antériorité au dévonien moyen (7) de Minoussinsk (sur une terrasse plus basse).

Vers le Nord, des roches analogues, dans l'espace compris entre la Toungouska moyenne et le Velmo, coupent la série à lignites, qui, elle-même, qualifiée de jurassique d'après quelques déterminations de plantes, peut fort bien comprendre des termes d'âge plus récent. Sur la Tchoura, autre affluent de la Toungouska moyenne, des laves basiques semblables (tantôt de la famille des gabbros, tantôt presque vitreuses) sont superposées au primaire d'après Lopatin. Czekanovski en a traversé de pareilles, sur plus de 1.800 km. de long sans interruption, le long de la Toungouska inférieure, du 60e degré de latitude à son confluent.

Dans l'extrême Nord, van Toll a retrouvé, sur le cours de l'Anabara (qui se jette dans la mer de Nordenskiöld, à l'Ouest de la Léna), des roches semblables reposant sur des couches jurassiques à Cardioceras. Les îles de l'embouchure de l'Iénisséi en présentent également.

Aux terres François-Joseph et du Roi-Charles, les trapps seraient, dit-on, jurassiques. M. Ijitsky, par contre, dans les Gouvernements d'Irkoutsk et d'Iénisséisk, était arrivé à l'idée que leur éruption était antérieure aux lignites jurassiques.

On peut, dans bien des cas, assimiler ces roches à des intrusions stratiformes (dont les porphyrites et même les microgranulites du Plateau Central, ou les mélaphyres du Cap, offrent ailleurs des exemples), plutôt qu'à de véritables coulées, bien que, dans certains cas, il ait dû y avoir coulées proprement dites. Toujours comme au contact des porphyrites du Bourbonnais, il a pu y avoir transformation de houille en graphite. Des schistes graphiteux avec graphite, autrefois exploités, se trouvent, par 67°, sur l'Iénisséi, à Sidérovo, avec des calcaires siluriens.

Enfin, associés à des manifestations analogues de roches basiques, qui ont dû continuer presque jusqu'à nos jours, on trouve, en divers points, généralement sur des lignes visibles de dislocations tertiaires, une série de véritables volcans à appareil conique conservé: sur le Vitim, dans le prolongement de l'effondrement de l'Ouda, les volcans Mouchketov et Obroutchev; sur l'Argoun, près de la frontière chinoise; à l'Ouest de la pointe Sud du Baïkal, près de Batougol; ou même, par 111°,30 sur la Tchana, un peu avant son confluent avec le Vilioui en pleine plate-forme paléozoïque primitive, et enfin, par 108° et 66° N. sur le Vélioukan.

Ce caractère de volcanisme récent devient de plus en plus accentué quand on entre, à l'Est du Baïkal, dans la zone violemment disloquée par les mouvements tertiaires. En même temps que les granites et gneiss pulvérisés du bassin de l'Amour et de la Bouréya prouvent un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dynamo-métamorphisme intense, les manifestations éruptives se multiplient. Nous avons déjà dit qu'il en existait de véritables ceintures autour des cuvettes effondrées de Transbaïkalie et l'on a considéré chaque pointement de « trapp » comme une venue indépendante, non comme un débris d'une coulée plus étendue. On peut en citer toute une série sur le bas Amour, notamment près de Chabarovsk. M. Jaczevsky, qui a étudié les basaltes de Transbaïkalie et qui les assimile nettement aux « trapps », ou laves basiques de la région Nord, considère qu'ils ont coulé après que le relief actuel du sol a été établi et qu'ils ont dû recouvrir souvent déjà des alluvions aurifères [1].

En ce qui concerne notre sujet spécial de la métallogénie, il est à noter que les roches de cette famille renferment assez souvent du cuivre dans les régions les plus diverses de la terre, ou sont associées à des amas cuprifères (lac Supérieur, Bourgas en Bulgarie, peut-être Rio Tinto, etc.). Nous trouverons en Sibérie deux exemples de ce genre dans la steppe kirghise et en Transbaïkalie.

On ne saurait oublier non plus que cette famille de roches est celle dont les termes les plus basiques contiennent les diamants de l'Afrique centrale. Nous citerons un exemple analogue dans l'Inde. En Sibérie, on n'a jamais rien constaté de précis dans cet ordre d'idées. Cependant, outre les diamants de l'Oural, dont nous dirons un mot, il faut noter que, dans le bassin de la Toungouska, affluent de l'Iénisséi, on a trouvé des diamants dans les alluvions des cours d'eau Melnitchnaya et Totchilny [2]. Peut-être, un jour, des recherches plus attentives dans cet ordre d'idées rencontreront-elles un gîte en place.

[1] Expl., VII, 1898.

[2] *Rég. aur. de l'Iénisséi*, I, p. 33.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XIII

GÉOLOGIE, COMBUSTIBLES ET MINERAIS DE MANGANÈSE DU CAUCASE

Le rôle tectonique joué par le Caucase au milieu des chaînes Eur-Asiatiques est assez connu dans ses grandes lignes pour qu'il suffise de le rappeler brièvement [1]. On sait comment les plis des Alpes se raccordent, par une série de sinuosités, à ceux des Tauern, des Carpathes, des Balkans, de la Crimée, du Caucase : ces derniers se prolongeant à leur tour, à travers la Caspienne, vers les monts de Krasnovodsk, les chaînes de Méched et l'Hindou-kouch. Toute la longueur de cette grande chaîne, envisagée d'abord dans son ensemble, est loin de se présenter dans les mêmes conditions pour la métallogénie et nous aurons plus tard à insister sur ces variations en ce qui concerne la zone asiatique.

Tantôt nous y rencontrons une simple zone plissée, sans manifestations éruptives ni réapparitions de noyaux cristallins anciens, comme le Jura, certaines parties des Alpes et de l'Atlas, ou du Caucase sur son versant septentrional ; les filons métallifères font alors à peu près défaut ou se réduisent à des gîtes éparpillés dans les gisements secondaires ou tertiaires, qui ne prennent guère une valeur relative que sous la forme de filons-couches à allure interstratifiée quand la direction de la fracture s'est trouvée coincider avec le sens de la stratification.

Ailleurs, les noyaux anciens incorporés dans la chaîne plissée ont subi une métallisation, d'âge plus ou moins ancien, qui peut elle-même prendre, tantôt les caractères des métallisations à grande profondeur sous la forme d'imprégnations en rapport avec un métamorphisme gneissique, ou, au contraire, affecter l'allure des filons de fracture moins profonds, habituellement localisés dans les massifs hercyniens. On a des exemples du premier cas dans le massif du mont Rose, les Tauern, etc., du second dans les Balkans et le Caucase.

Parfois encore les torsions ont déterminé des failles avec bâillement, où les roches de profondeur se sont injectées pour les « cicatriser » et ont alors exercé, sur les terrains calcaires de leur périphérie, un métamorphisme spécial, caractérisé par la production du grenat, avec magnétite et sulfures métalliques. Ce cas, qui est celui du Banat et de la

[1] Voir la *Science géologique*, p. 433.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Serbie, se retrouvera peut-être en Asie, dans le Caucase, mais certainement dans le Turkestan russe.

Enfin, les intrusions de roches éruptives récentes, arrivées à cette phase de leur ascension où elles prennent habituellement la forme microgrenue, parfois même déjà la structure microlithique, ont été souvent accompagnées de métallisations spécialement riches en métaux précieux, ou, ailleurs, de départs cuprifères. En Europe, le district de Schemnitz et la Transylvanie sont des exemples de ces venues auro-argentifères, dont les types classiques sont à étudier dans l'Ouest américain et dont nous aurons ici des cas moins importants au Japon. Dans la région à laquelle se rapporte le chapitre présent, la métallisation du Petit Caucase et de l'Arménie paraît devoir être rapportée à ce groupe. Des roches cuprifères de la série des mélaphyres ou des porphyrites existent sur la mer Noire, à Bourgas ; nous en verrons dans le Caucase, le Turkestan russe, etc.

Il ne faut pas oublier, d'autre part, suivant une remarque générale que j'ai eu souvent l'occasion de répéter, la nécessité d'une érosion déjà assez avancée pour qu'une région éruptive récente apparaisse métallisée ; car les zones superficielles d'épanchements laviques, ou les cônes extérieurs du volcanisme, sont à peu près toujours exempts de cristallisations métalliques notables. Ces indications nous montrent sur quels points spéciaux de la géologie caucasienne notre attention doit être d'abord attirée afin d'avoir plus tard un élément d'étude métallogénique ; ce sont ceux-là que nous allons examiner ici.

Tectonique du Caucase[1]. — La région caucasique, comprenant le Caucase proprement dit et, plus au Sud, le Petit-Caucase ou Anti-Cau-

[1] Voir plus loin les fig. 53 et 54. — 1799. Pallas. *Voyages entrepris dans les gouvernements méridionaux de l'empire Russe dans les années* 1793-94. Leipzig. — 1832-35. Dubois de Montpéreux. *Carte générale géologique des systèmes caucasien et taurique*. — 1839-43. Dubois de Montpéreux. *Voyage autour du Caucase, chez les Tcherkesses et les Abhases en Colchide, en Géorgie, en Arménie et en Crimée*, 3 vol., atlas, Paris. — 1854. Tschewkin, Murchison et de Verneuil. *Carte géologique de la Russie d'Europe*. — 1858. Abich. *Vergleichende Grundzüge der Geologie des Kaukasus, wie der Armenischen und nord- persischen Gebirge ; Prodromus einer Geologie der Kaukasischen Länder* (Mem. Ac. St-Pétersb., 6e sér. t. 7, p. 361-365, pl.). — Voir, du même auteur. 1870. *Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern*. avec atlas, Vienne ; *Beiträge zur geologischen Kenntniss der Thermalquellen im Kaukasus* ; 1874. *Geologische Beobachtungen auf Reisen im Kaukasus im Jahre* 1873 (Bull. de la Soc. des Natur. de Moscou); divers autres mémoires de détail et l'ouvrage posthume de 1887 : *Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern*. 3e partie. *Geologie des Armenischen Hochlandes*, Vienne in-8° avec atlas in-folio. — 1875. E. Favre. *Recherches géologiques dans la partie centrale de la chaîne du Caucase* (Genève, in-4°, 117 p. cartes et coupes. — 1884. P. M. Lessar. *Bemerkungen über Transkaspien und die benachbarten Landstriche* (Perterm. Mitteil, t. 30). — 1884. L. Dru. *Géologie et hydrologie de la région du Bechtaou* (B. S. G. F., 3e sér., t. 12, p. 474-515). — 1887. Simonowitch. *Carte géologique d'une partie du gouvernement de Koutais*. — 1890. Sjögren. *Bericht über eissen Ausflug in den südsötlichen Theil des Kaukasus* (Mit. d. K. K. geog. Ges. Wien t. 33, p. 353-376). — 1896. E. Fournier. *Description*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

case, appartient à ce faisceau de plis tertiaires, grossièrement parallèles dans leur ensemble, qu'a comprimés et fait surgir le rapprochement entre la Plate-forme russe au Nord et les môles équatoriaux (Arabie, etc.) vers le Sud. Comme dans les autres chaînes, ce mouvement a dû s'opérer ici en plusieurs fois, amenant à diverses reprises des discordances[1] et des épanchements de roches éruptives, sans réaliser cette superposition absolue des plis successifs les uns aux autres admise par certains auteurs, mais par trop théorique pour être pratiquement vraisemblable. On a beaucoup discuté et varié d'opinion sur l'allure de ce mouvement qui, d'après une théorie développée par Suess[2], se serait exercé,

géologique du Caucase central (Ann. d. l. F. des Sc. de Marseille, t. 7). ; Thèse de doctorat, 296 p. in-4°, 24 pl. Marseille, cf. C. R. Ac. Sc., t. 124, p. 839, : B. S. G. F. 16 mai 1897, 3e sér., t, 26. p. 372-376 ; Bull. Soc. géog. de Marseille, 2e trim. 1897, p. 152). — 1896. A. Inostranzeff, N. Karakasch, F. Loewinson Lessing et S. Strëchevsky. *Au travers de la chaîne principale du Caucase*, etc. (russe avec résumé français, in-4°, 22 pl., 1 carte géologique), St-Pétersbourg (Compte rendu présenté à la direction des chemins de fer de l'Etat). — 1897. *Septième congrès géologique international à St-Pétersbourg*. Excursions diverses dans le Caucase par MM. Loewinson-Lessing, Konchin, Boris Kolenko, Karakasch, Rouguévitch, Simonowitch, etc. — 1897. E. Fournier. *Influence de la constitution du substratum sur la tectonique des assises qui lui sont superposées* (B. S. G. F., 3e sér., t. 25, p. 682 à 692). — 1897. Marcel Bertrand. *Les excursions du septième congrès international en Russie* (B. S. G. F., 3e sér. t. 25, p. 713 à 720). — 1897-1902. Suess, t. I, p 623 à 628 et 650. — 1898. K. Futterer. *Geologische Beobachtungen am Terek-Pass*. (Verh. Ges. für Erdkunde, Berlin, t. 25, p. 262-265). — 1901. Merzbacher. *Aus den Hochregionen des Kaukasus*. — 1902. K. Bogdanovitch. *Zwei Uebersteigungen der im Hauptkette des Kaukasus* (Mém. com. geol. russe. t. XIX, n° 1). — 1905. P. Pjatnisky. *Geol. Untersuchungen Central Kaukasus* (Matér. pour la géol. de la Russie, t. 22. — 1905-1907. M. Dechy, *Kaukasus. Reisen u. Forschungen im kaukas. Hochgebirge*. 3 vol. (t. 1 et 2 ; Reisen u. Forschungen ; Bd. III. : Wissenschaftliche Ergebnisse), Berlin, Dietrich Reimer avec carte au 1/400 000. — 1905. Derwies (Veide). *Recherches géologiques et pétrographiques sur les environs de Piatigorsk* (184 p., 1 carte, Genève, Kundig. — 1906. K. Bogdanovitch. *Das Dibrar System im Südostlichen Kaukasus* (Mém. com. géol. russe. Nouvelle série. vol. 26. — 1907. Tschernyschew. *Sur la découverte du trias sup. dans le Caucase du Nord* (Bull. Ac. Imp. Sc. de St-Pétersbourg). — 1908. E.-A. Martel. *La côte d'Azur russe* (Riviera du Caucase), 1 vol. in-4°, 352 p. avec carte (Delagrave). Voir notamment ch. 24, p. 308 : notes géologiques, avec bibliographie p. 87 sur le pétrole du Caucase occidental, p. 246, sur celui de Bakou. On trouvera, dans ce livre p. 12, 240, 258 et 299 une liste de récits de voyage au Caucase et en Arménie Russe. — 1909. Oswald. *The discov. of trias in the Caucase* (Géol. magaz n° 538, avril). — 1910. P. et N. Bonnet. *Sur l'exist. du trias et du mésojur. aux environs de Djoulfa* (Transc. mér.) [C. R. 14 mars]. — *Matériaux pour la Géologie du Caucase*, publiés par l'administration des mines du Caucase (en russe). — Une carte géologique de la Russie d'Europe en 154 feuilles au 420.000e a été commencée en 1883, mais est fort peu avancée. Une carte géologique de la Russie d'Europe au 1/2.520.000 a été éditée à St-Pétersbourg en 1892 par le comité géologique. La carte géologique générale de l'Europe au 1/1.500.000 ne donne pas encore la région caucasique. — Cartes de l'état-major Russe, à l'échelle de 1/210.000 et 1/42.000. — Pour les *Sources thermales du Caucase*, voir L. De Launay. *Traité des sources thermo-minérales*. — 1897. K.-R. Juguevitch. (Cong. géol. int. XVII, avec bibliog.).

[1] Marcel Bertrand était revenu d'une course rapide dans le Caucase au Congrès de 1897 avec l'impression que ces discordances n'existaient pas sur le versant Nord (*loc. cit.*, p. 716), tout au moins sous la forme où les a figurées M. Fournier.

[2] I, 650.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'abord, sous la forme d'une poussée vers le Sud, à laquelle se serait superposée ultérieurement une poussée vers le Nord, localisée au Nord de la chaîne. Les apparences qui ont donné lieu à cette hypothèse semblent aujourd'hui susceptibles d'explications plus naturelles et plus conformes à ce qu'on observe dans l'ensemble des autres chaînes alpines. Peut-être de plus, comme je l'ait dit ailleurs, y a-t-il quelque exagération dans l'importance d'ordre général attachée à ce genre de questions, qui ont plutôt une portée locale. Les compressions ont toutes dû, dans la réalité absolue, être bilatérales, et, si elles prennent une apparence unilatérale, c'est parce qu'il y a eu nécessaire inégalité entre les deux zones comprimantes. Mais ce sens relatif du mouvement peut changer d'un point à l'autre en direction, comme il arrive aux failles d'avoir joué en sens inverse aux deux extrémités de leur parcours. Il peut également se modifier transversalement d'un pli au suivant, ou d'une zone plissée à celle qui lui succède. Le rôle capital pour notre sujet est celui joué, non par les plissements, de quelque sens qu'on le suppose, mais par les dislocations, les effondrements et, par suite, les métallisations, qui ont quelque rapport avec le sens local de la poussée. Dans le Caucase, il est manifeste à première vue que l'éruptivité a été plus intense au Sud qu'au Nord. C'est seulement sur ce flanc Sud du Caucase proprement dit, ou encore bien plus quand on aborde le petit Caucase et l'Arménie qu'on voit mises à nu ces grandes masses demi-profondes de roches intrusives microgrenues, avec lesquelles d'assez nombreux filons métallifères sont en relation.

Cette discussion, signalée incidemment, n'est pas la seule qui se soit produite à propos de la tectonique du Caucase, et, depuis les travaux d'Abich, les opinions se sont maintes fois modifiées à la suite d'observations incomplètes et trop généralisées. La vérité est que, sauf dans le Caucase central où quelques routes sont incessamment parcourues, l'ensemble de la chaîne reste encore mal connu. On en sait cependant assez pour pouvoir se faire une idée générale, dont nous essayerons de nous contenter.

L'histoire des mouvements orogéniques du Caucase présente cette particularité d'avoir commencé de très bonne heure pour finir très tard. Nous allons y trouver très probablement de premiers plis hercyniens ayant déterminé une saillie émergée, sur laquelle la mer n'a repassé (et encore peut-être pas complètement) qu'à l'époque du lias. Bientôt après le lias, la crête reparaît, et le Caucase sépare longtemps deux bassins de sédimentation indépendants. Les mouvements (après avoir eu un retour localisé vers la fin du jurassique (31)), reprennent, avec une intensité spéciale, pendant le tertiaire et se prolongent après le sarmatien (52), si même ils sont entièrement terminés aujourd'hui. Dans ces divers mouvements, il s'est constitué successivement des noyaux solides jouant plus tard, au milieu des plissements plus récents,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le rôle habituel des massifs anciens repris dans une zone de plis ultérieurs. En même temps, se sont produits des bassins déprimés, comme celui qui sépare le Caucase du petit Caucase par la dépression du Rion et de la Koura ; et, tout naturellement, cette zone faible, enserrée entre deux massifs solides, a été ultérieurement comprimée, écrasée entre eux, avec production de plis particulièrement récents.

Enfin, à ces affaissements et dislocations, dont le rôle métallogénique est tout indiqué, se rattachent des cassures ayant affecté même la partie centrale de la chaîne, ayant rompu, disloqué les plis en donnant lieu à des épanchements éruptifs formidables, commencés pendant le pliocène, continués par-dessus les graviers pléistocènes. Par suite de ces manifestations éruptives, qui ont affecté les points culminants du Caucase, cette chaîne présente aussitôt une différence fondamentale avec les Alpes et, au contraire, une ressemblance immédiate avec les Andes : celle d'être une chaîne plissée, dont les sommets sont des volcans. On sait que le Caucase est la zone des plis alpins où le sens relatif de la poussée passe du Nord au Sud. N'en est-il pas résulté un mouvement de torsion qui a pu contribuer à cette brisure caractéristique ?

J'ajoute encore que le Grand-Caucase (altitude maxima, 5.636 m.) offre, à un haut degré, l'habituelle dissymétrie topographique des chaînes montagneuses. A l'Ouest de l'Elbrouz, on descend au Sud, de 3,600 m. en 55 km. ; au Nord, de 150 m. sur la même distance. Vers Tiflis, sans que la différence soit aussi sensible, la pente reste néanmoins 7 fois plus forte au Sud qu'au Nord. La presque totalité de la chaîne présente, sauf un épanouissement en éventail de sa zone axiale sur lequel nous allons revenir, une disposition générale pouvant être résumée schématiquement par un plongement normal de

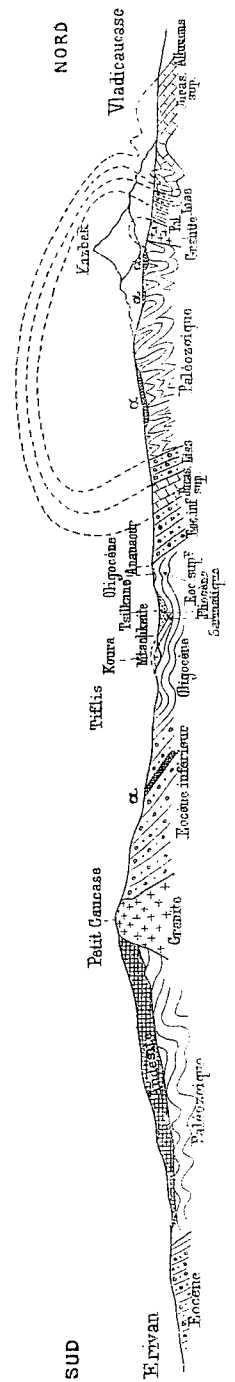


Fig. 6. — Coupe transversale théorique du Caucase et du petit Caucase (Échelle des longueurs au 1 : 7.400.000).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tous les terrains vers le Nord (pli isoclinal, ou plutôt homoclinal, car les plongements de même sens changent d'inclinaison). Il en résulte que, du côté Nord, on remonte doucement la pente des couches, tandis qu'au Sud on en descend, par une série de gradins, la coupe abrupte.

Ce n'est pas ici le lieu d'insister davantage sur la tectonique caucasienne, qui, sans doute, se rapprochera davantage de celle des Alpes, quand on l'aura mieux étudiée. La manière classique de l'envisager est de concevoir (fig. 6) un anticlinal comprimé à la racine et, par conséquent, déversé sur ses deux flancs, dans lequel deux bandes de lias latérales, de largeur très inégale (restreinte au Nord, étalée au Sud) plongent sous le paléozoïque, avec lequel elles viennent en contact immédiat [1]. Ce contact représenterait la surface de sédimentation, suivant laquelle le lias serait revenu transgressivement recouvrir une chaîne précédemment émergée. Puis se développe, des deux côtés, avec des différences locales, une série jurassique et crétacée, dans laquelle on remarque souvent des facies distincts suivant qu'on est sur l'un ou l'autre des deux versants, mais, en moyenne, un plongement analogue très réduit vers le Nord. L'allure des plis se modifie, probablement à la suite d'une flexure [2], quand on passe, du côté Nord au jurassique supérieur, du côté Sud à l'oligocène. Des plis plus adoucis constituent au Nord une sorte de plateau précaucasique incliné, analogue, dans une certaine mesure, à celui qui longe le bord septentrional des Balkans. Plus loin, vers le Nord, on trouve, au delà de Vladicaucase, des indices de plis poussés vers le Nord. Au Sud, au contraire, on traverse la dépression de la Koura, avec son sarmatien plissé et l'on retrouve, dans l'Anti-Caucase, un autre pli également isoclinal à plongement Nord, formé de terrains à facies méridional, qui conduit au plateau Arménien. J'ai déjà rappelé combien les manifestations éruptives récentes jouent un rôle considérable dans ce sens.

En résumé, et sans empiéter sur ce que nous aurons à dire dans notre étude métallogénique, on peut, dès ce premier aperçu, concevoir qu'il y aura, dans le Caucase, des parties à grands plis réguliers et parallèles, d'âge récent, comme le Jura : le Daghestan, par exemple, où nous devons prévoir le manque de filons métallifères. Puis viendra une zone paléozoique et cristalline qui occupe l'axe de la chaîne à l'Ouest de Vladicaucase : zone redisloquée à l'époque tertiaire, où nous rencontrerons des filons du type des massifs hercyniens d'Europe à semblables redislocations tertiaires (Meseta, Plateau central, etc.). Enfin, le Petit-Caucase nous offrira les types les plus caractéristiques de gise-

[1] Voir plus loin, fig. 53, une carte générale du Caucase, et fig. 54, une carte géologique du Caucase central.

[2] C'est le point où MM. Fournier et Karakasch ont signalé, entre le Séquanien (29) et le Kimeridgien (30), une discordance qui doit en réalité se borner à un changement d'allure des plis.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ments, surtout cuprifères, en relation avec des roches intrusives dont la mise en place est, pour la plus grande part, antérieure au tertiaire.

La disposition générale des terrains du Caucase en un anticlinal déprimé, ennoyé à ses deux extrémités, donne à une carte géologique de la chaîne l'aspect assez particulier d'un dôme cristallin occupant, à l'Ouest du Kasbek, toute la haute crête et entouré par des zones de plus en plus basses de terrains de plus en plus récents. A l'Ouest, par exemple, quand on descend de l'Ebrouz à Kertch, on voit successivement se recouvrir l'un l'autre le paléozoique, le jurassique, le crétacé, le tertiaire comme sur les cuvettes successives qui entourent le bassin de Paris. La descente du Daghestan donne une impression semblable. Ailleurs, sans doute, ce schéma trop grossièrement approximatif n'est plus conforme aux faits et le Sud-Est de la chaîne montre, par exemple, le paléozoique directement recouvert par le tertiaire. Néanmoins, la même disposition en dômes reparaît dans la dépression du Rion, où plusieurs dômes font saillie au Nord-Est de Koutais.

La longue dépression du Rion et de la Koura, qui nous intéresse spécialement par ses gîtes métallifères, n'est pas à proprement parler un effondrement, dont elle n'a pas les caractères ordinaires de brusques limites jalonnées par des roches éruptives récentes ; mais il y a pourtant coupure venant trancher en biseau de l'Ouest à l'Est les zones successives, de crétacé, jurassique et paléozoique. Il se manifeste là le conflit de deux directions obliques l'une sur l'autre, découpant une série de dômes en damier, qui donnent à la région de Koutais à Tiflis un aspect très particulier.

Histoire géologique du Caucase. — Si nous essayons maintenant de raconter, dans un ordre chronologique, les faits dont la région caucasique a dû être le théâtre (ce qui met en singulière lumière toutes nos ignorances), nous trouvons, d'abord, à la base, un substratum de schistes cristallins et de gneiss pénétrés par le granite, que des géologues russes, notamment M. Tschernyschew, ont proposé de considérer comme généralement dévoniens. Il est certain que le *dévonien* (10) existe dans le Caucase et que ce dévonien a été recoupé par le granite. En conclure que tous les sédiments recoupés par le granite sont dévoniens, est, sans aucun doute, exagéré. Le *carbonifère* n'a pas encore été reconnu; et, du dévonien, on saute brusquement au *trias*[1] (17), ou même souvent au *lias* (20), comme si le Caucase avait été émergé pendant tout l'intervalle, peut-être par l'effet d'un premier mouvement hercynien. Mais c'est ici plus que jamais le cas de se rappeler combien, dans

[1] Le trias supérieur, longtemps méconnu, paraît, d'après Worobiev, bien développé sur le versant Nord du Caucase, avec des fossiles analogues à ceux de Balia-Maden. Au Sud, il faut aller à Djoulfa, sur l'Araxe, pour trouver du trias inférieur et du permien, mais pas de trias supérieur. Pour le lias, voir plus haut, p. 188.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nos cartes paléo-géographiques, l'étendue attribuée aux continents est toujours exagérée, par ce fait seul qu'en principe nous supposons continents les points où la présence de la mer n'a pas été constatée, ou n'est pas rendue presque certaine par raison de continuité immédiate.

A l'époque liasique, la plus grande partie du Caucase est, au contraire, recouverte par la mer, qui y dépose de tous côtés des schistes et calcschistes, parmi lesquels on a pu distinguer plusieurs niveaux. Cependant, l'existence locale d'un cordon de galets paléozoïques à la base du lias et quelques charbons rattachés à divers niveaux liasiques peuvent faire penser, sinon à une grande île comme l'affirmait de Lapparent, du moins au voisinage d'une côte, peut-être plus au Sud, vers le petit Caucase.

A la fin du lias, on croit constater un grand mouvement accompagné par des intrusions de roches profondes à structure granitique. Peut-être en raison de ce mouvement, les caractères littoraux s'accentuent pendant le *bajocien* (25), qui voit se produire, sur le flanc Sud, l'émersion du dôme granitique de la Dziroula (monts Méched, à l'Est de Koutais), avec poudingues à la périphérie. Au Nord-Est de Koutais, vers Tkvibouli, il se dépose, à ce moment, des grès à lignites. De même, sur toute la longueur de la chaîne, l'existence, en divers points, de grès, de conglomérats et d'argiles à lignites (dont nous énumérerons bientôt les affleurements) laisse supposer l'émersion de la crête centrale qui, en tout cas, était réalisée à la fin du bathonien. Cette série jurassique renferme, comme nous le verrons [1], des couches charbonneuses.

Jusqu'à ce moment, la théorie des géosynclinaux semble difficilement applicable au Caucase, où les signes d'émersion paraissent, au contraire, nous le voyons, nombreux et prolongés. Elle ne l'est pas encore pendant la fin du *suprajurassique* (tithonique), où une grande partie du flanc Sud semble avoir été décidément émergée. Les terrains de cette période (kimeridgien, portlandien 30, 31) sont cependant représentés, dans le Nord du Caucase central, par une série continue de calcaires coralligènes, calcaires compacts, calcaires en bancs lités, calcaires marneux et marnes, dont Marcel Bertrand a signalé l'analogie lithologique avec la série de Grenoble. On peut noter qu'à cette époque du jurassique supérieur, des nappes éruptives se sont, à diverses reprises, intercalées dans la sédimentation des schistes. Il existe, dans l'*oxfordien* (28) de la vallée du Rion, des tufs de diabase et de mélaphyre. Ailleurs, on en trouve d'autres entre le lias (24) et le bajocien (25). Des filons de diabase, ayant souvent l'allure de filons-couches, recoupent probablement à ce moment la série paléozoïque. Enfin les teschénites percent l'oolithe jurassique.

A la base du crétacé, le *néocomien* (32) a, sur les deux versants de la

[1] Page 264. Nous reviendrons sur cette région, p. 296 à 300, à l'occasion de l'Arménie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

chaîne, des faciès absolument différents : au Nord, coralligène et intimement lié au tithonique sous-jacent ; au Sud, calcaréo-marneux. D'où l'idée que l'émersion de la crête devait continuer ; et on considère ordinairement cette émersion comme s'étant poursuivie durant tout le crétacé et l'éocène inférieur, quoique les types crayeux du turonien (37), du sénonien (38), etc., semblent indiquer des mers d'une certaine profondeur. En tout cas, le *crétacé supérieur* (37 à 39) témoigne, dans le Sud de la chaîne, d'une transgression qui recouvre le Petit-Caucase.

A l'époque *lutétienne* (44), la mer nummulitique vient couvrir le flanc Sud du Caucase, tandis qu'on n'en trouve pas d'indice au Nord ; ce qui laisse supposer, un peu auparavant, un mouvement de bascule ayant affaissé le Sud par rapport au Nord.

Pendant l'*éocène supérieur* et l'*oligocène* (46), la mer progresse dans le Sud, entrant jusque dans la vallée supérieure de la Kvirila, où se déposent, à la fin de l'éocène supérieur, les importantes couches à manganèse que nous aurons à étudier. Malgré cette transgression, la mer doit pourtant rester semée d'îles et proche de ses rivages. Les représentants du paléogène [1] sont des conglomérats de grès à coquilles triturées (faciès littoraux), puis des marnes à gypse et lignites oligocènes (faciès continentaux). Le début des mouvements de surrection générale succède à l'oligocène (48). Le Caucase et le Petit-Caucase se rident alors simultanément, en même temps qu'ils émergent. Puis un affaissement du versant méridional y ramène les eaux sarmatiennes (52) (marnes bigarrées à hélix et conglomérats).

Mais, à la fin du sarmatien, se produit le mouvement principal, qui a constitué le Caucase tel que nous le voyons [2]. Agissant sur une chaîne déjà plissée (au moins en profondeur), qui a dû avoir une tendance à se comporter comme tous les noyaux anciens déjà consolidés, intercalés dans un plissement plus récent, il paraît avoir accolé de nouveaux plis contre un anticlinal principal, qui s'est trouvé ainsi agrandi latéralement, mais comprimé dans sa partie axiale et disloqué, avec des mouvements relatifs, dont la conséquence a dû être la montée au jour de magmas fondus ayant donné lieu à des coulées, d'abord trachytiques, puis andésitiques, commencées pendant le pliocène (55), accentuées pendant le pléistocène (57). Les rhyolithes microgranulitiques de Piatigorsk, analogues à celles de Hongrie, percent en dykes tout le tertiaire [3].

On peut attribuer un rôle important, dans l'allure actuelle des plissements, à l'existence de dômes déjà constitués, comme ceux de Tkvibouli, de Vani, de la Dziroula (fig. 54), qui ont arrêté au Sud des plissements, continués ailleurs beaucoup plus au Sud sur l'aire synclinale de la Koura.

[1] Congrès, XXII, 4.

[2] Bogdanovitch a montré le pontien (53) du Daghestan en discordance sur un sol plissé.

[3] La majeure partie des laves récentes sont des andésites à enstatite.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Depuis le grand plissement post-sarmatien, la région a émergé continuellement : ce qui a amené le retrait des mers pontiennes d'Orient en Occident. Sur le versant Nord, l'émersion, pense-t-on, aurait été plus lente et la mer n'aurait disparu qu'après l'époque glaciaire, lors de l'ouverture du Bosphore.

Dans l'histoire sédimentaire du Caucase, il convient maintenant de faire une place spéciale à deux concentrations sédimentaires de matières minérales utiles que nous avons mentionnées en passant : la houille et le manganèse. Il sera également question du sel et du pétrole dans les chapitres XXI et XXII spécialement réservés à ces substances.

La houille au Caucase[1]. — Comme nous l'avons vu, le jurassique du Caucase renferme d'assez nombreux gisements charbonneux, donnant des charbons d'une qualité médiocre et fort peu exploités. Il existe, en outre quelques lignites tertiaires. Ces gisements ne sont pas susceptibles de fournir à la métallurgie locale le combustible qui lui manque ; et, d'autre part, pour les usages domestiques, les résidus de pétrole et les combustibles végétaux leur font une facile concurrence. La production totale s'est élevée à peine à 60.000 t. en 1900 pour retomber à 29.400 en 1905. En 1888, elle était de 8.500 t.

Parmi les charbons jurassiques, les plus développés sont ceux que l'on observe, à 40 km. de Koutais, dans des schistes argileux bajociens à *Tkvibouli*[2]. L'épaisseur des couches y varie de 0,30 à 1,50 et l'épaisseur totale des diverses couches superposées va jusqu'à 15 m.

Les affleurements de Tkvibouli dessinent des courbes sinueuses autour d'un dôme formé par des argiles schisteuses du lias très plissées. Au-dessus de ce lias, l'oolithe inférieure est représentée par une puissante formation d'argiles grèseuses, de grès à graviers de quartz et de conglomérats, dans laquelle se trouvent des couches de lignite, avec empreintes de plantes. A la partie supérieure de cette formation apparaissent des couches marno-calcaires à céphalopodes. Quelques nappes de diabase et surtout de teschénite s'intercalent dans les grès qui contiennent des troncs d'arbre, parfois silicifiés, parfois transformés en lignite luisant.

On retrouve de la houille jurassique dans la vallée de la rivière Kouban, autour du village de Khoumarinsk. Des couches analogues sont connues plus à l'Est, dans la province du Térek, aux environs des gîtes de galène de Tizil-Sou. Toujours sur le versant Nord, le Daghestan, à

[1] 1887. Simonowitch et Sorokin. *Carte géolog. d'une partie du gouvernement de Koutais*, avec texte explicatif. (Pub. par l'Adm. min. du Caucase, Tiflis). — 1893. Kozovskoï. *Les gisements de houille de Tkvibouli* (Journ. des Mines, n° 5-6, p. 181. — 1897. *Excursions du Congrès géologique en Russie.* (Voir XIX, II et XXV). — 1901. Ladoff. *Die neu entdeckten Kohlenflötze von Tkwartschali im Kaukasus* (Oest. Z. f. B. u. H., p. 173-174).

[2] Congrès XXV, avec coupes. — Voir, plus loin, la fig. 54.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'extrémité Est de la chaîne, en renferme également à peu près au même niveau géologique. On cite là les couches au Sud d'Andi, celles au Sud de Gounib, celles de la rivière Kara-koi-sou, etc. Sur le versant Sud, d'autres gisements de lignite ont été signalés à Kaldakhvari, dans la division de Soukhoum-Kalé; ce sont des séries de très minces veines charbonneuses alternant avec de l'argile.

Vers le Sud, quand on se rapproche de l'Arménie, on trouve une série charbonneuse d'âge tertiaire qui affleure déjà dans la région de Kiadébek, se développe dans le Sud du gouvernement d'Erivan et se continue dans toute la vallée de l'Araxes [1].

Les manganèses de Tchiatoura. — Les couches manganésifères de Tchiatoura [2], sur la Kvirila, affluent du Rion, dans le gouvernement de Koutais, méritent une étude spéciale : tant par leur grande importance industrielle, puisque ce gisement était récemment encore le premier du monde, que par le très difficile problème géologique, posé à son sujet.

Si l'origine de ce gite n'a jamais été expliquée, son allure et sa disposition ont été du moins maintes fois décrites.

Il s'agit d'une formation très étendue couvrant au moins 60 km^2 (et même le double d'après certains auteurs). Sur cette étendue se trouvent des couches horizontales, ou faiblement inclinées, appartenant à l'éocène supérieur (45), qui reposent sur de la craie à silex turonienne (37) et sont souvent recouvertes par des calcaires oligocènes (46). A la partie supérieure de l'éocène, ou peut-être déjà dans l'oligocène [3], les minerais de manganèse forment une couche très continue de 1,50 m. à 2 m. environ d'épaisseur normale, ayant 10 km. dans un sens, 6 dans l'autre et disparaissant dans tous les sens par amincissement. Le cube de minerai peut y être évalué en gros à 100 ou 150 millions de tonnes. Les strates éocènes ont été attaquées par une érosion qui les a découpées en nom-

[1] Voir pl. VI, carte d'Arménie.

[2] Voir la carte, fig. 54. — Coll. Ecole des Mines, n° 2158. — 1868. Abich. *Sur les gisements de manganèse en Transcaucasie* (Ac. Imp. des Sc. de St-Pétersbourg, t. 3 (en allemand). — 1882. Reuleaux. *Gisements de manganèse de la Transcaucasie* (Soc. géol. de Belgique, t. 9, 137-42). — 1888. N. Kozovsky. *Les manganèses du gouv. d'Iekaterinoslav* (en russe). — *Gites métallifères*, t. 2, p. 17 à 22 et bibl. — 1898. P. Drake. *The manganese ore deposits of the Caucasus* (Trans. Am. Inst. Min. Eng., t. 28, p. 191 à 208 ; Colliery guardian, t. 76, p. 467-74, Londres). — Traduit par Demaret (Ann. d. mines de Belgique, 1899, t. 4, p. 220 à 227). — 1898. Macco. *Excursion nach dem Kaukasus und der Krim* (Z. f. pr. G., p. 203). — 1898. Pourcel. *Sur les gis. de manganèse de Tchiatour* (Ann. d. mines, 9e, t. 13, p. 664 à 676). — 1898. Sevens C. *Manganese ore industry of Transcaucasia* (Colliery guardian, t. 75, p. 809, Londres). — 1901. N. Sokolow. *Les gisements de manganèse dans les couches tertiaires du gouvernement d'Iekaterinoslav* (Mém. du Com. géol., t. 18, n° 2 ; 82 p. 1 carte et 1 pl. ; en russe, avec résumé allemand. — 1907. M. Glasenapp. *Neues Manganerzlager im Kaukasus* (Rigasche Industrie Ztg., p. 14). — 1909. Lecomte-Denis. *Le manganèse* (140 p. in-8° avec bibl. Dunod).

[3] Cette dernière opinion, moins répandue, est celle de M. Sokolow.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

breux mamelons séparés par des vallons où apparaît la craie : en sorte que les affleurements manganésifères dessinent des couches compliquées, offrant des points d'attaque multipliés. Les courbes sont généralement régulières et très faiblement ondulées[1]. Cependant elles présentent de petits rejets, notamment le long de dykes basaltiques qui les ont traversées.

Si nous entrons dans le détail, nous pouvons d'abord remarquer que l'éocène supérieur nummulitique est, quand on a sa série complète, composé, à sa base, de schistes argilo-siliceux, argiles schisteuses et marnes très fissiles. A sa partie supérieure, il passe à des grès calcaires feuilletés, puis à des calcaires blancs grèseux et à de véritables grès, où s'intercalent les bancs manganésifères avec dents de Lamna et d'Otodus qui lui ont fait donner le nom d'étage à poissons, nombreux fragments de coquilles et nodules pyriteux.

Souvent la couche manganésifère n'est séparée de la craie que par 0,5 m. à 4 m. de sables rouges ou verdâtres. Au-dessus d'elle viennent les grès calcaires oligocènes avec graviers de quartz et fragments de Cardium et de Cyrènes. Les caractères stratigraphiques du dépôt manganésifère impliquent évidemment un dépôt voisin du rivage, peut-être transgressif, avec courants progressivement atténués, suivi encore pendant l'oligocène par un dépôt côtier.

Géographiquement, cette région de Tchiatoura s'intercale entre le dôme de Tkvibouli au Nord-Ouest et celui de la Dziroula au Sud : le premier ayant un substratum de lias, recouvert par des formations transgressives commençant aux grès à lignite bathoniens, le second formant une masse granitique, sur laquelle reposent transgressivement des terrains divers allant du jurassique au sarmatien (52).

La couche manganésifère elle-même peut être subdivisée en 7 à 12 bancs de pyrolusite, séparés par des lits détritiques de sable marneux qui accusent des intervalles dans le phénomène de dépôt. Les bancs solides sont formés d'oolithes manganésifères à écailles concentriques, passant à du minerai plus massif où ces oolithes n'apparaissent plus. En moyenne, la grosseur des oolithes augmente de bas en haut. Pratiquement ces minerais ont l'inconvénient d'être très friables. Les parties solides, seules utilisées par les ouvriers locaux, tiennent de 52 à 56 p. 100 de manganèse (soit, pour 56 p. 100, 84,86 de bioxyde et 1,54 de sesquioxyde) avec 1,58 de barytine, 5 p. 100 de silice, 1,80 d'argile, 0,80 d'oxyde de fer et des traces parfois sensibles de phosphore, ainsi que de divers métaux (cuivre et plomb).

Le phosphore, dont la présence a une si grande importance industrielle, ne dépasse le plus souvent pas 0,05 p. 100 ; mais localement, il atteint 0,15 p. 100.

[1] Le pendage atteint très localement 15°.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On peut remarquer l'association si fréquente du manganèse avec la baryte, dont le terme extrême est ailleurs la psilomélane et qui, dans des cas si nombreux, s'interprète par la destruction de roches cristallines à plagioclases barytiques sur des zones émergées.

En dehors des minerais solides, la couche renferme des pyrolusites friables et des oxydes hydratés mous, que l'on rejette actuellement. A sa partie inférieure, elle devient argileuse et plus hydratée.

J'ai dit en commençant combien l'origine de ce gisement est mystérieuse.

L'idée est venue à quelques géologues d'établir une comparaison avec les grandes profondeurs marines où s'accumulent aujourd'hui des boues manganésifères : seul dépôt de manganèse important, à la formation duquel nous assistions.

Cette hypothèse est tout à fait incompatible avec les conditions manifestes du dépôt et il faut, en tout cas, en chercher une autre, dans laquelle il semble bien probable que, d'une manière quelconque, l'érosion d'une masse continentale ayant renfermé déjà des minerais métalliques complexes a dû intervenir.

Comme élément d'informations, nous pouvons, à ce propos, examiner rapidement un autre gîte manganésifère analogue, également de grande importance industrielle depuis 1886, qui se trouve d'ailleurs à peu de distance de notre champ d'études, dans le Sud-Ouest du gouvernement d'Ékaterinoslav, à l'Ouest de la ville de *Nikopol*, sur le Tchertomlyk, affluent du Dnieper[1].

On observe là, d'après N. Sokolow, des couches manganésifères à mollusques oligocènes (Cardita, Lucina, etc.) reposant sur une argile siliceuse vert pomme, et parfois sur un sable argileux à glauconie et recouvertes par une argile plastique gris verdâtre sans fossiles, mais qui, d'après ses relations stratigraphiques, semble appartenir au sarmatien (S2) (Solenaya et Tchertomlyk). Parfois la couche de minerai est séparée de ces argiles par des lits de sable argileux. La couche de pyrolusite peut avoir 1,50 m. à 2,50 m. d'épaisseur; elle disparaît en se coinçant et on voit alors le sarmatien passer directement sur les roches cristallines sans interposition d'oligocène. Au delà de la crête cristalline, d'autres couches manganésifères recommencent, mais reposent alors directement sur le granite et le gneiss (Krasnogrigorjevka), parfois en commençant par la base par un lit à nodules de pyrolusite de 1 à 2 cm. Nous retrouvons donc ici, comme à Tchiatoura, des conditions très probablement littorales et un régime des mers changeant. Toujours comme à Tchiatoura, les restes de poissons, et notamment les

[1] Ces minerais alimentent la métallurgie russe, tandis que ceux du Caucase sont exportés.

UNIVERSITÉ DE PARIS GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dents de squales (carcharodon, odontapsis, carcharias, etc.), y sont très abondants[1]. Des débris de bois sont fréquents.

Quelques autres gisements de manganèse, sans importance pratique, montrent, jusqu'à une certaine distance, l'extension d'un régime semblable, notamment sur l'Ingoulez, en aval de Krivoi-rog.

Le minerai de Nikopol est de la pyrolusite. Celle-ci est ordinairement disposée en concrétions irrégulières formant des nodules à écailles concentriques, parfois géodiques, avec cristaux intérieurs ; ailleurs aussi, elle devient compacte. On trouve ces nodules disséminés dans un sable argileux, teinté en noir par le manganèse : vers la base, ils tendent à s'accumuler davantage.

A l'examen microscopique, les minerais compacts montrent aussi des zones disposées concentriquement autour d'un centre quelconque (grain de sable ou de pyrolusite). On y observe également du feldspath et des débris de roches cristallines. Les concrétions tiennent souvent de 0,2 à 0,3 p. 100 de phosphore, parfois seulement des traces. La teneur pratique en manganèse est de 42 à 44 p. 100.

En résumé, on arrive, pour Nikopol comme pour Tchiatoura, à l'idée de dépôts littoraux formés, dans des baies peu profondes, le long de dômes émergés ou de hauts fonds ayant pu comprendre des roches cristallines et il est à noter qu'à l'Est de l'Oural, dans le district de Bogoslovsk, on retrouve encore du manganèse dans les sables glauconieux littoraux de l'écocène supérieur ou de l'oligocène[2]. Dans des conditions de ce genre, Buchanan a signalé des nodules manganésifères de formation contemporaine sur la côte d'Ecosse, Murray dans la mer Noire, Nordenskiöld dans la mer de Kara : le tout à moins de 100 m. de profondeur[3].

Quel a été au juste le mécanisme des réactions? C'est ce que, dans l'état actuel de nos connaissances, il semble difficile de préciser[4]. Très vraisemblablement, le manganèse a eu pour origine première les roches cristallines, dont les amphiboles notamment en contiennent sou-

[1] O. Jaekel. *Untertiäre Selachier aus Süd-Russland.* (Mém. Com, géol. IX, 4 1895). C'est là un rapprochement, entre beaucoup d'autres, avec les dépôts phosphatés, dont l'origine semble, sur bien des points, à rapprocher de celle de ces manganèses.

[2] Fedorow et Nikitin. (*Ann. géol. et min. de Russie*, t. 3, n° 7, 1897, p. 91).

[3] Buchanan. *On the Composition of Oceanic and littoral Manganese Nodules* (Trans. R. Soc. of Edinburgh, t. 36, 1891). — Murray. *On the deposits of the Black Sea* (The Scottish Geogr. Magazine, t. 16, 1900, p. 673-702).

[4] On a parfois pensé, aussi bien pour ces oolithes manganésifères que pour les minerais oolithiques ferrugineux, à une introduction postérieure du métal qui serait venu se substituer à des oolithes calcaires. Cette opinion semble aussi inadmissible dans un cas que dans l'autre. Entre bien d'autres objections, M. Sokolow a fait remarquer que les coquilles englobées dans le manganèse étaient représentées par un vide dû à la dissolution de la calcite, que les vides et géodes étaient nombreux, etc. : ce qui ne semble pas compatible avec la circulation d'eau tenant du manganèse en dissolution.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vent des traces et les filons métallifères associés. Je serais assez porté à supposer, pour expliquer ces grandes masses de minerais, un phénomène plus spécial : par exemple, une première latérisation des roches émergées et probablement aussi une altération superficielle de quelques gisements ferrugineux, oxydés ou pyriteux, à faible teneur initiale en manganèse. Nous savons, en effet, avec quelle facilité les gisements de fer donnent, par une altération de ce genre, des concentrations manganésifères, dans lesquelles se rencontre souvent, en même temps, de la baryte empruntée aux roches cristallines également altérées, parfois aussi du cobalt ou du phosphore, et qui disparaissent, au-dessous du niveau hydrostatique, pour faire place à des gisements sulfureux, décelant à peine la présence du manganèse.

J'ai insisté à bien des reprises sur ce caractère superficiel et secondaire des concentrations manganésifères, qui ont eu, nécessairement, une occasion particulièrement favorable de se produire quand une longue érosion a mis en mouvement des sels empruntés à la destruction de masses importantes de roches et de minerais. La plupart des grandes régions métallifères, que ce soient les champs pyriteux d'Huelva, ceux du Brésil et du Chili, les minerais du Laurium, etc., ont ainsi présenté, à leurs affleurements, des dépôts secondaires de manganèse ayant pu donner lieu à une exploitation précaire. Quand nous étudierons l'Inde, nous trouverons avec un développement remarquable, un cas analogue..

Cependant nos minerais de Tchiatoura, comme ceux de Nikopol, ne sont pas le produit direct et sur place d'une action de ce genre, mais un dépôt marin ou du moins saumâtre; et, quoique leur substratum puisse être exceptionnellement formé par des produits de destruction du granite (Est de Nikopol), en général, le mur est composé de sédiments antérieurs ne présentant pas une teneur en manganèse particulièrement forte. Il y a donc eu apport à distance du manganèse à l'état de dissolution ; il y a eu courant provoquant, sur ce point, une concentration toute spéciale de la teneur en manganèse, ordinairement très faible dans l'eau de mer. On peut, d'ailleurs, remarquer que les couches sous-jacentes ne semblent pas s'être formées, par rapport aux îlots cristallins, dans des conditions très différentes de celles où le manganèse s'est accumulé un peu plus tard. Nous supposons, en résumé, qu'au moment où le manganèse s'est déposé, il est intervenu : 1° un apport particulièrement abondant de manganèse à la lagune, 2° une cause particulière pour que ce manganèse ait été amené à se précipiter avec plus d'abondance de sa dissolution même très diluée. On a songé, à ce propos, d'une façon d'ailleurs hypothétique, à l'influence d'organismes, tels que des végétaux : par exemple (Sokolow) au développement possible, entre 50 et 100 m. de profondeur, de certaines algues et bactéries susceptibles de précipiter le manganèse, comme d'autres agissent sur le fer.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XIV

GÉOLOGIE DU TURKESTAN RUSSE (BOUCHARIE ET FERGHANA), DU PAMIR, DU TIEN-CHAN, ETC. — COMBUSTIBLES

Les zones de plissements tertiaires, que nous venons d'étudier dans le Caucase et la Transcaucasie russe, ont leur prolongement naturel dans l'Est, vers le Touran (zone aralo-caspienne) et l'Iran (partie orientale de la Perse).

Sans entrer dans les détails de la tectonique, on peut rappeler que le Caucase se prolonge à travers la mer Caspienne, vers les monts de Krasnovodsk et le Kopet-Dag, le long de la ligne de Merv, puis, par Méched et Hérat, vers l'Hindou-Kouch. C'est l'axe le plus continu, malgré des accidents qui l'interrompent lui aussi, comme sur le passage de la Caspienne, où, (soit par un effondrement comme l'a supposé Suess, soit par un simple ennoyage transversal), il disparaît en profondeur et comme dans la région de Méched à Hérat, où une série de chaînons parallèles entre eux semble se substituer à lui. Au Sud de cet alignement principal, les chaînons du petit Caucase en divergent progressivement vers le Sud-Est, de manière à laisser, entre le Caucase et cette chaîne nouvelle qui se raccorde à l'Elbourz, la vallée déprimée de la Koura avec son prolongement dans la Caspienne méridionale. Après quoi, ce pli doit se resserrer près du précédent du côté de Méched et s'insinue également dans l'Hindou-Kouch. Plus au Sud encore, d'autres plis conservent, sur la bordure Ouest de l'Iran, la direction N. W. — S. E; ce sont ceux de Yezd et Kirman qui s'incurvent dans le Beloutchistan pour reprendre la direction Nord-Est de l'Indus. Ils vont ainsi se raccorder à l'Himalaya après avoir laissé un bâillement intermédiaire, qui forme l'Iran et une partie de l'Afghanistan, comme l'Elbourz allait se raccorder au prolongement du Caucase dans l'Hindou-Kouch après avoir laissé dans l'intervalle la dépression de la Caspienne méridionale. Nous négligerons ici tout ce système de chaînes méridionales pour n'envisager que les chaînes plus septentrionales dans la région compliquée du Turkestan russe[1].

[1] Voir fig. 59 et 60 et pl. II. — 1878. J. Mouchkétov. *Les Richesses minérales*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A l'Ouest, le prolongement de ces chaînes est assez difficile à suivre à travers les plaines du Touran et les déserts que forment, avant

du Turkestan Russe, 32 pages in-4° avec carte géologique et bibl. antér., p. 1. (Paris, imprimerie Arnous de Rivière). — 1880. J. Mouchkétov. *Expédition géologique au glacier du Zaravchan* (en russe) (Soc. Imp. Russe de Géogr., t. 17, p. 79-103. avec 2 cartes). — 1880-1890. Romanowsky. *Matériaux pour la Géologie du Turkestan*, in-4° St-Pétersbourg (1re livraison en allemand, livraisons 2 et 3 en russe). — 1883. A. Karpinsky. *Sur les couches permo-carbonifères du Darwaz* (Soc. Min. russe, t. 18, p. 212-220). — 1881. Romanowsky. *La formation lignitifère de Sarvadane* (en Russe). — 1882. Romanowsky. *L'étage de Fergauah et ses caractères paléontologiques* (Soc. Min. (2), t. XVII. en russe). — 1884. Ivanov. *Voyage au Pamir* (en russe (Ivieztica Soc. Imp. Russe de Géogr., t. 20). — 1886. Ivanov. *Aperçu des observations géologiques faites au Pamir* (en russe). (Comptes-rendus de la Soc. Minéralog. russe, 2e série, t. 22, p. 257). — 1886. J.-V. Mouchkétov. *Le Turkestan* (en russe), in-8° St-Pétersbourg. T. I, Turkestan. Description géologique et orographique basée sur les données recueillies de 1874 à 1880, avec carte géol. d'ensemble au 1/4.200.000e. Voir encore carte géologique en 6 feuilles au 1/1.260.000e de Romanovsky et Mouchkétov. — 1887, F. Toula. *Géologische Skizze von Turan nach Muschketow* (Deutsche Rundschau für Geogr. u. Stat, t. 9, fasc. 9). — 1887. L. de Loczy. *Ueber die geologischen Verhältnisse des Turaner oder Aralo-Kaspischen Beckens* (Földtani Közlöny, t. 16). — 1887. Obrontchev. *Compte rendu préliminaire sur les rech. géol. dans le district Transcaspien* (en russe, avec résumé fr.). (Bul. Com. géol., t. 6, p. 155-224). — 1887. K. Bogdanovitch. *Compte-rendu préliminaires sur les recherches oro-géologiquss dans la partie montagneuse de la région transcaspienne et des provinces boréales de la Perse* (russe, avec résumé fr. Bull. Com. géol. St-Pétersbourg, t. 6. p. 64-104, traduction allem. partielle par G. Radde. Pet. Mitt. Ergänzungsheft, no 126, 1898). — 1888. Andrussow. *Ein kurzer Bericht über die im Jahre* 1887 *im transkaspischen Gebiet ausgeführten geol. Untersuch.* (Jahrb. K. k. Geol. Reichs., t. 38, p. 265-280). — 1889. Bogdanovitch. *Note sur la Géologie de l'Asie Centrale* (russe, avec résumé fr.). (Soc. minér. russe, 2e sér., t. 26, p. 1-192). — 1889. V. Obroutchev. *Les gisements de graphite et de béryl des Monts Kara-Tioubé près de Samarkand* (russe). (Soc minér. russe, 2e sér., t. 25, p. 59-66). — 1889. Obroutchev. *Rapport préliminaire sur les obser. géol. faites en Boukharie et dans le district du Zaravchan* (Matér. pour la Géol. de la Russie, t. 13, p. 165-184). — 1889. S. Nikitin. *Notes sur les dépôts jurassiques de l'Himalaya et de l'Asie Centrale* (russe, avec résumé fr. Bull. Comité Géol., t. 8, p. 83). — 1890. Mouchketov et Romanovsky. *Matériaux pour la géologie du Turkestan* (russe), in-4°, St-Pétersbourg. — 1891. V. Mouchkétov. *Aperçu de la Constitution géologique du territoire transcaspien* (Soc. minér. Russe, 2e sér., t. 28, p. 391-429, avec carte géol.). — 1894. Éd. Suess. *Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens.* — 1898. A. Bittner. *Ueber von Dr A. v. Krafft aus Bokhara mitgebrachte jüngpaleozoische und alttriadische Vertseinerungen* (Jahrb. K. K. Geol. Reichs., t. 48, p. 700-718). — 1899. G. Boehm. (Z. d. d. G. G., t. 51). — 1899. Dr Alb. v. Krafft. *Mittheilungen über das Ost-Bokharische Gold Gebiet* (Z. f. pr. Geol., p. 37 à 43). — 1900 Dr Alb. v. Krafft. *Geol. Ergebnisse einer Reise durch das Chanat Bokhara* (Ac. des Sc. d'Autriche, t. 70, p. 49 à 72, avec 6 pl.) — 1900. W. Rickmers. (Bremer Geogr. Blatten, t. XXII, fas. 2). — 1897-1902. Suess. T. I, p. 610 à 621, t. III, ch. 7, p. 355 à 415. *L'arc de Yarkend, l'Iran et le Touran.* — 1902. Levat. *Not. géol. sur les richesses minérales de la Boukharie et du Turkestan* (B. S. G. F., 4e sér., t. II, p. 439), avec *note paléontologique*, par H. Douillé. — 1902. E.-D. Levat. *Turkestan et Boukharie* (Mém. Soc. Ing. civils, sept. 42 p. in-8° et 2 pl.). — 1903. E.-D. Levat. *Richesses minérales des possessions russes en Asie Centrale* (Ann. d. M., 174 p. et 5 pl.). — 1905. Raphael Pumpelly. *Explorations in Turkestan, with an Account of the Basin of Eastern Persia and Sistan.* Washington. Inst. Carnegie, 1 vol. in-4° de 324 p. avec bibl. antér. (exclusivement anglaise), relative au Beloutchistan, à l'Afghanistan, à la Perse. — 1906. I.-V. Mouchkétov. *Le Turkestan.* Description géologique et orographique d'après des notes recueillies de 1874 à 1888 (en russe). St-Pétersbourg, t. II, p. 261 à 297, sur les gîtes métallifères.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'arriver à la mer d'Aral, les bassins de l'Amou-Daria et du Syr-Daria[1]. Le Sultan-uis-dagh au Sud de la mer d'Aral et le Noura-tau entre Samarkande et Tachkent semblent les tronçons d'une chaîne qui se continuerait par les chaînes du système de l'Alai et rejoindrait le Tien-chan. Une autre chaîne assez continue semble former le Karatau à l'Est du Syr-Daria et rejoindre l'Ala-tau entre Vierny et l'Issykkoul. Plus au Nord, on arrive vite à la région où les plis tertiaires s'arrêtent en s'affaiblissant peu à peu et où des terrains crétacés et tertiaires horizontaux reposent sur des soubassements paléozoïques plissés à l'époque hercynienne : autrement dit, aux chaînes de l'Oural et de la steppe Kirghise, que nous avons étudiées précédemment[2]. Au Sud, au contraire, toute la région du Ferghana et de la Boukharie, qui nous intéresse en ce moment par ses gîtes métallifères, présente le conflit de deux directions à 120° : l'une Nord-Est comme dans le Beloutchistan, l'autre à peu près Est-Ouest ou plutôt E.N.W. suivant la direction dominante dans toute cette partie de l'Asie centrale. La première direction plus localisée, qui paraît devoir être attribuée à la pression exercée à longue distance par le compartiment solide de la péninsule indoue et par son entrée en coin dans les plis si caractéristiques du Béloutchistan, a dû contribuer à des dislocations métallisées qui semblent présenter un certain développement en Boukharie.

Si nous résumons maintenant l'histoire de la série stratigraphique en Turkestan russe, voici ce que nous rencontrons, d'après les travaux de Bogdanovitch, von Krafft, Levat, etc.

Tout d'abord, à la base, nous avons une série primaire ou cristalline de micaschistes, schistes talqueux, gneiss et granites, formant l'ossature principale du Pamir, de l'Alaï, du Darvas, etc. Des terrains paléozoïques anciens d'âge indéterminé y apparaissent recouverts en concordance approximative par du carbonifère supérieur marin à fusulines, auquel succède une série permo-carbonifère de calcaires marneux, schistes, etc... avec intercalations de tufs diabasiques : puis du werfénien représenté, dans le Darvas, par des grès calcaires, argiles salifères et tufs de diabases. Au trias sont superposés directement les terrains crétacés, plissés comme les terrains précédents, dont l'ordre de superposition paraît pouvoir être rétabli de la manière suivante de haut en bas :

1° Conglomérats aurifères passant à des grès vers la base, rattachés comme nous le verrons, sans preuve à l'éocène et pouvant être plus récents;

2° Gres et marnes bariolées avec gypse et sel, d'âge tertiaire indéterminé, peut-être à identifier avec le schlier (crétacé de M. Levat);

3° Etage du Ferghana, composé de calcaires et de marnes avec Os. Estherazyi; lutétien (44), rattaché à tort par Romanovsky au crétacé supérieur;

[1] Voir fig. 59.

[2] Ch. XII, p. 224.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

4° Couches à Ostracées avec lignites (campanien, sénonien sup. 39) et parfois avec marnes gypseuses ;

5° Couches à Rudistes à l'Est de Samarkande, craie supérieure et craie inférieure du bassin de l'Amou-Daria ;

6° Couches infra-liasiques à lignites.

Toute la série stratigraphique de cette région a été plissée à l'époque tertiaire, parfois jusqu'au renversement.

Combustibles du Turkestan. — Dans cette série, les termes qui nous intéressent sont les couches à combustibles et les conglomérats aurifères : ces derniers devant être étudiés au ch. XXVI. Nous commencerons, en suivant l'ordre chronologique, par les combustibles rhétiens (20) rencontrés aux environs de Samarkande et décrits en 1879 par G. D. Romanovsky[1].

Près de Sarvadane, à 160 km. W.S.W. de Samar, on a trouvé de minces couches charbonneuses n'atteignant pas 0,90 de puissance dans un système de grès et schistes superposés à une masse de poudingues, reposant sur des quartzites et schistes très cristallins, et recouvert lui-même par le crétacé peu incliné[2]. Cette série charbonneuse infra-jurassique, qui est à rapprocher de celle de l'Angara, paraît se continuer le long du Tien-chan, en territoire chinois, à Kouldja, Ouroumtchi, Tourfan, Koutchi, etc[3].

La série charbonneuse du sénonien supérieur, ou campanien (39), est synchronique avec celles que l'on rencontre en divers points de l'Europe orientale, dans le Salzkammergut, dans les monts Bakony (près du lac Balaton) et que j'ai moi-même étudiée en Bulgarie[4]. Elle représente des remplissages de bassins lacustres que l'on trouve en divers points du Ferghana, sur les deux flancs de la vallée du Syr-Daria, notamment dans le Sud, à Oucht-Kourgan (35 km. Sud-Est de Margellan)[5] et, un peu plus à l'Ouest, vers Makhram et Khilkova, ou, au contraire, au Nord d'Andidjan.

Les charbons d'*Oucht-Kourgan* sont des lignites flambants, souvent pyriteux et, par suite, susceptibles d'inflammations spontanées, dont la teneur en carbone fixe varie de 40 à 45 et dont le pouvoir calorifique est en moyenne de 4.500 calories. L'épaisseur du charbon utile est,

[1] Voir pl. IX, Carte des directions tectoniques de l'Asie Centrale.

[2] Levat. *Loc. cit.*, p. 294.

[3] On sait comment les incendies spontanés de semblables houilles ont fait supposer par de Humboldt l'existence d'une série de volcans dans le Tien-chan et comment, inversement, la réaction contre cette erreur a amené Suess à méconnaître l'existence des véritables volcans de l'Asie Centrale, très nombreux dans le Tibet (I, 615).

[4] *La formation charbonneuse supracrétacée des Balkans*, avec *annexe paléontologique*, par MM. Douvillé et Zeiller (Ann. d. Mines, mars 1905, Cf. Levat. *loc. cit.*, p. 271 à 299.

[5] Voir fig. 60.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'après M. Levat, de 10 m. La série charbonneuse comprend des schistes, grès et conglomérats, au-dessus desquels arrivent vite des gypses avec marnes à fossiles campaniens.

Tien-chan. — Le Tien-chan commence immédiatement à l'Est du Ferghana pour se prolonger loin, dans le territoire chinois, entre la Dzoungarie et le Tarim. La géologie de cette région comprend, d'après Mouchkétov, des terrains paléozoïques plissés (carbonifère inclus) avec des terrains secondaires et tertiaires (depuis le trias) discordants au dessus. Le jurassique renferme d'assez nombreux combustibles déjà signalés à Kouldja, Ouroumtchi, Kou-tchöng, Tourfan, etc. Des roches massives d'âge divers apparaissent au milieu des terrains, surtout sur le versant Nord qui est le versant abrupt. Du côté Sud, ces roches comprennent des épanchements tertiaires de basaltes, etc. Il existe, d'ailleurs, sur ce flanc Sud, une dépression longitudinale de 500 km. de long allant du Louktchoun à Hami, dont le fond s'abaisse à 70 m. au-dessous du niveau de la mer et une fosse analogue va de l'Alakoul à l'Ebi-nor transversalement à la chaîne. On a donc les preuves incontestables de dislocations tertiaires, superposées à des plissements hercyniens de sens Nord-Est : dislocations accompagnées de divers mouvements (peut-être pas encore achevés) qui ont donné naissance à des plissements transversaux orientés Nord-Ouest.

Ce sont des conditions rappelant un peu ce que nous avons trouvé dans le Sud-Est de la Transbaïkalie, mais avec une accentuation des mouvements tertiaires qui conduit à distinguer le Tien-chan des véritables chaînes hercyniennes situées plus au Nord. Dans cette région si peu connue, on n'a guère signalé comme métaux qu'un peu d'or vers Sandchi, au Sud-Ouest d Ouroumtchi.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XV

GÉOLOGIE DE LA MER ÉGÉE

Ce chapitre sera consacré à exposer sommairement la constitution de l'Égéide. Nous y laisserons bien entendu, de côté, ce qui concerne la Turquie d'Europe et la Grèce continentale. Mais, sauf à encourir le reproche de dépasser les limites précises de notre sujet, nous y décrirons très brièvement les îles qui constituent le lien naturel entre l'Europe et l'Asie, de même qu'à l'autre extrémité de l'Asie, nous nous croirons autorisés, plus tard, à poursuivre nos investigations jusque dans l'Insulinde.

Ce n'est pas par hasard que nous rapprochons ainsi l'une de l'autre ces deux régions situées aux extrémités opposées de l'Asie. Il y a, entre leurs deux structures très compliquées, où les dislocations et les effondrements se superposent de même aux plissements, un rapport que nous nous efforcerons de faire ressortir et la mer Égée va nous présenter une sorte de schéma très restreint de ces phénomènes, qu'il ne sera pas inutile d'avoir présent à l'esprit pour envisager dans la suite le domaine, tellement plus vaste, de l'Insulinde.

Pour des raisons politiques, sur lesquelles j'insisterai au chapitre XVI, il est malheureusement toute une partie de cette région si intéressante qui est fort mal connue : celle qui se trouve appartenir encore à la Turquie. J'ai essayé autrefois de combler tant bien que mal une partie de cette lacune par des explorations, aux résultats desquelles seront empruntées la plupart des observations suivantes[1]. Les îles grecques ont pu, au contraire, être bien étudiées dans ces dernières années et, pour le prolongement des zones tectoniques dans la Grèce continentale, Philippson a donné une bonne carte d'ensemble qui éclaire, par continuité, certains points du domaine insulaire.

Souvent, il faut le dire de suite, dans cet ensemble Égéen, on se heurte, en dehors de toutes les difficultés introduites par le morcellement en innombrables îles d'une région déjà fort compliquée par elle-

[1] On trouvera cet essai de coordination, nécessairement très imparfait, dans le mémoire suivant. *Etudes géologiques sur la mer Egée. La géologie des îles de Mételin, Lemnos et Thasos* (Annales des Mines, 1er avril 1898, 164 p. et 4 pl., avec bibliographie par ordre de date de la mer Egée et des régions avoisinantes).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

même, à la très grave question du métamorphisme. Il est, dès à présent, certain que, ici comme dans les Alpes, des terrains d'âges tout à fait divers ont pris, par un analogue retour en profondeur, des aspects identiques, et l'on en est réduit, pour l'âge de certains calcaires cristallins, où toute trace de fossilisation a disparu (en même temps que les renversements et charriages entrevus paralysent l'œuvre de la stratigraphie), à hésiter entre le cambrien ou le silurien et le crétacé. Des difficultés pareilles se présentent pour les masses serpentineuses, dont le rôle dans les métallisations est si capital.

Heureusement pour notre étude, nous avons déjà eu mainte occasion de remarquer que, dans les formations métallogéniques, l'âge réel des terrains importe relativement peu; ce qui joue un rôle essentiel, ce sont les retours en profondeur plus ou moins prononcés subis par ceux-ci, et c'est seulement en ayant facilité plus ou moins ces retours en profondeur que l'âge absolu se trouve d'ordinaire intervenir. Il est donc, jusqu'à un certain point, possible de négliger l'âge réel de terrains métamorphisés comme ceux du Laurion, de Sériphos ou de Thasos; le fait qu'ils ont subi un métamorphisme susceptible de leur donner une apparence de terrains primitifs, a eu pour effet d'y développer des minerais analogues à ceux que l'on trouve dans les terrains véritablement primaires, bien que le phénomène se soit peut-être produit ici à une époque très récente.

Cette restriction faite, si nous essayons de figurer, en une sorte de raccourci sommaire, les résultats obtenus dans les études sur la mer Égée, on peut en tracer une carte tectonique analogue à notre figure 7, où nous avons essayé de combiner nos propres travaux avec les synthèses de Philippson.

Sur cette carte, sont figurées les principales zones de gneiss et schistes cristallins (ζ,x) et, d'autre part, les zones de flysch (f), qui sont de précieux jalons pour suivre la continuité des plissements tertiaires. Nous y avons représenté les directions générales de plissements et les lignes de dislocation, et, quitte à produire quelque confusion apparente dans la figure, nous nous sommes attachés en même temps à faire ressortir graphiquement les dépressions marines.

C'est, en effet, à notre avis, une cause d'erreur fréquente, quand on veut étudier le modelé du sol et « comprendre » la stucture de la terre, de s'en tenir à cette ligne de niveau purement accidentelle que dessine, sur nos cartes, avec une importance très exagérée, le niveau actuel de la mer. Et il y a souvent avantage à envisager de préférence d'autres courbes de niveau choisies plus volontairement, telles que celles dessinées par certaines zones de profondeur marines. On voit alors apparaître nettement des crêtes orographiques qui, pour être partiellement submergées sous une faible profondeur d'eau, se trouvaient autrement négligées.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La complication de la mer Égée tient (nous l'avons déjà annoncé en passant) à ce qu'elle a été modelée par deux ordres de phénomènes

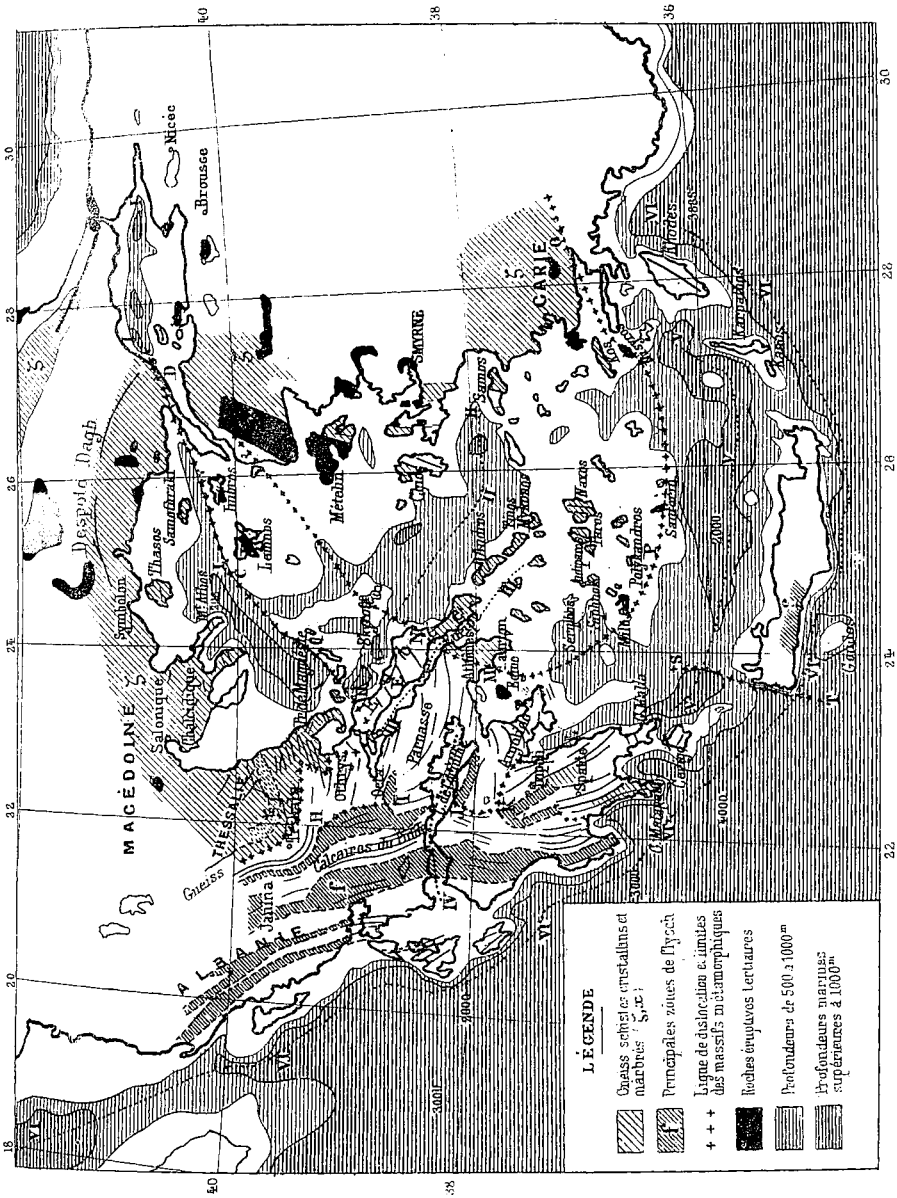


Fig. 7. — Carte tectonique de la mer Égée. (Échelle au 1 : 7.400.000.) On a mis en évidence les zones de flysch, les zones de terrains cristallins et les principales lignes de dislocation. A l'Ouest de la dislocation Nord-Sud HJIK, les zones de flysch et de terrains antérieurs sont en conformité. A l'Est, il y a marqueterie de compartiments à directions différentes, comme cela se produit dans les gneiss, avec introduction locale des zones de flysch comme à Lemnos.

indépendants et qui se sont trouvés ici discordants : d'abord des plissements de divers âges, puis des effondrements. Ailleurs il est arrivé, dans des régions plus simples, où les premières directions d'accidents

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avaient été plus uniformes, que les plissements récents se sont, en quelque sorte, superposés aux mouvements plus anciens dont ils épousaient la direction générale sous forme de coulisses longitudinales. Certaines parties de l'Asie centrale semblent, autant qu'on les connaît, se présenter dans ces conditions. Ici, au contraire, les plissements récents se sont trouvés en présence d'un continent hétérogène, qui sans doute avait déjà témoigné antérieurement la tendance à se morceler, si fort accusée dans la suite ; et nous avons, dès lors, une excellente occasion d'étudier ce qui se passe en pareil cas pour les mouvements orogéniques.

Si l'on cherche une comparaison dans les accidents plus simples qui produisent les filons métallifères, on peut dire que les directions des plis récents, tout en étant, dans le principe, transversales aux plis anciens suivant le sens de l'effort qui les provoque, ont ici une tendance à s'insinuer entre les anciens plis toutes les fois que l'occasion s'en présente. Il en résulte des chaînes plissées, divergentes sur la direction principale et dont l'anomalie étonne d'abord. Ces chaînes correspondent de préférence à des disjonctions des anciens massifs, à des coulisses, suivant lesquelles avait pu commencer un travail de sédimentation qui est le prélude des plissements. Souvent elles ont été suivies, pour la même cause, par des accidents éruptifs qui en jalonnent la direction. Nous trouverons, par exemple, plus tard, un cas typique et colossal de ce genre de phénomènes en suivant la chaîne tertiaire birmane avec les alignements volcaniques de Sumatra et Java. Dans la Mer Egée, nous observons le phénomène en très petit pour la zone de la Crète et de Rhodes, que suit au Nord l'axe éruptif de Santorin, et, avec moins de netteté, pour la zone de flysch de Lemnos, le long de laquelle apparaissent des roches éruptives de la fin du tertiaire, ou encore pour les zones de flysch Est-Ouest qui s'amorcent dans les régions de l'Othrys, de l'OEta et de l'Argolide.

L'intelligence complète de cette tectonique exigerait, avant tout, la connaissance et la distinction des divers événements qui y ont superposé leur empreinte et que l'on a souvent trop de tendance à considérer comme formant un ensemble unique sans remonter à leurs causes premières. Or, dans l'histoire de la Grèce, on trouve d'abord, entre les terrains cristallins et le trias marin, une première lacune avec discordance, puis une seconde discordance entre le trias et le tithonique, une discordance encore entre les calcaires crétacés et les grès et schistes du flysch, enfin un plissement postérieur au flysch et une série de dislocations avec effondrements ayant commencé dans le pliocène pour se continuer jusqu'à nos jours. De ces mouvements successifs, nous ne retiendrons que les plus récents. Il suffira de dire que les plus anciens, à savoir ceux qui ont précédé le flysch de la fin du tertiaire, ont eu pour effet de laisser un ensemble hétérogène, dont les directions, tout en gardant un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

certain parallélisme général, sont pourtant fréquemment changeantes d'un point à l'autre, ainsi qu'on l'observe dans tous les massifs primaires (contrairement à la régularité fréquente des zones de plissements récents). En outre, dans ces parties anciennes, les discordances se sont souvent trouvées mécaniquement effacées et l'on observe, en bien des points, une concordance locale : par exemple entre les directions des terrains cristallins et celles du crétacé authentique non métamorphique de l'Eubée ou du Péloponèse.

Si nous envisageons donc les zones de flysch, assez faciles à suivre en raison de leur aspect caractéristique, on voit aussitôt s'accuser, entre l'Ouest de la Grèce et la région Est prolongée dans la mer Egée, une démarcation singulièrement nette, ayant pour effet de juxtaposer brusquement, suivant une ligne de cassure HIJKL, des directions de terrains presque perpendiculaires, correspondant à deux pays tout à fait distincts. Le groupe de l'Ouest ne nous intéresse pas ici. C'est le plus simple. Il est formé de bandes régulièrement alignées N.W. — S.E, commençant à l'Est par la zone des calcaires du Pinde intercalée entre deux bandes de flysch et se continuant par des zones semblables jusqu'à la mer Adriatique dont la côte les coupe en biseau. C'est à proprement parler ce qu'on a appelé les Dinarides. La région de l'Est, que l'on a rattachée aussi partiellement aux Dinarides, et, pour une autre partie, aux Taurides, mérite d'être envisagée séparément comme un groupe tout à fait distinct. Elle présente, le long de la démarcation, des directions perpendiculaires aux précédentes E.N.E, E.W ou E.S.E, qui, dans l'Est de la mer Égée, s'infléchissent d'ordinaire vers le Nord-Est.

Quand on remonte au Nord jusqu'à la chaîne de plissement tertiaire de Balkans[1], on trouve un exemple de ces régions à plissements simples, ayant gardé d'âge en âge à peu près la même direction et également parallèles aux effondrements qui les ont suivis, que je mettais tout à l'heure en contraste avec la complication Égéenne. Les Balkans, que l'on peut aisément raccorder, tant avec les Carpathes qu'avec le Caucase, ont subi bien des mouvements successifs avant les grands plissements antérieurs et postérieurs au flysch éocène. Mais, d'une façon générale, ils ont gardé, pendant leurs périodes d'immersion, le caractère d'un synclinal peu profond à dépôts terrigènes analogues, dont les directions de plissement ont concordé. Et c'est encore parallèlement à l'axe de la chaîne que se sont produits, avant l'époque néogène, des effondrements jalonnés par des roches éruptives, dont le plus caractéristique occupe la plaine de Sophia.

Au Sud des Balkans vient le grand massif cristallin de la Macédoine, dont la pression latérale a déterminé le plissement de la chaîne balka-

[1] L. De Launay. *La formation charbonneuse supracrétacée des Balkans* (Annales des Mines, mars 1905). *L'hydrologie de la Dobroudja bulgare* (Annales des Mines).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nique. Et c'est le prolongement de ce massif sur l'emplacement de l'Archipel, qui, morcelé, traversé par des zones de sédiments plissés, a donné lieu à la structure de cet ensemble. Nous avons, sur notre figure 7, indiqué les limites des débris disjoints qui représentent aujourd'hui ce massif. Leurs directions ont été, en même temps, tracées. Mais, suivant une remarque précédente, dans ces massifs cristallins, dont l'aspect même prouve qu'ils ont subi un retour en profondeur avec mouvements dynamiques, il n'est pas possible d'attacher aux directions locales, qui changent fréquemment, l'importance qu'elles prennent dans des chaînes plus récentes. Les changements de direction sont constants, par exemple, dans la Chalcidique ou dans le promontoire de Magnésie ; ils sont également fréquents dans le Despoto-Dagh.

Sous ces réserves, on peut distinguer trois massifs cristallins principaux, mis en évidence sur la figure 7 par le même grisé (ζ, α).

Au Nord, celui de la Macédoine et de la Chalcidique comprend, comme annexes, la Thessalie, le massif de l'Othrys et le Nord de l'Eubée, puis Thasos et Samothraki. On peut dire que, dans toute la région égéenne, les directions y tendent vers l'Est-Ouest ou le Nord-Est, particulièrement curieuses à noter dans les trois pointes de la Chalcidique dont l'allongement leur est perpendiculaire. Vers le Nord-Ouest, les directions reprennent le sens N.N.W des Dinarides. Dans le Nord-Est, elles semblent s'incurver vers la direction Nord-Ouest des terrains anciens du Bosphore.

Un second massif relie manifestement l'Attique, le Sud de l'Eubée et le socle à peine submergé, sur lequel sont éparses les pointes des Cyclades. Ici les directions moyennes oscillent beaucoup plus uniformément entre le Nord-Est et le N. N. E.. Au Sud, ce massif comprend des zones anciennes qu'on retrouve dans les deux îles volcaniques de Milos et de Santorin.

Enfin, un troisième massif peut être représenté par les phyllades du Péloponèse et ceux que l'on retrouve dans le Nord de Cérigo. Une partie de ces terrains est dirigée N. N. E. comme les Dinarides; mais, vers la pointe du cap Malia et à Cérigo, les directions sont Nord-Est. Pour nous, ce sont ces massifs, dont la division est antérieure au flysch crétacé-éocène, qui ont imprimé leur allure aux derniers plissements. C'est ce que nous allons voir en parcourant successivement du Nord au Sud les divers thalwegs que l'on constate dans les fonds marins et en en cherchant l'origine.

Un premier thalweg (I), dessiné d'une manière remarquable par des fosses rectilignes de plus de 1.000 m., suit la bordure Sud du premier massif ancien macédonien, avec une dénivellation qui apparaît considérable si l'on remarque que le mont Athos se dresse brusquement à 2.116 m., au dessus d'une fosse de 1.038, soit 3.154 m. de chute.

Ce thalweg se prolonge, à travers la mer de Marmara, jusque dans le golfe d'Ismid. Sa direction est conforme à celle des plissements du ter-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rain ancien. Elle est à peu près parallèle à la réapparition plus méridionale en M N D du second massif ancien, avec une légère déviation qui se retrouve dans les terrains de ce massif. Il semble donc que l'on ait là, soit un synclinal des terrains cristallins, soit une coulisse d'effondrement parallèle à leur direction.

C'est suivant ce synclinal que s'intercale une zone de calcaires crétacés et de tertiaire, avec terrains de flysch au Sud-Ouest de l'OEta, en Eubée et à Lemnos. Les directions de ces terrains épousent bien celles des massifs anciens à peu près parallèles, entre lesquels ils s'intercalent et forment une sorte d'anticlinal, tellement défiguré par les effondrements ultérieurs qu'on a peine à le reconnaître.

Une seconde fosse marine (II) se présente dans des conditions toutes différentes au N. E. de l'Eubée et des Cyclades, avec une direction orthogonale sur la précédente. Ici, il n'y a plus à parler de synclinal ancien. On a visiblement un effondrement, partout perpendiculaire aux directions de plis locales. Cette dislocation est parallèle aux cassures qui séparent entre elles les trois pointes de la Chalcidique, parallèle aussi au canal de l'Euripe entre l'Eubée et le continent (III-III), où s'accuse bien le même caractère de fracture transversale aux plis.

C'est encore à une fracture transversale du même genre qu'on doit attribuer, dans sa partie occidentale, la fosse du golfe de Corinthe (IV), perpendiculaire à tous les plis dinariques. Pour le fond Est du golfe, le caractère de fracture est moins net. Il semble même que le golfe épouse ici la direction des plis. On aurait ainsi un exemple de fracture déviée dans le sens des plis, comme nous l'avons supposé pour le premier de nos sillons marins (I-I-I).

Le sillon V est encore remarquablement net. Il s'intercale entre la Crète qui forme anticlinal et le massif ancien des Cyclades, dont la brisure l'a, suivant nous, provoqué. Cette brisure est caractéristique à tous égards. En même temps qu'elle limite le massif ancien, elle est jalonnée par des éruptions volcaniques Égine, Métana, Milos, Santorin, Nisyros, etc., qui forment la terminaison des manifestations éruptives tertiaires, si fréquentes plus au Nord, absentes plus au Sud. Elle commence les profondeurs marines qui dépassent 2.000 m. au Nord de la Crète. Enfin, nous savons qu'elle a formé rivage à l'époque sicilienne (pliocène, 56). C'est à ce moment qu'elle a dû se produire, amenant l'invasion de la mer dans toute la région située au Sud.

Enfin un dernier sillon d'affaissement (VI) suit au Sud la côte de Crète, Kasos, Karpathos et Rhodes et, en s'incurvant des deux côtés, va former la côte Ouest de Grèce. Celui-ci, tout en étant presque constamment légèrement oblique sur les directions locales de plis, en épouse pourtant l'allure générale dans son ensemble. Des cassures perpendiculaires le recoupent, dont l'une ST limite la Crète à l'Ouest contre un brusque fond de 1.000 et 2.000 m. et dont l'autre, plus à l'Est, produit

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le redent de la côte Sud, avec l'émersion de la petite île de Gaudos.

En résumé, nous avons donc un massif cristallin qui s'est tronçonné à diverses époques, notamment pendant les mouvements antérieurs au flysch. Il est possible que certaines de ces cassures aient formé synclinaux pour les dépôts du flysch. En tout cas, quand ceux-ci se sont plissés, il y a eu certains de leurs plis introduits dans ces cassures, comme celui de Lemnos ou comme les amorces Est-Ouest de l'Othrys, de l'Œta, du Nord-Est du Péloponèse. D'autres se sont accolés sur la bordure extérieure de cet ensemble de massifs, soit au Sud dans la zone de la Crète, soit à l'Ouest dans celle du Pinde et de l'Albanie. Enfin, ultérieurement, sont venus les effondrements. De ceux-ci, les uns ont suivi les limites naturelles formées par la bordure Sud du massif primitif des Cyclades ou de celui de Macédoine, (tous deux nous l'avons vu, antérieurement préparés et suivis par des plis du flysch auxquels ils se sont donc conformés : les autres ont pris une direction nettement orthogonale, comme les fosses II, III, IV entre les pointes de la Chalcidique et la fracture ST en Eubée.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XVI

GÉOLOGIE DE L'ASIE MINEURE, DE L'ARMÉNIE, DE LA PERSE. COMBUSTIBLES

Préambule. — La première partie de ce chapitre sera consacrée à l'Asie Mineure proprement dite; la seconde à l'Arménie et à la Perse.

L'exploration scientifique de la Turquie, aussi bien en Asie qu'en Europe, n'a pu, jusqu'ici, être entreprise que par des voyageurs de passage, obligés de lutter sans cesse contre le mauvais vouloir des autorités. A peine si ces rigueurs se sont trouvées adoucies, depuis vingt ans, par suite des alliances politiques, pour certains officiers ou géographes allemands qui, sous le sultan Abdul Hamid, avaient pris l'habitude de considérer la Turquie comme une terre conquise ou encore, par une raison analogue, pour quelques missions autrichiennes. C'est assez dire combien l'Asie Mineure est ignorée. Et pourtant nous aurions un intérêt de premier ordre à la connaître à fond. Elle forme le prolongement direct de l'Europe; son passé la relie à nous, de toutes façons, par les liens les plus intimes; enfin ses richesses minérales, qui furent

[1] Voir la Pl. VI, Carte géographique de l'Arménie, et la figure 62. On trouvera la bibliographie des gîtes métallifères aux ch. XXVII et XXVIII. Dans la bibliographie générale de l'Asie Mineure, il faut surtout mentionner. — 1842. HAMILTON. *Researches in Asia Minor* (London, 1842; trad. allem. Leipzig). — 1851. VIQUESNEL. *Lettre sur les environs de Constantinople* (B. S. G. F., 2e sér., t. VIII, p. 508 à 516). — 1857. SPRATT. *On the freshwater deposits of the Levant* (Quart. Journ. geol. Soc., t. XIV, p. 212). — 1864. TCHIHATCHEFF. *Le Bosphore et Constantinople* (Paris). — 1867-69. TCHIHATCHEFF. *Géologie de l'Asie Mineure* (Paris, Morgand), 3 vol. in-8° avec carte géologique en couleurs. — 1876. A. BITTNER, M. NEUMAYR et F. TELLER. *Geologische Arbeiten in Orient* (Verhand. der geol. Reichsanstalt, p. 217). — 1893. NAUMANN. *Vom Goldnen Horn zu den Quellen des Euphrat* (Leipzig). — 1896. NAUMANN. *Die Grundlinien Anatoliens* (Geogr. Zeitschrift d'Hettner, II, 7, 25; avec carte d'ensemble reproduite dans Suess, *loc. cit.*, III, p 447). On peut suivre, sur cette carte, la discussion suivante. Je n'ai pas cru devoir en reproduire, sur la figure 62, les arcs plissés qui me semblent extrêmement discutables. — Cf. SUESS, *loc. cit.*, I, 655 à 662, III, 416. — TOULA. *Eine geologische Reise nach Kleinasien* (N. J. f. Min. Stuttgart, p. 63-71).

Nous aurons l'occasion de citer plus loin tous les autres ouvrages de détail.

Comme document cartographique, on peut maintenant consulter la carte d'Asie Mineure au 400.000e en 24 feuilles par R. KIEPERT, achevée en 1909, ou les cartes de détail antérieures, notamment la carte au 250.000e en quinze feuilles de la partie occidentale. Comme carte géologique, on n'a toujours d'autre document général que la carte de TCHIHATCHEF (1869), ou, pour l'Arménie, la carte de M. OSWALD.

UNIVERSITÉ DE PARIS

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fameuses, peuvent nous réserver encore d'heureuses surprises. Peut-être verrons-nous peu à peu cet état de choses se modifier par l'établissement progressif d'un régime plus civilisé, qui, pourtant, il ne faut pas se le dissimuler, aura encore longtemps à lutter, dans les pays asiatiques, contre les habitudes enracinées de tous les éléments administratifs et parfois de la population même. En attendant, il va nous falloir bientôt attaquer ici notre travail de coordination métallogénique dans les conditions les plus décourageantes, devant un manque presque absolu de documents sérieux, en utilisant des notes sommaires, prises à la hâte par l'un ou l'autre et presque toujours incontrôlables, sur les affleurements de gisements inexploités, ou sur quelques rares mines, dont l'exploitation a pu être commencée dans les conditions bizarres et précaires qui ont toujours régi l'industrie des mines en Turquie.

Nous avons donc moins d'intérêt ici qu'ailleurs à insister sur des conditions tectoniques, elles-mêmes fort mal connues et dont il est bien prématuré de vouloir établir le lien avec la métallogénie. Ce chapitre ne fera, dès lors, que résumer certaines notions générales, en insistant sur les minéraux utiles renfermés par les terrains sédimentaires : notamment sur la houille.

Suivant la remarque précédente, il ne faut pas exiger grande précision quant il s'agit de la géologie en Asie Mineure. Comme travail d'ensemble sur cette région, le document principal reste toujours la carte de Tchihatcheff, qui est, malgré son mérite connu, à reviser presque sur tous les points et dans laquelle notamment le côté tectonique est tout à fait laissé de côté. Une mise au point plus récente, souvent citée, est celle de Naumann : travail qui, l'auteur lui-même a soin de le dire, fait pour la grande partie de seconde main, ne doit être accepté que sous toutes réserves. Tout le reste doit être glané dans de très sommaires monographies. En ce qui concerne l'Arménie, notre meilleure source de documentation sera une carte récente de Félix Oswald.

En deux mots, nous dirons plus tard comment les minerais de l'Asie Mineure, là où ils présentent un caractère filonien, nous semblent généralement d'âge tertiaire. C'est du reste, une remarque générale (conforme à notre idée sur la zone relativement limitée en profondeur, dans laquelle nous semblent s'être produites les incrustations filoniennes) que la majeure partie des filons proprement dits du monde entier sont d'un âge relativement récent, comme la presque totalité des sources thermales se trouve dans les régions influencées par les derniers mouvements tertiaires. Si nous voulons établir un lien d'ensemble entre la tectonique et la métallogénie de l'Asie Mineure, nous arrivons à cette autre conclusion d'ensemble que les minerais sont associés avec les fractures plutôt qu'avec les plissements et, notamment, avec ces zones fracturées où se manifestent des roches volcaniques ayant déjà un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

caractère relatif de profondeur. Nous aurons également quelques mots à dire sur un rapport possible de certains gisements avec des phénomènes de charriage, encore à peine soupçonnés.

Tectonique générale de l'Asie Mineure[1]. — La tectonique de l'Asie Mineure nous est malheureusement, comme nous l'avons dit en commençant, fort mal connue, et nous ne sommes même pas fixés sur ce point capital de savoir quelle extension réelle y prennent les zones replissées à l'époque tertiaire et quelle place occupent, au contraire, les massifs qui n'ont fait, pendant le tertiaire, que rejouer par compartiments verticaux en se disloquant suivant le type des effondrements égéens, mais sans se plisser réellement. On voit, à première vue, que le type plissé domine dans tout le Nord-Est, le long de la côte pontique, dans les chaînes de Kos, dans le Taurus Cilicien, etc... L'Asie Mineure, envisagée dans son ensemble, représente une partie de l'écorce récemment plissée qui forme un lien tout naturel entre les plissements européens des Dinarides et des Balkans et les plissements asiatiques de l'Iran, et qui bute au Sud contre le massif primitif de l'Arabie, comme l'Himalaya contre l'Hindoustan. Mais, dans l'intervalle des parties plissées à l'époque tertiaire, il est également certain que de vastes régions y ont échappé à ces derniers mouvements; certaines d'entre elles n'ont, dès lors, subi, depuis une époque plus ou moins ancienne, que des déplacements verticaux à la façon de nos horsts hercyniens. On constate, sur de larges espaces, un régime tabulaire pouvant être comparé à celui du plateau prébalkanique ou à celui des Causses, dont il reste à préciser les rapports avec les chaînes plissées. Souvent l'éocène est resté horizontal, ou s'est seulement affaissé, incliné le long des failles ; parfois le crétacé lui aussi apparaît tabulaire ; et, dans la plupart des cas, les données manquent encore pour affirmer s'il s'agit d'un mouvement secondaire, interrompu seulement avant le crétacé ou l'éocène, ou, comme cela semble généralement plus probable par comparaison avec nos chaînes européennes, d'une zone de plissements primaire devenue insensible aux replissements tertiaires. A cet égard, il est particulièrement fâcheux qu'on soit souvent parti de l'idée préconçue que les plissements des divers âges avaient dû se superposer et qu'on ait par suite, là même où il existe quelques observations géologiques, raccordé entre elles des zones plissées d'âge très différent sans tenir assez compte de ces différences d'âge.

Remarquons encore que, dans le bâillement compris entre les deux chaînes plissées extrêmes, qui suivent, l'une la mer Noire et l'autre la côte méditerranéenne de Cilicie, un compartiment tabulaire, à déplacements verticaux, celui de la Lycaonie prolongé par le plateau arménien,

[1] On peut suivre cette étude sur la figure 62.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vient s'intercaler d'une manière qui a pu être comparée par Naumann au rôle du Tibet entre les chaînes de Mongolie et celles de l'Hindoustan, ou encore au plateau de l'Iran, entre les deux plissements qui longent, l'un la mer Caspienne et l'autre le golfe Persique.

Si nous revenons sur la première indication précédente, nous trouvons, en partant du Nord, le long de la mer Noire, dans le Pont et l'Est de la Paphlagonie, une première zone plissée d'âge tertiaire, dirigée en moyenne Est-Ouest, qui constitue ce qu'on appelle les chaînes pontiques, avec prolongement Est dans le sens de la Perse et de l'Afghanistan. Cette chaîne est représentée notamment par du crétacé calcaire et du flysch, avec grandes manifestations serpentineuses. Vers l'Ouest, le lien qui la rattache aux chaînes européennes demeure assez énigmatique. Pour Toula et Douvillé, c'est le prolongement des Balkans, dérivés au Sud-Est dans l'Istrandja Dagh. Pour Suess, qui a vivement combattu cette opinion, c'est la suite incurvée de quelqu'un des plis égéens. De fait, quand on dépasse vers l'Ouest le cours de l'Halys, l'allure des terrains paraît se transformer et, tandis que le régime récemment plissé domine dans tout l'Est, l'Ouest apparaît composé de plateaux à terrains horizontaux, avec grande importance des massifs primaires (ou du moins assimilés au primaire par leur métamorphisme).

Naumann signale, par exemple, la région située au Sud de la Bithynie et de la Paphlagonie entre Adabazar et Kastamouni comme présentant l'éocène et probablement le crétacé à l'état horizontal sur du jurassique qui, d'après lui, est fortement plissé. Nous verrons bientôt de même, en étudiant plus spécialement le cas d'Héraclée, que, de ce côté, le régime faillé paraît dominer sur le régime plissé, du moins en ce qui concerne le crétacé, le jurassique n'étant pas représenté. L'allure inclinée que prend néanmoins ce crétacé au voisinage de failles peut mettre sur la voie de phénomènes verticaux, interprétés ailleurs inexactement par des plissements.

Le long de la ligne Scutari à Angora, près d'Iéni-Cheir, dans les gorges du Sakaria, du côté de Biledjik et de Lefké, Naumann signale encore, sur de vastes étendues, de l'éocène horizontal recouvrant des couches redressées, en sorte que tout ce compartiment est au moins resté horizontal depuis la fin du crétacé, pendant une période où les efforts orogéniques atteignaient ailleurs leur maximum.

On se demande, dès lors, dans quelle mesure il convient d'ajouter foi au rebroussement (Schaarung) de l'Anatolie septentrionale, qui est supposé, vers Sinope, relier les rameaux N. E. de l'Ouest aux rameaux N. W. de l'Est.

Une incertitude du même genre nous paralyse en ce qui concerne précisément la région de l'Anatolie occidentale, où nous allons avoir à signaler d'assez nombreux minerais. Là encore tout est bien hypothétique et bien douteux dans les tracés de zones incurvées qui forment ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qu'on a appelé, au Sud de la mer de Marmara, le rebroussement de l'Anatolie occidentale.

Mais, en tout cas, les dislocations tertiaires abondent dans tout cet ensemble. Les manifestations éruptives connexes y sont fréquentes, un peu de tous côtés, et spécialement le long de certaines zones déprimées comme le bassin d'évaporation sans écoulement de la Lycaonie et de la Cappadoce. L'allure des minerais métallifères contribue, comme nous le montrerons, à accentuer, dans la plus grande partie de l'Asie Mineure, ce qu'on peut appeler un caractère méditerranéen.

Puis vient, au Sud, la seconde zone nettement plissée, qui suit la côte méditerranéenne en Cilicie et dans le golfe d'Alexandrette, comme la chaîne pontique, au Nord, suit la mer Noire. Cette chaîne, dont les rameaux les plus septentrionaux semblent ceux qui se manifestent dans les îles de Kos et de Rhodes, se poursuit vers le Sud-Est jusqu'à un dernier axe de plissement, passant par Chypre et l'Alma-Dagh. Mais il s'y intercale encore des zones tabulaires dans des conditions qui n'ont pas été, jusqu'ici, bien définies. Nous en verrons un exemple au Sud du Taurus Cilicien en étudiant bientôt la région de Bulgar-Dagh. Il existe bien d'autres points déjà aperçus où des phénomènes analogues apparaissent pour des étages géologiques divers. Ainsi Bukowski a signalé en Carie, près Davas, du miocène inférieur horizontal (48) sur de l'oligocène plissé (47), tandis qu'un peu plus loin le pliocène même (54) semble avoir pris part à des mouvements posthumes, qui d'ailleurs peuvent se continuer localement jusqu'à aujourd'hui. De même, entre l'Anti-Taurus et le Taurus arménien, le système tabulaire domine, mais affectant ici le crétacé lui-même. Suivant les points, le plissement se serait donc arrêté plus ou moins tôt, juxtaposant le régime tabulaire aux zones plissées, avec charriages probables (notamment le long de l'Anti-Taurus).

Enfin, plus au Sud, un régime différent (au moins dans ses manifestations extrêmes), celui de la Syrie, commence plus au Sud, avec ses plis Nord-Sud qui ont eux aussi dessiné le rivage marin.

Le contraste réel est peut-être cependant ici moindre à l'examen qu'il ne paraît d'abord ; car, si les chaînes de Syrie sont Nord-Sud, il s'en détache des rameaux latéraux mal connus, notamment celui qui passe par Palmyre et se continue vers Mossoul, dont la direction N.E., parallèle à celle de l'arc Chypriote, montre que les deux formations ne sont pas totalement indépendantes [1].

Néanmoins, dans la Syrie, il est clair que la direction littorale N.S. domine, suivie par un axe d'effondrement bien connu. Cette cassure peut être considérée comme le branchement le plus occidental de toute

[1] Cf. Suess. *Loc. cit.*, I, 655 à 662 ; III, 418. — 1905. Blanckenhorn, *Abriss der Geologie Syriens* (Monats Schr. « Altneuland », Berlin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

une zone fracturée comprenant la mer Egée, qui, au moins en apparence, interrompt la continuité tectonique de l'Europe avec l'Asie.

Pour pousser plus loin cette étude, si sommaire soit-elle, il faudrait du moins posséder une esquisse de carte tectonique et des déterminations d'âge à peu près exactes pour les terrains représentés. Mais, dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible d'attacher aucun fondement aux conclusions négatives, d'après lesquelles tel ou tel terrain ferait défaut; et les conclusions positives elles-mêmes demanderaient souvent être revisées.

La seule région relativement connue, qui peut nous fournir une lueur pour éclairer le reste, est celle de la mer Egée: région à coup sûr très spéciale ; moins pourtant peut-être qu'on ne l'a dit, la plus grande différence avec certains massifs disloqués plus orientaux ayant été causée par la légère différence d'altitude absolue qui a permis, dans un cas et pas dans l'autre, l'envahissement de la mer. Or, dans la mer Égée, comme nous l'avons dit au chapitre XV, on voit très bien s'intercaler, dans des zones plissées que les effondrements ont découpées en îles gardant un peu de leur ancienne continuité, des compartiments primaires formant horsts. Ces noyaux, dont l'allure actuelle est due à des morcellements tertiaires incontestables, présentent, comme cela est ordinaire dans de semblables massifs anciens, des directions de détail remontant à des plissements antérieurs, qui n'ont aucun rapport avec les directions superposées des plis tertiaires. On aperçoit immédiatement, dans ce cas, le danger d'établir des raccordements à longue distance entre des directions dont on ignore la cause et l'âge réel. Parmi ces massifs, nous avons cité, au Nord, celui qui comprend la Macédoine et le Rhodope, plus au Sud, celui des Cyclades et de l'Attique. Il est probable que, lorsqu'on connaîtra mieux l'intérieur de l'Asie Mineure, on y trouvera de même, au milieu des zones plissées dont l'allure nous échappe encore, des compartiments disloqués sans plissements : horsts primitifs surélevés, ou bassins déprimés à remplissage tertiaire.

La mer Méditerranée et la mer Noire ont envahi des portions de ces contrées en affectant, suivant les cas, deux allures totalement différentes. Dans la mer Égée, c'est le type de côtes dont l'Atlantique offre l'exemple le plus caractérisque : coupure à l'emporte-pièce en travers des plis. Dans le Pont, en Cilicie ou en Syrie, les rivages se conforment, au contraire, aux plissements, comme cela se produit dans la région Pacifique; et la côte syrienne offre même, avec les grandes altitudes voisines du rivage, des indices de phénomènes éruptifs, analogues à ceux de la côte Pacifique, qui se développent dans le Hauran.

Série stratigraphique de l'Asie Mineure. — La carte de Tchihatcheff distingue, en Asie Mineure, des terrains primaires indéterminés,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du dévonien, du carbonifère, du jurassique, du crétacé et divers étages du tertiaire.

A la base de cette série viennent quelques massifs de granite ou syénite et gneiss. Par exemple, l'Olympe de Brousse est un massif de granite intrusif dans les schistes anciens avec marbres blancs. Suivant le même méridien, on retrouve des gneiss à Goerdiz, Alacheir, au Sud d'Aidin, etc. D'importants massifs granitiques existent encore vers Yozgad et Nigdé, au Nord-Ouest et au Sud-Ouest de Kaisarié.

Le *dévonien* (7) est surtout connu dans la région du Bosphore. On le retrouve, quoiqu'on ait affirmé le contraire, dans le Taurus et l'Anti-Taurus.

Puis vient le *carbonifère* (11 à 13), à la base duquel il faut rattacher certains terrains dits de transition et que nous étudierons bientôt dans un cas intéressant, à l'occasion d'Héraclée. Du carbonifère avec houille se retrouve, d'après Tchihatcheff, dans l'Anti-Taurus, entre Sis et Belen.

Les terrains postérieurs au plissement hercynien et antérieurs à la transgression crétacée sont peu connus; souvent ils font totalement défaut, comme dans le bassin d'Héraclée, où le crétacé vient directement en discordance sur le carbonifère, ainsi qu'il peut le faire dans nos bassins houillers du Nord.

On a signalé fort peu d'affleurements *triasiques*, en dehors du lambeau de Djoulfa, au Nord du lac d'Ourmiah [1].

Le *jurassique*, important dans la région caucasique, semble disparaître à peu près à l'Ouest, quoiqu'on en ait signalé un lambeau près du terrain carbonifère d'Amastra sur la Mer Noire, au Nord d'Héraclée.

Au contraire, le *crétacé* joue un rôle considérable sous la forme de calcaires, dans lesquels nous aurons à signaler des substitutions métallifères, et l'*éocène* marin (nummulitique) occupe également de grandes étendues.

La plus grande partie de la Péninsule doit être formée par ces derniers terrains crétacés et éocènes, tantôt plissés, tantôt horizontaux en forme de causses ou de plateaux prébalkaniques, auxquels sont associées, comme en Grèce, de puissantes masses serpentineuses avec minerais connexes. Une telle chaîne crétacée suit tout le littoral pontique. On en retrouve d'autres dans diverses îles de l'Archipel, à Kos, à Rhodes et surtout sur l'Arc de Chypre et de l'Alma Dagh, où l'on a du crétacé, du flysch et des roches vertes. Certaines coupes du Taurus montrent: au Nord, des calcaires crétacés et éocènes plissés; au Sud, les mêmes terrains formant des sortes de causses presque horizontaux.

Nous aurons l'occasion, en décrivant certains districts métallifères, de revenir sur la stratigraphie de la région qui les renferme. La disposition des formations salines fera également l'objet d'un chapitre spé-

[1] Voir plus haut, page 261.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cial. Ici nous nous contenterons d'insister sur l'allure particulière du terrain houiller dans le très important bassin d'Héraclée et sur quelques lignites tertiaires.

Combustibles d'Asie Mineure. — *A*. **Le bassin houiller d'Héraclée**[1]. — Nous avons vu précédemment[2] quelles sont les conditions industrielles de l'exploitation dans le bassin d'Héraclée. Nous allons maintenant en exposer la constitution géologique.

A l'Est d'Héraclée, à Kiossé-Aghzy apparaît, sur le bord de la mer Noire, une première bande de terrain houiller de direction Est-Ouest que suivent ensuite, dans la direction du Nord, plusieurs autres, à direction un peu plus Nord-Est, la principale étant celle de Zongouldak, sur laquelle travaille la société d'Héraclée et la dernière au Nord, formant le bassin d'Amastra Djidé (voir fig. 8). La largeur à Zongouldak est de 5 km. La longueur totale des affleurements connus est de 150 km.

Le terrain carbonifère commence par du calcaire dinantien, sur lequel repose en concordance, un complexe de grès et schistes avec quelques conglomérats, qui peut lui-même, d'après les déterminations paléontologiques de M. Zeiller et les études de M. Ralli, se diviser en trois étages (fig. 9) : 1° Etage d'Alladja-Aghzy à la base, encore rattaché au dinantien[3], comprenant les charbons les plus riches en matières volatiles; 2° étage moyen de Cozlou (westphalien), rappelant par son aspect le bassin de Sarrebruck; 3° étage supérieur des Caradons, considéré comme stéphanien, à mauvais charbons peu exploités. Tous ces étages carbonifères ont été plissés et faillés par des mouvements, qui ont dû se produire une première fois dans la phase hercynienne sous la forme de plissements et se répéter dans la phase alpine en prenant plutôt l'allure d'affaissements. Au dessus reposent en discordance des terrains crétacés, où M. Douvillé a reconnu l'urgonien, l'albien et le cénomanien, dont il a

[1] 1852. Schlehan. *Versuch einer geognost. Beschr. der Gegend zwischen Amasry und Tyrla-Asy an der Nord-Küste von Klein Asien* (Z. d. geol. Ges. IV, p. 96-142, pl. I-III). — 1854. Garella et Huyot, *Rapport sur les mines de houille d'Héraclée* (A. d. M., 5e sér., VI, p. 173-234, pl. I). — 1892. D'Harveng. *Le bassin houiller d'Héraclée* (Rev. un. des mines de Liège, t. X et Ann. de l'Assoc. des ing. de l'Ec. d. M. du Hainaut). — 1894. Freydies-Dubreuil. *Etude sur le bassin houiller d'Héraclée*, Lyon, 32 p. — 1895-96. G. Ralli. *Le bassin houiller d'Héraclée* (Ann. Soc. géol. de Belgique. Liège XXIII, p. 151 à 267; pl. III à XIX). — 1896. H. Douvillé. *Constitution géologique des environs d'Héraclée* (C. R. CXXII, 1er sem., p. 678-680). — 1896. P. Holtzer. *Le bassin houiller d'Héraclée* (Bul. Soc. Ind. Min., 3e sér., t. X, p. 773-823). — 1899-1901. R. Zeiller. *Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée* (Soc. géol. de Fr. Mém. de Paléont. VIII et IX, n° 21, 91 p. et 6 pl.). — Suess. t. III, p. 422. — 1902. Muck. *Recherches de charbon sur la côte de la mer Noire.* (Org. d. Ver. d. Bortechn. n° 8, p. 3-4). — 1908. Stassinopoulos. *Le bassin houiller d'Héraclée*, (Bull. n° 189 et 259 Ch. com. fr. Constantinople, 48 p. et 1 pl.). — Rev. S. Afr., 19 avril 1908, p. 332).

[2] Page 100.

[3] C'est ce dinantien qui constitue les terrains de transition de Tchihatcheff.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fait ressortir l'analogie avec les terrains des Balkans [1]. Ces étages cré-

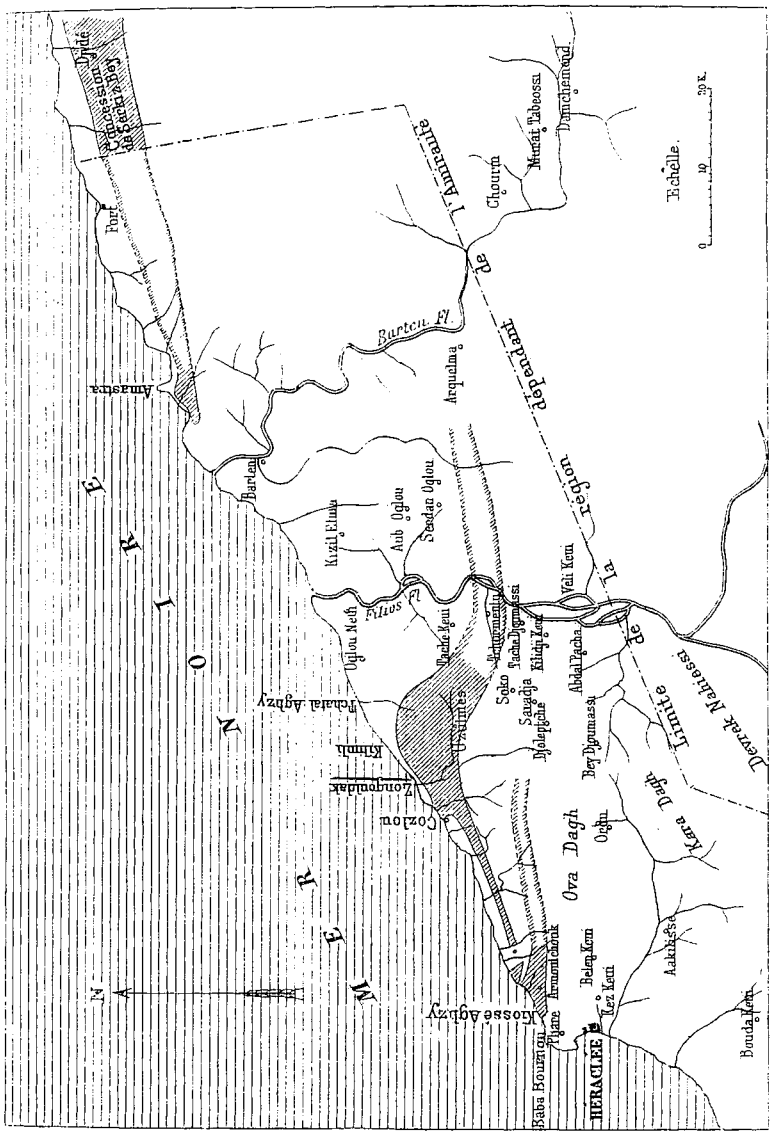


Fig. 8. — Carte d'ensemble du bassin houiller d'Héraclée. (Echelle au 1 : 1.000.000.) Les traînées houillères ont été couvertes d'un grisé.

tacés ont été à leur tour influencés par les mouvements tertiaires ; en

[1] C. R. Ac. des Sc. 1896, p. 678. — Cf. L. De Launay. *La formation charbonneuse infracrétacée des Balkans* (Ann. des Mines, mars 1905 ; cf. août 1906). On observe ici, comme dans le Deli-Ormanbulgare, une série de vallées sans écoulement avec des gouffres analogues aux Katavothres nommés *Soubatan*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sorte qu'on voit souvent la surface du sol divisée en une série de compartiments, où les calcaires à caprotines et les grès crétacés arrivent en

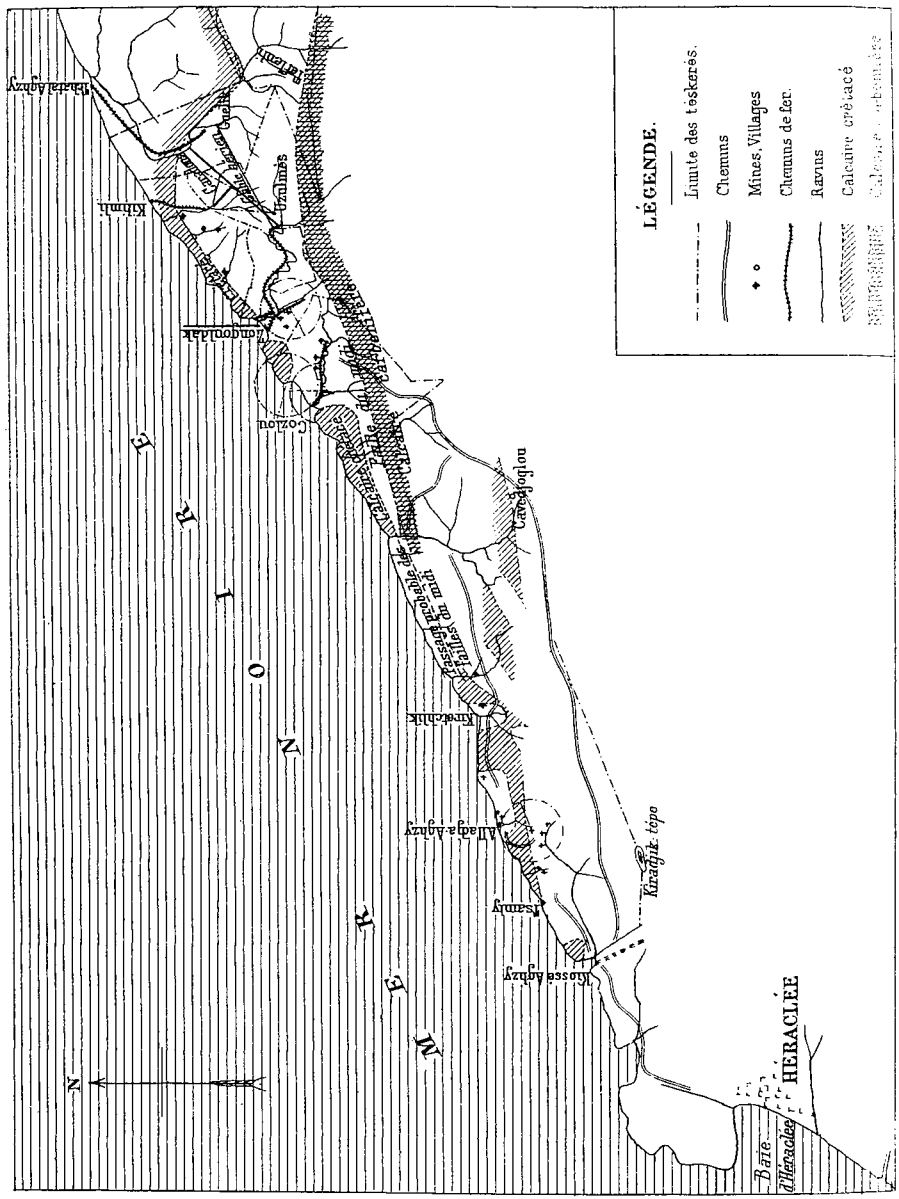


Fig. 9. — Carte de la région centrale du Bassin d'Héraclée. (Échelle au 1 : 300.000). Sur cette carte on a mis en évidence les recouvrements crétacés en laissant en blanc la zone houillère, contrairement à ce qui a été fait sur la figure 8.

contact avec le carbonifère. Les calcaires et grès crétacés sont parfois horizontaux, parfois assez fortement inclinés ; mais, suivant une obser-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vation précédente, ils semblent avoir été plutôt affaissés que réellement plissés. D'après les coupes de Ralli, leur forts pendages sont surtout en relation avec les failles dont ils suivent la direction et dont ils semblent souvent la conséquence (voir la coupe Nord-Sud à Zongouldak, fig. 10).

Les houilles de ce bassin, dont on a longtemps méconnu la valeur réelle, paraissent se diviser en deux parties. La première comprend l'immense majorité du faisceau de Cozlou et contient 30 à 40 p. 100 de matières volatiles. La deuxième renferme les couches du faisceau d'Alladja-Aghzy et de Tsamly (couches verticales), dont les houilles renferment 40 à 44 p. 100 de matières volatiles. Les premières sont des houilles grasses à longue flamme, donnant du bon coke métallurgique et pouvant être employées à la fabrication du gaz. Les charbons du deuxième faisceau sont des houilles sèches à longue flamme, recherchées pour le chauffage domestique, pour les chaudières à vapeur, pour les distilleries, etc. et pouvant être également utilisées dans la fabrication du gaz.

L'ensemble est particulièrement gras. Il est remarquable qu'avec une différence d'âge aussi forte, du dinantien au stéphanien, entre les couches inférieure et supérieure, la différence de matières volatiles ne dépasse pas 12 p. 100 et ne soit même pas toujours en rapport avec l'âge des couches.

Le mémoire de M. Ralli contient une série de coupes de détail qu'il serait sans intérêt de reproduire ici. Contentons-nous de quelques observations plus générales.

Si nous partons de la base, l'étage d'Alladja-Aghzy (dinantien) peut contenir 12 à 15 m. de charbon répartis en une quinzaine de couches

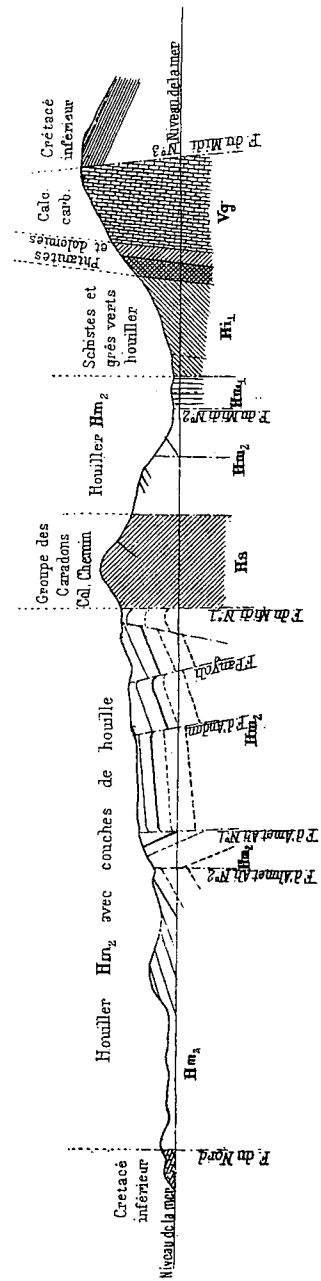


Fig. 10. — Coupe à Zongouldak (bassin d'Héraclée), d'après M. Ralli (Echelle au 1 : 20.000).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ayant au maximum 2 à 3 m. sur une hauteur totale de 300 m. On le trouve surtout dans la vallée de Kilimli. Les pendages, orientés au Sud, varient de 10° à 30°. Les affleurements y sont constamment coupés par des failles qui les mettent en contact avec des grès crétacés et du calcaire à réquiénies ; arrivés là, les travaux s'arrêtent.

L'étage moyen de Cozlou (westphalien) est celui que l'on a le plus activement exploité dans les vallées de Zongouldak, Kilimli et Tchatal-Aghzy, que des tunnels en voie d'exécution tendent à réunir. Leur ensemble forme un anticlinal Est-Ouest, dont le versant Sud vient buter contre une double faille très importante, dite faille du Midi. Entre cette faille et le calcaire dinantien qui forme le mur, la stratification est absolument verticale. Cet étage contient une trentaine de couches régulières, dont la 12e, ou couche Adjilik, et la 14e, ou Tsai-Dsmar, sont les plus importantes ; 25 ont plus de 0,80 d'épaisseur. Le système total avec grès rouges et conglomérats peut, comme nous l'avons dit, être comparé en Europe au bassin de Sarrebruck. Les travaux y sont surtout développés dans les vallées de Zongouldak et de Tchatal-Aghzy. Dans cette dernière se trouve le principal centre de travaux, celui de Guelik, où l'on travaille 4 couches, qui peuvent se définir de la manière suivante :

Théodore. — Puiss. 1,90. — Mat. vol. 33,43. — Cendres, 6,88.
Robert. — Puiss. 3,00. — Mat. vol. 33,14. — Cendres, 4,28.
Léonidas. — Puiss. 1,45. — Mat. vol. 32,94. — Cendres, 4.26.
Élie. — Puiss. 3,00. — Mat. vol. 25,49. — Cendres, 16.

Enfin l'étage des Caradons, qui se classe à la base du stéphanien, contient 8 couches, dont 4 de 1 à 1,50, très rapprochées l'un de l'autre, sont caractéristiques. Il renferme des charbons pierreux et est peu exploité. Le petit bassin d'Amastra appartient à cet étage.

B. **Lignites du pontien et du pliocène inférieur**[1]. — La région d'Héraclée est la seule en Asie Mineure où l'on connaisse un gisement notable de véritable houille carbonifère. Mais il existe, en de nombreux points, des lignites, intercalés dans les formations lacustres du tertiaire, qui pourront être, un jour ou l'autre, utilisés pour les usages locaux. Nous nous contenterons d'énumérer les plus importants, ou ceux sur lesquels nous possédons quelques données géologiques.

La majeure partie de ces gisements paraissent se classer dans le niveau de passage entre le miocène et le pliocène, auquel on donnait autrefois le nom de levantin, que l'on a encore appelé aralo-caspien, et qui comprend nos terrains actuels du pontien (53) (âge des animaux de Pikermi) avec une partie du plaisancien (54). En général, ils apparaissent contemporains des couches supérieures à congéries (pon-

[1] Voir fig. 62.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tien). On constate que, pendant cette phase où s'est produit un recul notable de la mer sarmatienne (52), il existait une série de dépressions allant de la pointe de l'Attique à Koumi en Eubée, à Mételin, au fond du golfe d'Adramiti et en divers points de la Troade : dépressions, où les débris végétaux se sont accumulés. Le retrait de la mer s'est continué pendant la fin du levantin (plaisancien) et a encore donné lieu à des dépôts analogues [1].

C'est à titre géologique que je signalerai, à *Mételin*, un gisement de lignite situé au Nord du Mont Orthymnos. Ces couches pontiennes (53), dont j'ai donné autrefois la faune et la flore, comprennent des bancs lacustres avec d'autres saumâtres et peuvent être assimilées, par leur âge, à celles de Megara dans l'Attique, ou de Koumi dans l'Eubée [2].

Il faut rattacher à un niveau pontien un peu supérieur (ancien levantin aralo-caspien) des lignites exploités un moment à Imbros et d'autres qui se trouvent à Lapsaki (Lampsacus) sur les Dardanelles, à la base de cette argile plastique qu'on utilise là en grand pour la fabrication de la poterie et qui a fait donner son nom populaire de « Chateau des vaisselles » à la ville des Dardanelles [3]. Ce niveau pontien supérieur, passant au pliocène, est, d'une façon générale, celui auquel on rattache la plupart des lignites de la Turquie d'Europe. Il faut, sans doute, considérer comme du même âge, les lignites de *Manschylyk* en Troade, exploités par la société de Balia-Maden, qui est située à environ 20 kil. de distance. La couche a été reconnue là sur environ 4 kil. de long, avec une puissance qui atteint 10 m. Les lits charbonneux sont séparés par des grès avec empreintes de plantes. La teneur en cendres est de 30 p. 100. La couche est assez sensiblement inclinée, d'environ 30 à 70° sur l'horizon.

Vers l'Est, on connaît encore des lignites à *Kouré*, entre Biledjik et Eskicheir, à l'Est du chemin de fer d'Anatolie. On y a fait quelques fouilles sur une couche d'environ 2 m., située à une soixantaine de mètres de profondeur et atteinte par des puits.

Plus au Sud, à *Chios* (Nenita et Neochori Tholon) des lignites se trouvent à un niveau classé par Teller dans le sarmatien (52) et qui pourrait être un peu plus jeune.

Sur le continent, Weiss a signalé des lignites à *Soma*, extrémité Nord d'un embranchement partant de Smyrne. Il y aurait là une couche visible sur 2 m. et pouvant, d'après les habitants, atteindre 10 m., dont le charbon à 4.200 calories et 70 p. 100 de cendres serait d'assez bonne qualité.

[1] *Etudes géologiques sur la mer Egée.* Voir p. 15 à 23 pour Mételin, p. 89 pour les lignites des Dardanelles, p. 99 pour ceux de Chios, etc.

[2] Ces dernières couches avaient été classées à tort par Gaudry et Gorceix dans un niveau inférieur.

[3] Tchihatchef, *loc. cit.*, III, 181.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En descendant au Sud de Smyrne, à *Sokia*, on trouve encore des lignites alternant avec des schistes, visibles sur 10 km. et recouverts par un calcaire argileux. Leur pendage est de 34 à 45° vers le Nord et des failles le recoupent assez souvent.

Dans l'intérieur, on a exploité les lignites de *Tchaï*, au Sud-Est de Afioun Karahissar, embranchement des lignes de Smyrne, Scutari, Constantinople et Konia. Ces lignites sont à 1840 m. d'altitude, et environ 1.000 au-dessus de la vallée. Ils reposent sur des conglomérats à mur de calcaire et sont couverts par des argiles. La couche a environ 2 m.

Citons encore, à titre de curiosité, un gisement situé près de *Gemlik*, sur la mer de Marmara. Il y a là, d'une part, une véritable couche de lignite, d'ailleurs sans valeur et, d'autre part, une couche renfermant des noyaux aplatis de lignite de quelques décimètres cubes avec des boules de pyrite, le tout recouvert par une couche de sables et conglomérats.

Dans la région caucasique, on retrouve d'assez nombreux dépôts de lignite dont il a été déjà question [1].

Les lignites d'Arménie commencent, dans le bassin de l'Araxes, par quelques dépôts appartenant à l'éocène supérieur, au Nord et à l'Est de Djoulfa, à Keinik, près de Migri, etc. Puis, dans l'aquitanien (48) d'Arménie, il existe des lignites en même temps que des argiles gypsifères : facies continué à l'Est du Kachkal-Dagh dans la région pontique.

A la fin de l'époque sarmatienne (52), le plateau arménien s'est transformé en un désert, avec sels et gypses, dont l'accumulation dans certaines dépressions comme le lac d'Ourmiah se continue encore.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE L'ARMÉNIE

Quand nous avons traité de la partie Sud du Caucase [3], nous avons déjà abordé la région arménienne. Le lieu géographique aurait pu nous conduire à poursuivre alors cette étude; mais, d'après l'allure des zones tectoniques, il était plus logique de la réserver pour ce chapitre. Entre le Caucase et l'Arménie, il y a une différence structurale bien caractérisée. Le Caucase rectiligne s'adosse, au Sud, à une courbe, convexe vers le Nord, ou plutôt à deux tronçons de courbe discontinus qui raccordent les chaînes pontiques aux chaînes occidentales de l'Iran. A la jonction des deux tronçons en question, un effondrement est marqué par toute une série de perforations volcaniques, traits marquants du plateau

[1] Voir p. 264.

[2] Voir plus loin la Planche VI (Carte géol. d'Arménie) et la bibliographie donnée au ch. XXVII à l'occasion des gîtes métallifères arméniens.

[3] Ch. XIII, p. 255 à 269.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

arménien, parmi lesquels l'Ararat, avec ses 4.300 m. de dénivellation totale, est le plus caractéristique [1].

L'histoire géologique de l'Arménie peut être résumée, d'après un travail de M. Oswald, de la manière suivante :

Dans l'ensemble, on a là une zone de l'écorce située entre le plateau de l'Arabie et le Plateau Russe, où l'effort orogénique s'est traduit généralement sous la forme de plissements dans le sens d'une poussée venant du Sud. Cet effort, qui a eu ses principales phases de crises, suivant les régions, pendant le permien inférieur, le kimeridjien et le miocène, a produit, des deux côtés de l'Arménie, des chaînes plissées d'âge tertiaire, entre lesquelles l'Arménie même, horst hercynien, semble jouer un rôle analogue à celui du plateau de l'Asie Centrale par rapport à l'Himalaya et au Tien-chan : une zone tabulaire disloquée, manifestant dans l'ensemble une saillie orographique relativement aux deux plates-formes primitives, dont elle a subi la compression, et néanmoins déprimée par rapport à la zone de plissements qui forme sa limite Nord, le Caucase ou, à un moindre degré, par rapport à la partie centrale du Taurus Arménien au Sud. Comme il est arrivé d'ordinaire dans de telles plate-formes anciennement consolidées, puis disloquées, comprises entre les chaînes plissées, les manifestations éruptives ont eu, dans l'Arménie, une grande intensité, qui a présenté déjà des phases actives pendant le permo-trias et le bajocien, mais a surtout commencé avec le sénonien pour se prolonger jusqu'à une époque très récente, et nous trouverons là quelques gites métallifères rappelant le type de ceux qui, dans des conditions métallogéniques analogues, apparaissent en divers points de l'Ouest américain.

A la base de la série géologique, il existe des *gneiss et schistes cristallins,* avec chlorito-schistes, schistes amphiboliques, quartzites, marbres et, occasionnellement, granites ou diorites, dont la principale masse commence à l'Est, au Sud du lac Ourmiah, se continue dans l'Ouest en passant par Malatia (vers le coude de l'Euphrate, 38°,30′) puis au Nord d'Albistan (37°, 38°,20′) où du dévonien vient la recouvrir. Au Nord de l'Arménie, une autre zone analogue de moindre importance, très granitique, se trouve dans les monts Méched ou Dzirou à l'Est de Poti, dans la vallée supérieure du Khram ; et, dans le Kanly-Dagh, on a des schistes argileux représentant les mêmes formations primaires.

Le *dévonien moyen et supérieur* se trouve dans la région de l'Araxes et dans le district de Daralagöz, discordant sur des schistes primaires. Le dévonien moyen est formé de calcaires coralliens ; le supérieur, de schistes argileux et calcaires. On retrouve la même zone vers Albistan.

Puis le *carbonifère* (11 à 13) apparaît sous la forme de calcaires analogues à ceux du dévonien mais souvent bitumineux, concordants avec

[1] Voir la Planche I.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

eux. Il occupe la même région que le dévonien avec plus d'extension. Le carbonifère supérieur (moscovien) prend la forme du calcaire à fusulines. Le plissement de la phase hercynienne s'est produit ici entre le stéphanien et le permien supérieur, donnant lieu à de véritables chaînes hercyniennes, dont le plissement paraît s'être continué pendant le trias, accompagné alors par des effusions de porphyrites, diabases et micro-granulites.

Les couches *permo-triasiques* (14 à 19), très localisées près de Djoulfa (Julfa) sur l'Araxes, au Nord du lac Ourmiah et dans le district voisin de Kasanyaïla, ont été déposées dans un golfe de la mer qui, à cette époque, s'étendait vers l'Inde. Ces couches, au lieu d'être plissées comme les précédentes, offrent seulement des flexures. Elles débutent par des calcaires du permien supérieur, auxquels succèdent, à Djoulfa, les quartzites de Negram avec Wellenkalk intercalé à faune de Werfen.

Le *jurassique* n'est connu, jusqu'ici, en Arménie que dans les montagnes qui contournent le plateau au Nord et à l'Est et dans l'Azerbeidjan près du lac d'Ourmiah. Si le pays était mieux étudié, on pourrait en conclure une émersion de tout le principal massif arménien après le plissement hercynien. Le *charmouthien* (23) avec lignites affleure dans le dôme de Dziroula, petit coin particulièrement étudié près des mines de manganèse de la Kvirila à l'Est de Poti. Puis le *toarcien* (24) apparaît à Tazekhend, à l'Est du lac Ourmiah, avec un faciès de mer plus ouverte que dans le Caucase central, où il a un type de flysch. Il semble s'être produit, à ce moment, au milieu du lias, un affaissement marqué de la région caucasique, à l'Est d'une ligne allant du lac d'Ourmiah au lac Gokcha et à Poti : affaissement, par suite duquel les schistes liasiques viennent transgressivement recouvrir les schistes paléozoïques dont la surface accuse des traces d'émersion[1].

Pendant le *bajocien* (25), on a, dans le Caucase central et le bassin de la Kvirila, des grès verts avec laves et tufs volcaniques intercalés. Ces grès sont des dépôts à plantes (Cycadées) et à lignites, avec troncs silicifiés, qui accusent des caractères continentaux de sédimentation lacustre interrompue par d'abondantes venues éruptives. Les couches plus élevées du bajocien, dans le Lialvar-Dagh, présentent de semblables grès avec lits de calcaires marins, où interviennent des formes bathoniennes et calloviennes, mélangées avec une persistance de types liasiques. Les deux mêmes régions de Dziroula près de la Kvirila et de l'Azerbeidjan, près du lac Ourmiah, renferment des calcaires allant du bathonien à l'oxfordien et au séquanien.

Puis, à l'époque *kimeridgienne* ou anté-tithonique (30), le Caucase émerge avec presque toute la partie de l'Arménie non sortie des eaux antérieurement. Les plis du Caucase central ont alors généralement un

[1] La zone caucasique a déjà été étudiée, p. 261 et suiv.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plongement vers le Nord. Il y a une lacune qui va du *séquanien* (29) au néocomien inférieur (32). Cependant, sur le versant Nord du Caucase, on trouve un peu de kimeridgien. C'est l'époque où se sont épanchés les diabases et les mélaphyres d'Arménie. Là où le kimeridgien se montre en Arménie, dans le Karabagh (entre le lac Gokcha et la Caspienne), il est sous forme d'un calcaire corallien.

Le *néocomien* inférieur (32) est seulement connu dans le dôme de Dziroula, où il accuse une transgression nette. Mais le néocomien moyen est largement représenté dans le Nord, l'Est et le Nord-Ouest du plateau arménien à l'Est de l'Ararat, dans le Karabagh, à l'Est du lac d'Ourmiah (hauterivien), etc...

L'*aptien* (34) existe dans le dome de Dziroula avec une faune provençale à caractères littoraux, puis à l'Est près de Delejan, au Nord du lac Gokcha et au Sud du district de Kasanyaïla entre le lac Gokcha et l'Araxes.

Dans la série crétacée supérieure, l'*albien* (35) continue directement l'aptien. Des calcaires à caprotines représentent le *cénomanien* (36) dans les chaînes de l'Est comme le Karabagh et présentent là des caractères tout différents de ceux du Caucase, qui paraît en avoir été séparé par une barrière suivant la chaîne Somkétique (au Sud de la Koura (41°,20'; 44°,30'). Du côté Nord, on a souvent, pour représenter le cénomanien, des grès verts glauconieux.

Pendant le *turonien* (37), un calcaire à hippurites de type méditerranéen est très bien représenté à l'Est et au Sud-Est, tandis qu'au Nord de la même barrière il prend le facies de l'Europe centrale avec Inoceramus labiatus. Mais la barrière est submergée avant le *sénonien* (38) et la faune du Nord pénètre alors dans la mer du Sud. En même temps, une élévation doit s'être produite à l'Ouest d'une ligne allant de Batoum au Mont Ararat et amène des caractères littoraux; des manifestations volcaniques viennent alors s'intercaler dans une série souvent gréseuse.

L'*éocène inférieur* (41) conserve les caractères clastiques du sénonien, dont on a souvent du mal à le séparer. L'activité éruptive, qui avait commencé à se manifester dans le sénonien, se poursuit et souvent, croit-on, avec une forme sous-marine. On le trouve au Sud du Taurus avec des grès et marnes à facies flysch contenant parfois des bancs de charbon, qui semblent annoncer le commencement d'une transgression destinée à s'accentuer dans l'éocène moyen.

Pendant l'*éocène moyen* (43), le facies nummulitique, qui manque complètement sur le versant Nord du Caucase, apparaît sur le versant Sud, en Arménie, accusant un caractère littoral qui se continue en Perse (lutétien 44, et bartonien 45). On l'observe dans le bassin de l'Araxes. Dans la région de Karchkhal, il s'intercale entre des coulées de laves. Il forme des calcaires nummulitiques très développés dans le Zagros. L'*éocène supérieur* (45) prend, dans la région de la Kvirila, un facies de flysch avec restes de poissons, au-dessous des couches manganésifères.

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans le bassin de l'Araxes, il est surtout formé de grès rouges ou gris, avec parfois des lignites.

Pendant la fin de l'éocène, une grande partie de l'Arménie s'est asséchée et, à l'époque *oligocène*, une langue de terre sépare la mer septentrionale vers Akhalzik, Rion et Tiflis, d'une mer du Sud plus chaude, méditerranéenne, avec des coraux près d'Érivan. Au Nord, les eaux accusent une évaporation progressive, à la suite de laquelle la région d'Akhalzik sur la haute Koura a été définitivement émergée.

L'*aquitanien* (48) (début du miocène) contient des tufs et argiles gypsifères avec couches de lignite et bois silicifiés. De semblables bancs se continuent dans la région pontique, à l'Est du Karchkal-Dagh. Vers le Sud, près d'Érivan, l'oligocène (46) prend des facies coralliens. Dans les gorges de l'Araxes, près de Djoulfa, un horizon oligocène marin surmonte les calcaires nummulitiques.

Le *miocène* d'Arménie (48 à 53) présente deux termes séparés par une discordance nette. Au début du miocène, une large transgression vient, sur le plateau arménien, couvrir même des régions qui avaient échappé aux transgressions crétacées et éocènes : par exemple, sur le plateau paléozoïque d'Ourmiah. Aussitôt après le *tortonien* inférieur (51), un plissement montagneux se produit, accompagné d'intrusions ultra-basiques. Dans le Nord de l'Arménie et le bassin de la Rion, l'oligocène a été plissé à ce moment, avec accompagnement d'andésites et basaltes anciens formant des coulées : le tout recouvert en discordance par le *sarmatien* (52). Tout le plateau arménien se transforme alors en un désert, où se déposent les sels et gypses sarmatiens (miocène supérieur) avec grès rouges, marnes et conglomérats. Près de Bayazid, ces couches recouvrent du calcaire *helvétien* (50) presque vertical.

Le plissement, qui avait eu lieu au milieu du miocène, s'est continué ensuite, mais avec un effort dirigé en sens contraire. Entre le Caucase et les chaînes bordières du Nord de l'Arménie, le sarmatien (52) a subi un mouvement vers le Sud. En Arménie, il n'y a plus eu de plissement, mais un soulèvement en masse, avec dislocations amenant des mouvements relatifs de divers compartiments dans les deux sens. Cette région, reliée aux plateaux de l'Anatolie et de la Perse, forma donc un continent, avec des lacs, une végétation luxuriante, et une faune de mastodontes, girafes, antilopes, etc., qui pouvait passer de Perse en Grèce. Un certain nombre de ces lacs ont persisté pendant le pliocène et durent encore : les uns à l'état de lacs d'eau douce comme les lacs Gokcha, Chaldir, Topravan et Nazik, les autres arrivés à un degré de concentration saline plus ou moins avancé comme les lacs Khozapin, Ourmiah et les petits lacs sodiques au S-E de l'Ararat. Sur les bords de quelques-uns d'entre eux, on peut voir d'anciennes terrasses qui montrent le niveau primitif des eaux et mettent en évidence son abaissement progressif par les effets de l'évaporation. Les volcans ont eu une activité

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

très prolongée et le grand volcan de Nimrud a encore fait éruption en 1441.

Lignites de l'Arménie et de la Perse[1]. — Il n'existe pas de gisements de combustibles bien importants dans la région arménienne. Néanmoins nous venons de signaler quelques lignites du lias (charmouthien, 23) dans la région des manganèses de la Kvirila. Le bajocien (25) de la même région est également ligniteux. Plus loin dans la série géologique, l'éocène supérieur renferme quelques lignites dans le bassin de l'Araxes.

En Perse, le charbon existe dans l'Elbourz, puis dans le bassin du Chahroud et dans celui du Kevetch[2]. Un peu de lignite affleure aux environs de Tabriz.

[1] 1909. STAHL. *Geol. Beobachtungen im N. W. Persien* (Peterm. Mitteil., t. LV, p. 2 à 107.

[2] Z. f. pr. G. 1893, p. 477; 1898, p. 531.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XVII

LA GÉOLOGIE DES INDES ANGLAISES ET LES COMBUSTIBLES

La géologie des Indes anglaises[1] peut, si l'on se borne aux grandes lignes qui nous intéressent seules ici, être résumée assez simplement. L'Inde est, comme on l'a remarqué depuis longtemps, divisée, par les plaines alluviales de l'Indus et du Gange, en deux parties tout à fait distinctes : au Sud, un massif primitif, un compartiment solide et anciennement consolidé de l'écorce, un buttoir, resté à peu près indifférent aux plissements tertiaires et même, en général, aux plis hercyniens; au Nord, au contraire, une des plus remarquables chaînes de plissement tertiaires que l'on connaisse. Ces plissements tertiaires himalayens, qui se présentent à nous comme s'ils avaient subi une poussée du Nord au Sud, sont venus se mouler sur la péninsule indoue en la contournant, de telle sorte que le groupe des plis himalayens d'une part et, de l'autre, ceux du Tibet qui leur sont adossés au Nord, se courbent à angle droit, vers les deux extrémités de la Péninsule, aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest, pour prendre, dans le Béloutchistan et dans la Birmanie, une direction Nord-Sud. Il est facile de prévoir immédiatement que la métallogénie de ces deux groupes, sera, elle aussi, totalement différente, et le contraste entre elles s'accuserait bien plus encore si la chaîne tertiaire n'englobait pas, comme toutes les chaînes récentes, des noyaux anciens, ou ayant pris le caractère des terrains anciens par leur retour en profondeur: noyaux où reparaissent, dès lors, exceptionnellement, des caractères analogues à ceux du massif primitif. En deux mots, nous pouvons prévoir aussitôt que les gisements de la chaîne Himalayenne présenteront, d'ordinaire, les conditions auxquelles peut nous habituer l'étude des Alpes ou des Pyrénées : rareté des dépôts importants et surtout des filons nettement concrétionnés; mais, là où des minerais se présentent, dissémination en nombreux filons-couches. Au contraire, le massif primitif offrira les zones d'imprégnation profonde à pyrite aurifère qui se rencontrent dans tous les anciens massifs semblables, puis les minerais ou minéraux associés avec les granulites, comme les gemmes, le mica-blanc, le graphite, et enfin, sur ces plateaux soumis depuis de si longues

[1] Voir pl. VII. On trouvera la bibliographie au chapitre XXIX.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

périodes aux altérations superficielles, les concentrations d'oxyde de manganèse, d'oxyde de fer, de bauxite, etc., que cette altération produit d'ordinaire.

1° MASSIF PRIMITIF

La péninsule constitue, dans son ensemble, un grand plateau, dont les chaînes montagneuses ne sont pas des zones de plissement, mais seulement des débris dénivelés par des failles ou isolés par l'érosion, comme les Satpuras où des strates horizontales jurassiques ont été portées à 1.330 m., les Nilgiris dans le Sud où un fragment d'archéen a été soulevé à 2.440 m. Les contours extérieurs en ont été déterminés par les effondrements relativement récents, qui ont morcelé, pendant les temps secondaires et tertiaires, le continent indo-africain et australien, auquel on a donné le nom de continent du Gondwana. On peut cependant remarquer de suite que ces directions de cassures récentes avaient été, dans une certaine mesure, préparées par des sillons de plissements anciens.

L'intérieur du massif comprend trois catégories de terrains principaux : *a*) le groupe archéen et précambrien, seul affecté ici par des plissements bien caractérisés, au-dessus desquels les lambeaux de cambro-silurien se montrent en discordance ; *b*) les terrains du Gondwana, dépôts lacustres ou fluviaux formant une série homogène depuis la partie supérieure du carbonifère jusqu'au médio-jurassique. Ces dépôts ont été surtout disloqués par des failles plutôt que plissés, et se présentent, par ce jeu d'accidents tectoniques, sous la forme d'une série de sillons que nous aurons à étudier spécialement à cause de leur richesse en houille ; *c*) trapps du Dekan, immenses formations d'origine volcanique qui couvrent notamment tout le Nord-Ouest du massif.

Les plissements dont on constate l'empreinte sont : d'abord les mouvements huroniens d'époque précambrienne, qui ont plissé tout l'ensemble comme en Sibérie centrale, au Canada, en Scandinavie, etc., puis, à titre très accessoire, les mouvements hercyniens (ou calédoniens), traduits, surtout dans les Ghats orientales, par le plissement des terrains cambro-siluriens ; enfin le contre-coup des mouvements secondaires et tertiaires, sensible dans les accidents subis par les terrains du Gondwana et ayant pu avoir son influence métallogénique dans les régions où on l'observe, comme cela se produit toujours pour les avant-pays disloqués ultérieurement, où des épanchements volcaniques et des métallisations ont été fréquemment la conséquence de cette dislocation avec effondrements.

L'histoire géologique de la Péninsule a été racontée en très grands

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

détails par Oldham [1]. En voici les traits principaux, avec les noms locaux dont l'usage est si courant dans la littérature qu'il est difficile de les passer sous silence.

Archéen. Roches cristallophylliennes et cristallines. — L'archéen forme le soubassement de presque tout la Péninsule ainsi que Ceylan et reparaît au Nord dans les monts Arawalli et le Bundelkhand. On a distingué, à la base, d'une façon quelque peu conventionnelle, deux types de gneiss, pouvant tous deux être amphiboliques ou micacés : les gneiss massifs dits du Bundelkhand et les gneiss feuilletés du Bengale. Les gneiss massifs, qui comprennent beaucoup de granites gneissiques, renferment partout, dans le bas Bundelkhand et le Bellary, beaucoup de grands filons quartzeux ayant jusqu'à 100 km. de long, qui marquent évidemment des décrochements dont l'âge peut être beaucoup plus récent. Les gneiss feuilletés, dans lesquels on confond beaucoup de schistes granitisés, de micaschistes et, sans doute même, de précambrien (x de la Carte française) contiennent, dans le Salem, des minerais de fer interstratifiés, analogues à ceux de Scandinavie, dont il sera question plus loin. Les calcaires et dolomies y sont fréquents. On y trouve également des pyroxénites et des intrusions de granite à hyperstène (charnockites) sur lesquelles nous reviendrons à propos du graphite. Des granites proprement dits de divers âges s'intercalent dans cette série, dont l'étude serait probablement à refaire tout entière, en s'inspirant des idées nouvelles sur le métamorphisme qui a pu rendre d'apparence assimilable des strates d'âge très différent. Il y existe de nombreux massifs intrusifs et filons ou veines de granite à mica blanc, qui ont une importance particulière par les cristallisations de minéraux utiles, auxquelles ils ont donné lieu.

Des gneiss avec granulites, intercalations de pyroxénites, etc., constituent la presque totalité de Ceylan.

Terrains précambriens (de transition). — Au dessus de ces gneiss et micaschistes viennent des terrains antérieurs aux dépôts fossilifères, quoique leurs caractères lithologiques et leur degré de métamorphisme n'excluent pas toujours la possibilité que des fossiles s'y soient conservés : terrains dits de transition ou submétamorphiques et assimilables provisoirement à notre précambrien. Ce groupe comprend, sans doute, à la base : 1° la série très plissée de *Dharwar*, formée de schistes amphiboliques, quartzites et conglomérats, où s'intercalent des filons-couches de pyrite aurifère, dont nous aurons à faire ressortir l'importance économique et des hématites qui peuvent être dues à l'altération

[1] M. G. Ramond a résumé cet ouvrage dans l'Annuaire géologique universel de 1893, avec des tables qui rendent les recherches très faciles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de pyrites analogues ; 2° la série parfois horizontale de *Bijawar* (dans le Bundelkhand), avec quartzites, lits ferrugineux et épaisses intercalations de trapps dioritiques ; 3° la série comprimée et métamorphisée de *Béhar* (quartzites, schistes amphiboliques, ardoises) ; 4° les *Gwaliors*, avec schistes, silex, jaspes et calcaires ; 5° les *Arawallis* (ardoises, calcaires et quartzites) ; 6° la série de *Delhi*, avec des quartzites flexibles analogues aux itacolumites du Brésil. Ces diverses séries, dont on ne connaît pas la relation stratigraphique exacte, présentent le plus souvent des indices de compression violente et de dynamo-métamorphisme; le précambrien se rattache alors étroitement à l'archéen, dans lequel il forme de longs sillons étroits, dont notre carte fait ressortir la direction ; ailleurs il apparaît postérieur à un premier mouvement qui l'amène en stratification discordante, parfois même en couches restées horizontales, sur le gneiss érodé (Bijawar, Gwalior, etc.).

Paléozoïque inférieur. Cambro-silurien. — Ce groupe, nettement discordant sur le précédent, est, d'autre part, totalement distinct à tous égards des couches du Gondwana qui forment, au-dessus, le paléozoïque supérieur. Souvent il a échappé aux mouvements ultérieurs : la péninsule étant restée, dans son ensemble, étrangère aux plissements postérieurs au précambrien. Cependant nous avons déjà fait remarquer que, dans les Ghats orientales, des lambeaux de cet étage existaient affaissés et même plissés, avec une brusque limite à l'Est. On y distingue, de bas en haut, deux séries principales : les Cuddapah dans la présidence de Madras et les Vindhyans dans les Provinces Centrales.

Les *Cuddapah*, dont l'épaisseur totale a été estimée à 6 km., sont formés de groupes locaux, reposant tous sur le gneiss, transgressivement l'un sur l'autre. Chacun de ces groupes commence par des grès et quartzites, finit par des schistes et ardoises avec calcaires. La subdivision de Karnul en forme un terme local.

Les *Vindhyans* occupent, dans la péninsule, un développement considérable. On les trouve sur plus de 100.000 km², et même 165.000 km², si l'on tient compte de leur prolongement presque certain sous les trapps. Ces Vindhyans sont presque partout en discordance sur le précambrien et les gneiss, et demeurés, malgré l'ancienneté de leur âge, à peu près horizontaux. Ainsi dans les monts Arawalli et le Rajputana jusqu'à Delhi, l'horizontalité de ces Vindhyans sur la tranche de l'archéen ou du précambrien fait un contraste remarquable avec les plissements qui, un peu plus au Nord, ont affecté le pliocène même des Siwaliks. La limite entre le massif primitif et la chaîne tertiaire s'accuse ainsi avec une netteté saisissante. Les terrains qui forment les Vindhyans sont, pour la majeure partie, des grès assez fins ou des schistes : des sédiments détritiques accusant une préparation mécanique déjà avancée, au milieu desquels apparaît seulement un conglomérat dit du Kaïmour. Nous

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

aurons à reparler de cette formation à l'occasion du diamant, qui y existe à l'état remanié et détritique.

Série de Gondwana. — Au paléozoique ancien sans fossiles des Vindhyans, succède dans l'Inde péninsulaire, une grande formation, qui s'est prolongée du stéphanien au médio-jurassique avec des caractères analogues, et à laquelle on donne le nom de Gondwana. C'est l'équivalent bien connu des formations du karoo dans l'Afrique Australe. Partout, pendant cette longue période, il y a, dans la péninsule indoue, interruption des dépôts marins. L'Inde a émergé et les dépôts, qui s'y accumulent en gardant constamment des caractères analogues, sont uniquement des grès et des schistes, déposés dans des conditions continentales, le long de rivières peut-être plus encore que dans des lacs. Ces gondwanas, dont l'équivalent n'existe pas dans la zone himalayenne, où les dépôts contemporains sont, au contraire, marins, reposent, en général, sur les gneiss, parfois aussi sur les Cuddapah ou les Vindhyans dans des bassins de dépression. Leur épaisseur fait supposer que, pendant leur dépôt, le fond de ces bassins subissait un affaissement progressif. Quand ils ont cessé de se produire, l'Inde n'a pas été de nouveau recouverte par la mer, mais est restée jusqu'à aujourd'hui sous la forme d'un continent définitivement émergé. Si les Gondwanas sont parfois recouverts et masqués, c'est exclusivement par les coulées de trapps du Dekan.

Nulle part, on ne constate de plissement proprement dit pour les couches du Gondwana. Ce serait pourtant une erreur de croire que ces dépôts sont restés horizontaux; et l'examen attentif, qui a pu en être fait par suite des exploitations houillères auxquelles ils ont donné lieu, en a, au contraire, montré les fréquents bouleversements. Un violent mouvement de compression, qui a commencé à se produire vers la côte Est, entre le Gondwana inférieur et le Gondwana supérieur, mais qui a dû surtout s'accentuer par un contrecoup des plis himalayens, a brisé les couches, les a fait tomber dans des sillons de fracture, grâce auxquels ils ont échappé à l'érosion, a donné aux terrains des mouvements d'affaissement qui aboutissent parfois à des plis de large envergure, etc. C'est ce que montreront mieux les détails donnés plus loin[1] sur ces sillons houillers. Pour le moment, nous allons nous contenter d'énumérer les principales divisions du Gondwana.

Le Gondwana a été coupé en deux divisions discordantes, qui n'ont presque aucune plante commune : le Gondwana inférieur à Équisétacées, le supérieur à Cycadées et à Conifères. L'inférieur se subdivise à son tour, en trois termes : les *Talchirs* stéphaniens avec leurs conglomérats (boulder-beds) à galets plissés et striés, souvent considérés comme glaciaires; les *Damudas* (permo-carbonifère), contenant les houilles de

[1] Pages 311 à 316.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'Inde dans leur division inférieure dite des Barakhar, rarement dans la division supérieure dite de Raniganj ; enfin les *Panchets* triasiques, qui ont fourni la plupart des fossiles animaux de ce groupe. Sur la côte Est, il existe des représentants marins de la série médio-jurassique, constituant le Gondwana supérieur et, à l'Ouest, dans le Cutch, un dépôt lacustre du Gondwana supérieur intercalé entre deux formations marines.

1° A la base, les *Talchirs*, assimilés aux couches de Bacchus Marsh de l'État de Victoria, ou aux conglomérats d'Ecca et de Koonap en Afrique Australe, présentent, comme ces deux dernières formations, des dépôts hétérogènes à blocs striés, englobés dans un limon très fin, interprétés comme des formations glaciaires et rattachés au stéphanien.

Les couches de Karharbari, que nous allons bientôt décrire et qui fournissent les meilleurs charbons de l'Inde, appartiennent à la partie supérieure de ce groupe, avec déjà passage au permien et peuvent, dès lors, être rapprochés des charbons de Kouznetsk en Sibérie, ou de certains bassins houillers de notre Plateau Central, comme ceux de Commentry et surtout de Bert, dans l'Allier.

2° Dans les *Damudas*, on a distingué, en partant du bas, les Barakhar permo-carbonifères, les Iron-stones (roches ferrugineuses) et les Raniganj, déjà franchement permiens. C'est dans les deux premières subdivisions, dont l'âge ne dépasse pas le permien inférieur, que se trouvent toutes les mines de houille importantes de l'Inde. L'épaisseur des Damudas atteint 2,600 m. dans la vallée de la Damodar qui, par altération, lui a donné son nom.

3° Enfin, les *Panchets*, qui terminent le Gondwana inférieur, sont des dépôts triasiques, assimilables aux couches de Stormberg de l'Afrique Australe et où, comme en Afrique, ont été trouvés les principaux fossiles animaux des formations inférieures : Crustacé d'eau douce, labyrinthodontes, reptiles.

Entre le Gondwana inférieur et le Gondwana supérieur, se place alors un mouvement très net de dislocation, avec effondrement de certains compartiments qui se sont trouvés conservés : ceux où nous retrouvons aujourd'hui les terrains à houille des Damudas.

Ce n'est pas à dire cependant, à notre avis, comme le pense Suess[1], que les sillons houillers actuels soient les débris d'une seule et unique formation démantelée. Le géologue autrichien assimile lui-même ces sillons à ceux de notre Plateau Central, pour lesquels il semble bien démontré aujourd'hui que des lacs distincts (évidemment un peu plus étendus que les affleurements actuels) ont eu des remplissages indépendants. Une conclusion analogue est également vraisemblable pour l'Inde. Les compartiments affaissés, où existe aujourd'hui la houille, ont dû commencer à s'enfoncer (avec une extension plus large, mais sans con-

[1] *Loc. cit.*, I, 515.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tinuité) avant le dépôt, préparant des cuvettes qui se sont ensuite accentuées pendant et après le remplissage.

Rien ne prouve que les derniers de ces accidents soient, comme on le dit, antérieurs au Gondwana supérieur. Il paraît, au contraire, plus vraisemblable qu'ils se sont continués ultérieurement.

4° Dans le Gondwana supérieur, le groupe de *Mahadeva*, caractérisé dans les montagnes de Satpura, où son épaisseur atteint 3,300 m., est formé de grès à gros éléments, graviers et conglomérats, avec argiles et quelques bancs calcaires. On le rattache au rhétien.

5° Le groupe liasique de *Rajmahal*, dans les montagnes de ce nom, présente, comme traits caractéristiques, de très nombreuses intercalations de trapps et laves basaltiques au milieu d'une série de grès et schistes. Sa flore est marquée par la disparition des Glossopteris. Ces dépôts jurassiques marins apparaissent fréquemment sur la côte Est, à l'embouchure du Mahanady (à Cuttak), à l'embouchure du Godaveri, puis au Sud de Pondichery, à Trichinopoly, etc., montrant que, dès cette époque, la côte Est formait approximativement rivage.

6° Enfin, les termes tout à fait supérieurs du Gondwana sont représentés sur la côte Est, où ils se différencient par l'apparition de fossiles marins, et par leur discordance légère sur le Gondwana inférieur. Leurs équivalents européens sont les divers termes du médio-jurassique.

Crétacé. — Le crétacé n'est guère représenté dans la Péninsule que le long de la côte de Coromandel (Pondichéry, etc.). Il y est sous forme de dépôts de mer peu profonde. Sa présence montre qu'à cette époque, comme pendant le médio-jurassique, la mer avait là des rivages peu différents des rivages actuels.

Tertiaire. — Le tertiaire, également fort peu développé, n'existe guère dans la péninsule qu'en quelques points de la côte Ouest.

Trapps du Dekan. — Enfin la constitution géologique de la Péninsule comprend, sur d'immenses étendues, la formation dite du Dekan, que le chemin de fer recoupe, par exemple, sans interruption, sur 800 km. de long, entre Bombay et Nagpur et qui, dans l'ensemble, a dû s'étendre sur 10° en latitude et 16° en longitude. Ce sont des formations volcaniques (laves et cinérites) ayant des caractères pétrographiques très variés, mais se rattachant, en majeure partie, à la famille des dolérites ou des basaltes. Les amygdales, que renferment fréquemment ces roches, nous intéressent ici par les nodules d'agate que fournit leur destruction[1]. On y trouve aussi une abondance de zéolithes. Pendant longtemps, on a cherché des explications compliquées à ces roches,

[1] Voir plus loin, Ch. XXIX.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qu'on a par exemple voulu assimiler à des épanchements sous-marins et qui sont, en réalité, des coulées volcaniques, produites par des volcans pour la plupart disparus, mais dont quelques spécimens ont été pourtant retrouvés dans la région de Bombay.

Ces coulées, qui peuvent atteindre plus de 1,800 m. de haut vers Bombay, et qui vont progressivement en se coïnçant de l'Ouest à l'Est, reposent parfois sur des sédiments métamorphisés par elles, auxquels on a donné le nom de groupe des Lametas et renferment des intercalations de sédiments lacustres qui permettent de les dater. Ces épanchements ont dû commencer pendant le crétacé moyen, sur un continent présentant encore quelques lacs temporaires et se sont prolongés jusqu'à l'éocène moyen.

Le tableau ci-joint permettra de fixer les traits les plus importants à retenir du tableau précédent.

HISTOIRE DE L'INDE PÉNINSULAIRE

Épanchements des trapps, du crétacé moyen à l'éocène moyen.

Crétacé (32)	Localisé sur la côte Est.	
Gondwana supérieur (jurassique inférieur et moyen).	*Médio-jurassique* (25, 26).	Equivalents marins sur la côte Est (Kota-Maleri, Jabalpur, Umia).
	Lias (21 à 24).	Rajmahal.
	Rhetien (20).	Mahadeva.

Discordance ordinaire. Effondrement des dépôts précédents et dénudation suivie d'une transgression.

Gondwana inférieur (stéphanien au trias).	*Trias* (17 à 19).	Panchets.
	Permo-carbonifère. Damudas. (14)	Ranigang (houille de Ranigang).
		Terrains ferrugineux.
		Barakhar (niveau ordinaire des houilles).
	Stéphanien (13).	Talchirs (Karharbari).

Émersion et discordance générale. — Plissement (calédonien ou hercynien) vers l'Est, dans les Ghats orientales.

Cambro-silurien (paléozoïque ancien). (2 à 4).	Série supérieure des Vindhyans.
	Série inférieure des Cuddapah (subdivision de Karnul), grès et schistes.

Plissement huronien général dans la péninsule.

Précambrien (1). (terrains de transition).	Groupes de Dharwar, Bijawar, Béhar, Gwalior, Arawallis, Delhi. (Schistes, ardoises, schistes amphiboliques, quartzites, jaspes, rarement calcaires.)

Discordance locale.

Archéen	Gneiss feuilletés du Bengale avec micaschistes, calcaires et minerais de fer.
	Gneiss massifs et gneiss-granites du Bundelkhand.

ZONE DES PLISSEMENTS HIMALAYENS

Tandis que la péninsule indoue présente des traits tout à fait particuliers, sur lesquels il était nécessaire d'insister, notamment sa stabilité

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

depuis l'époque précambrienne et son émersion depuis le silurien, la zone influencée par les plissements tertiaires hymalayens est beaucoup plus conforme à ce que nous avons l'habitude d'observer dans l'Europe méridionale ou centrale et offre une série plus normale et plus continue de terrains généralement marins, qui, fort intéressants pour la tectonique en raison des mouvements qu'ils ont subis, n'ont que peu de choses à nous apprendre pour la métallogénie.

A la base, on y trouve, surtout dans les régions les plus hautes, dans la chaîne neigeuse (Snowy Range), une zone de gneiss, granites, microgranites, etc., dont les gneiss pourront nous présenter des types d'imprégnation métallifère analogues à ceux de la région péninsulaire, tandis que les microgranites sont parfois associés avec une gangue de grenat et magnétite, où se trouvent occasionnellement englobés des sulfures métalliques. Les équivalents de ces formations archéennes sont également métallisés dans le Darjeeling (Sikhim) et dans le plateau de Shillong, en Assam.

Puis viennent, soit vers le Salt-range à l'Ouest, soit en Assam, à l'Est, des quartzites et schistes *précambriens* avec intrusion de granites et de trapps, qui sont l'équivalent des Arawallis. Au même niveau, la formation de Spiti a donné des terrains bréchiformes qui peuvent être la base d'une lame de charriage et que l'on a aussi parfois interprétés comme un dépôt glaciaire analogue à celui du sinien chinois.

La *série paléozoïque* est complète dans l'Himalaya depuis l'Haimanta cambrien jusqu'au carbonifèrien. On retrouve une série analogue, ininterrompue, mais où l'on est moins sûr qu'il n'existe pas de lacunes, à l'Ouest, dans le Salt-range et il en existe également des équivalents : au Nord-Est, dans le Tibet; à l'Est, dans la Haute-Birmanie.

Le *carbonifère* du Salt-range commence par un boulder-bed (conglomérat) glaciaire et se continue par des couches marines stéphano-permiennes à Productus, abondamment fossilifères; il montre des affinités occidentales, européennes, contrastant avec la barrière qui avait semblé auparavant séparer l'Europe de l'Inde.

Une discordance sépare, dans le Salt-range, le dinantien du stéphanien et accuse, par conséquent, ici un de ces mouvements hercyniens préliminaires des grands plissements alpestres, comme tant d'autres chaînes plissées à l'époque tertiaire nous en offrent des exemples.

Dans l'Himalaya central, la discordance existe aussi moins nette et placée un peu plus haut, entre des quartzites et des schistes permiens. Au-dessus de ceux-ci, une série calcaire très développée représente le trias, le rhétien et le lias.

Le carbonifère marin est encore connu aux deux extrémités de la chaîne dans l'Afghanistan et dans la Birmanie.

Plus haut, dans la série, le *jurassique* a été surtout étudié à l'Ouest,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans ce qu'on appelle le Cutch, où il a 3.000 m. d'épaisseur, avec une couche du Gondwana supérieur intercalée entre deux formations marines, l'inférieure portlandienne (31), la supérieure cénomanienne (36). Dans l'Himalaya proprement dit, on le connaît sous la forme des couches de Spiti. Le métamorphisme habituel aux chaînes plissées l'a souvent rendu méconnaissable. On observe, du Nord au Sud, une zone axiale où le néocomien (32) paraît succéder en concordance au jurassique supérieur (31); puis une zone où ils sont séparés par une émersion; enfin une zone où l'aptien (34) est transgressif. L'aptien présente ici les mêmes fossiles caractéristiques qu'en Europe. Retenons encore l'existence de la houille crétacée dans l'Assam et en Basse-Birmanie; celle aussi des lignites éocènes de l'Assam, sur lesquels nous allons revenir.

En ce qui concerne le *tertiaire* dans le Nord de l'Himalaya central, on a trouvé la formation nummulitique portée à 6.000 m. d'altitude à la passe de Singh-là. Dans le Kashmir, près de Kargil, une grande série de roches volcaniques basiques s'intercale dans ce nummulitique.

Dans le Sud, au contraire, une série tertiaire très spéciale forme, le long de la chaîne, une longue bande étroite, le Sub-Himalaya ou les « Siwaliks », dont les caractères particuliers accusent, comme ceux du Gondwana, des dépôts de rivières ou de torrents. Cette formation atteint 4.500 m. et contient une faune célèbre analogue à celle de Pikermi (miocène supérieur ou pliocène). Ces couches des Siwaliks (pontien 53, ou pliocène 54) ont été elles-mêmes plissées.

L'Histoire de l'Himalaya[1] accuse donc un premier mouvement hercynien, puis une série marine concordante du permien au crétacé supérieur, un grand plissement commencé avant l'éocène, accentué à la fin de l'oligocène, continué presque jusqu'à l'époque actuelle (plissements affectant les Siwaliks). La poussée, dirigée du Nord au Sud contre le massif indou, s'est traduite par des renversements, des charriages, des « klippen » analogues à ceux des Alpes. La fracture, qui sépare l'Himalaya du massif indou, a dû s'accentuer progressivement pendant le pliocène, amenant, par la dégradation de la lèvre soulevée, la puissance des dépôts des Siwaliks. Enfin, en arrière de la chaîne principale, d'autres fractures ont amené les épanchements basiques du Haut-Indus, du Tibet, etc., avec volcans actuels, le long d'un certain nombre de sillons d'effondrement. C'est dans ce sens, en des régions encore à peu près ignorées, qu'il pourrait y avoir lieu de chercher des minerais analogues à ceux de certaines régions méditerranéennes.

LES CHARBONS DE L'INDE[2]

Nous allons maintenant, comme d'habitude, revenir, pour les étudier

[1] Voir, à ce propos, la *Science géologique*, p. 436.

[2] Voir planches III et VII. Comme ouvrages généraux voir : 1881. Ball. *Economic*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plus spécialement, sur les niveaux qui, dans cette série stratigraphique, renferment des formations charbonneuses.

Une étude, où seraient passés en revue tous les gisements charbonneux de l'Inde, comporterait de longs développements d'un intérêt exclusivement local. Nous nous bornerons à envisager ici les conditions plus générales du dépôt avec application à quelques gisements, ou d'une valeur économique spéciale, ou d'un intérêt géologique particulier.

Karharbari. — En partant du Nord (pl. III), la première traînée charbonneuse que l'on rencontre est celle de Karharbari, reliée à l'East Indian

geology, p. 59 à 120 avec carte des gisements charbonniers et bibliographie antérieure. — 1890. *Annuaire géol.*, p. 784. — 1901. *Der Kohlenmarkt in Indien* (Z. f. p. G., p. 247). — 1906. Dunstan. *Sup. report on the Composition and quality of a serie of indian coals* (Rec. india, XXXIII, 241-254). — 1899. *Kohlenvorräthe Indiens* (Z. f. p. G., p. 236. — 1909. Lozé. *Les charbons de l'Hindoustan et de la Birmanie* (Economiste français, 15 mai et 26 juin).

Le geological Survey a publié, soit dans les Records, soit dans les Mémoires, toute une série de monographies dont nous donnons ci-joint la liste, avec quelques additions bibliographiques, en les rangeant, pour faciliter les recherches, dans l'ordre alphabétique des gisements décrits.

1900. *Charbons de l'***Assam** (Z. f. pr. Geol., p. 292). — 1878. *Geology of the* **Aurunga** *and Hutar Coal-fields* (Mem. India. XV). — 1889. *On the coal outcrops in the Sharigh Valley* **Baluchistan** (Rec. india, XXII). — 1873. *On the Barakars (coals-measures) in the* **Beddadanole** *field, Godavari district* (Rec. India, VI). — 1867. Hughes T.-W.-H. **Bokaro** *Coal field* (Mem. India, VI, 39-108). — 1873. Ball. *The* **Bisrampur** *Coal-field* (Rec. India, VI). — 1868. *On the Coal-seams of the Neigbourhood of* **Chanda** (Rec. India, I). — 1872. Ball. **Chopé** *Coal-field* (Mem. India. VIII, 347-352). — 1872. Hughes T.-W.-H. **Daltonganj** *Coal-field* (Mem. India, VIII, 325-346). — 1906. Wright. *The* **Dandli** *Coal-field* (Jammu State (Rec. India, XXXIV, 37-40). — 1870. Hughes T.-W.-H. **Deoghur (Kuraon)**. *Coal-fiel* (Mem. India, VII, 247-255). — 1862. Hughes T.-W.-H.**Itkhuri** *Coal-field* (Mem. India, VIII, 321-324). — 1906. R. R. Simpson. *The* **Jaipur** *and Nazira Coal-field* (Upper Assam) (Rec, India, XXXIV, 199-239). — 1865. Hughes T.-W.-H. *On the* **Jherria** *Coal-field* (Mem. India, V, 227-336). — 1870. Hughes T.-W.-H. **Karharbari** *Coal field* (Mem. India, VII, 209-246). — 1880. W. Saise. **Karharbari** (Proc. north. Engl. Ind., XXX). — 1869. Hughes T.-W.-H. **Karanpura** *Coal-field* (Mem. India, VII 285-342), — 1906. T.-D. La Touche. *The* **Lashio** *Coal field Northern Shan States* (Rec. India, XXXIII, 117-125) : cf. 1891, Noetling, *ibid.*, XXIV, p. 99). — 1906, R.-R. Simpson. *On the* **Makum** *Coal-field* (upper Assam) (Rev. Ind., XXXIV. 239-242). — 1870. Medlicott H.-B. *The* **Mohpani** *Coal-field* (Rec. Geol. Surv. Ind., III, 63-70). — 1876. Mallet F.-R. *Coal-fields of the* **Naga Hills** (Assam) (Mem. India. XII, 269-363). — 1906. R.-P. Simpson. *The* **Namma**, *Man-sang and Man-se-le Coal-fields Northern Shan States, Burma* (Rec. India, XXXIII, 125-157). — 1871. Medlicot H.-B. *Note on the* **Narbadda** *coal-basin* (Rec. Geol. Surv. Ind., IV, 66-69). — 1875. Ball. *The* **Raigarh** *and Hingir coal-field* (Rec. Geol. Surv. Ind., VIII, 102-121). — 1867. **Ramgarth** *Coal-field* (Mem. India, VI). — 1878. **Ramkola** *and Tatapani Coal-field* (Sirguja) (Mem. India, XV). — 1901. *Report on the* **Rampur** *Coal-field* (Mem. India, XXXIII. — 1863. Blanford W.,T. *On the geological structure and relations of the* **Raniganj** *Coal-field* (Mem. India, III). — 1885. Hughes T.-W.-H. *Coal-field of South* **Rewah** (Mem, India, XXI, 137-249). — 1873. Medlicot. **Satpura** *Coal-Basin* (Mem. India. X, 133-188). — 1887. *The Southern Coal-fiels of the* **Satpura** *Gondwana basin* (Mem. India, XXIV). — 1894. G. Kirkup. *On the* **Singareni** *Coal-field, Hyderabad (Deccan)*, avec carte et 3 pl. (Rec. India. XXVII ; cf. Tr. North. of Engl. Ind , p. 179-205). — 1856. *On the coal and iron of* **Talchir** (Mem. India, I, 1856). — 1867. *The Coal-seams of the* **Tawa** *valley* (Rec. India, I). — 1877. Hughes T.-W.-H. **Wardha** *Valley coal-field* (Mem. India, XIII, 1-154).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Railway par un embranchement. Ce petit champ minier, situé à environ 320 km. de Calcutta, n'occupe qu'une étendue de 25 à 30 km², mais a de l'importance, à la fois par sa situation et par la qualité supérieure du charbon. C'est, en outre, la formation charbonneuse la plus ancienne du Gondwana indou, et son âge stéphano-permien peut contribuer aux qualités supérieures qu'on lui attribue.

Le charbon, dont on a évalué le cube utilisable à 80.000.000 t., se présente en trois couches principales, avec une épaisseur moyenne de 3.30 m. La composition est : charbon 66,3 ; matières volatiles 23 ; cendres 10,7. Le pouvoir calorifique est supérieur à celui des charbons de Raniganj dont il sera question plus loin, dans la proportion de 113 à 100.

Tectoniquement, la traînée charbonneuse, à laquelle appartient Karharbari, est encaissée dans des terrains métamorphiques, gneiss, granites gneissiques, granites, etc. avec couches de Talchir à la base surtout dans le Nord-Ouest et groupe inférieur de Damuda (Barakar) au-dessus. Les terrains du Gondwana ont 7 à 809 m. d'épaisseur. Des dykes de trapps le recoupent en divers sens.

Comme nous l'observerons dans la plupart de ces bassins indous, il ne faut pas s'attendre à un ordre de superposition normal. Sauf dans le coin Nord-Ouest où les Talchirs reposent régulièrement sur le soubassement précambrien en enveloppant une sorte d'îlot de ces terrains sur lequel est bâti Karharbari, on voit tantôt l'une tantôt l'autre des séries passer transgressivement sur ces terrains métamorphiques. Les Talchirs présentent l'ordinaire conglomérat (boulder-bed) qui a été souvent considéré comme glaciaire.

Les bordures Nord et Sud sont formées par des failles, qui coupent les terrains transversalement ; celle du Sud n'a guère qu'une trentaine de mètres, celle du Nord est suivie par un filon de quartz bréchiforme. Les limites Est et Ouest, au contraire, sont naturelles.

Des conditions analogues se reproduisent dans les bassins de Deoghur ou Kuraon et d'Itkuri, situés à peu près sur la même latitude, où le Gondwana s'arrête également au groupe de Barakhar, sans représentants des terrains plus élevés.

Le groupe dit de *Deoghur* (*Kuraon*) est à l'Est de celui de Karharbari, un peu au delà de la ligne Nord-Sud de l'East Indien Railway, près de la rivière Adjai. Vers l'Est, dans ce sens, on trouve, avec une direction N.W. — S.E., deux ou trois traînées de terrains du Gondwana encaissées dans les gneiss et recoupées ou limitées, comme celle de Karharbari, par des failles suivant leur allongement. Les terrains de Talchir dominent ici et la série charbonneuse de Damuda se réduit à trois taches limitées, du groupe de Barakhar : l'une qui traverse la Jainti, puis celles de Sahajori et de Kundit-Kuraiah.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Raniganj. — Une seconde traînée charbonneuse plus méridionale est celle que traverse la vallée de la Damuda et qui commence, à l'Est, par le bassin de Raniganj, le plus important de l'Inde par sa production, dont le chiffre atteint à lui seul près de 39 p. 100 de la production indoue. Vers l'Ouest, cette traînée aboutit au bassin des South Rewa et, dans un vaste épanouissement, se raccorde à une autre traînée, sur laquelle se trouvent Talchir et Sambalpur. A Raniganj on estime la superficie du bassin à 2.500 km², dont 1.500 utilisables. Dès 1777, on a commencé à y travailler, un certain nombre de houillères s'y sont établies en 1830 et, aujourd'hui, c'est le « pays noir » de l'Inde, sillonné de chemins de fer et planté de cheminées d'usines.

Géologiquement, on a là une série de Gondwana très développée, allant des conglomérats stéphaniens de Talchir à la base jusqu'au groupe triasique de Panchet à la partie supérieure. C'est le seul point où l'on ait trouvé du charbon utilisable dans un autre groupe que celui du Barakhar : le groupe plus élevé, appelé précisément Raniganj.

Des bandes d'hématite ferrugineuse existent dans la partie moyenne des Damudas, dite des schistes ferrugineux. Ces minerais forment, d'ordinaire, des lentilles ou des chapelets de nodules, mais passent parfois à un banc régulier de « black band ».

Au Sud, il y aurait, d'après Blanford, une faille de 2 à 3 km., coupant brusquement tout un ensemble qui, au Nord, repose normalement sur le gneiss et dont la pente générale est vers le Sud.

En continuant la vallée de la Damuda vers l'Ouest, à 25 km. de Raniganj, on trouve les mines de Jherria (ou Jharia), dont la production, presque équivalente à celle de Raniganj, fournit 36 p. 100 de la production indoue.

Le bassin houiller de **Jherria**, à 30 km. Ouest de Raniganj, autrefois étudié par Th. Hughes, en 1861, présente un intérêt spécial par la qualité de ses charbons et par l'importance de son exploitation industrielle.

Il remplit, au milieu des schistes métamorphiques, une zone d'environ 15 km. de large sur 35 de long, fermée aux deux bouts. Au Nord, la série des Talchirs avec ses conglomérats à la base, repose directement sur les terrains métamorphiques, tandis qu'elle manque au Sud. Puis viennent, du Nord au Sud, dans l'ordre de leur âge, les terrains de Damuda, bien concordants entre eux : terrains dirigés dans leur ensemble suivant l'axe du bassin et plongeant pour la majeure partie vers le Sud. Au Nord, c'est le groupe de Barakhar avec la plupart des couches de houille ; au centre, le groupe des schistes charbonneux, avec minerais de fer, moins développé ici qu'à Raniganj ; au Sud, le groupe de Raniganj qui contient encore quelques lits de charbon plus développés à Raniganj. Le tout, pouvant représenter 2.200 m. d'épaisseur, est recoupé par de nombreux dykes de trapps, les uns allongés suivant la direction des schistosités, les autres transversaux, dont le rôle peut être comparé à celui des por-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

phyrites dans les bassins houillers du Plateau Central français. Mais, en général, ces dykes s'arrêtent avant d'atteindre les Talchirs. A la partie supérieure, les Panchets, très développés à Raniganj, manquent ici.

Puis viennent *Bokaro* et *Ramgarh* ; enfin, à l'origine de la vallée de la Damuda et au Sud d'Hazaribagh, *Karanpura*, dont on estime la richesse à 75.000.000 t. avec une épaisseur de 23 m., mais dans des conditions d'exploitation très difficiles.

Karanpura, d'après la description de Hughes, présente une grande cuvette de 1.200 km², allongée toujours dans le même sens Est-Ouest qui est celui des ridements et failles de la région, avec un petit bassin secondaire au Sud-Est, près de Jainagar. Les Talchirs, situés sur la bordure, sont peu développés ; mais tout le centre de la cuvette est occupé par les terrains de Panchet, inférieurs et supérieurs, très épais ici.

La périphérie est occupée par des terrains métamorphiques qui, au Sud, butent par faille contre les Gondwana. Le charbon est, comme toujours, dans le groupe permo-carbonifère des Barakhar. Les schistes ferrugineux à bandes d'hématite schisteuse, qu'on observe à Raniganj, existent aussi ici, mais plus siliceux.

Plus loin encore, vers l'Ouest, *Ilkuri* est à 37 km. Nord-Ouest d'Hazaribagh. *Aurunga*, dans la vallée de la Koel, est estimé contenir 20.000.000 t. Dans la même vallée, *Daltonganj*, qui est un peu exploité, a été évalué à 11.600.000 t.

Beaucoup plus à l'Ouest, le **bassin de Satpura**, au Nord de Nagpur, forme une traînée Est-Ouest au Sud de la vallée de la Narbada et à l'extrémité Nord-Ouest des Provinces centrales. On peut le considérer comme l'extrémité de la grande traînée du Chota Nagpur, que l'on suit d'autre part jusqu'à Jabalpur, pour la voir alors disparaître sous les alluvions qui, d'après les sondages, dépassent 150 m. d'épaisseur, et même 230 à Khapa.

C'est une des régions où les divers groupes du Gondwana sont le mieux représentés et ont pu être étudiés. Medlicott y a décrit les séries de Talchir, de Barakhar, de Damuda, etc. D'après ce géologue, ce serait un ancien bassin de dépôt, ultérieurement comprimé et même plissé, mais dont les bordures Nord et Sud, formées de terrains métamorphiques, seraient encore les limites originelles, malgré les accidents que peut présenter la bordure Nord. Les terrains du Gondwana ont un plongement général vers le Nord, et, du Nord au Sud, on descend par conséquent, d'ordinaire la série stratigraphique. Dans l'Est, le long de la Sitariwa, on a un véritable anticlinal avec terrains verticaux sur le flanc Nord. Les indications d'un mouvement postérieur aux dépôts du Gondwana sont nombreuses.

Vers le Nord-Est, le bassin se poursuit à Mopani, point terminus d'un petit embranchement au Nord de Chhindwara, où la Narbada Coal and

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Iron Cy a tenté une exploitation. Au Sud-Ouest et au Sud-Est, il disparaît sous les coulées de trapps.

Au Nord-Est de Jabalpur (Jobbulpore), on retrouve, dans le district de **South Rewah**, une série de petits bassins charbonneux distincts : Umaria, Korar, Johahilla Valley, Sohagpur, qui appartiennent évidemment au prolongement tectonique de la série précédente. Les cartes de détail, autrefois publiées par M. Hughes, montrent, sur un soubassement de terrains métamorphiques précambriens (Bijawar), des couches de Talchir, puis la série à charbon de Barakhar, enfin la série des Supra Barakhar qui masque une grande partie des dépôts charbonneux, et des épanchements de trapps, reposant fréquemment sur des couches, dites Lametas, qui sont des dépôts terrestres ou d'eau douce transgressifs sur le Gondwana. Les dépôts du Gondwana étant eux-mêmes transgressifs sur les schistes métamorphiques, tantôt l'un, tantôt l'autre d'entre eux vient en contact avec le soubassement.

Les Talchirs peuvent avoir 100 à 150 mètres de puissance. Au-dessus d'eux, on trouve la flore de Karharbari et enfin les dépôts charbonneux. Celui d'Umaria peut occuper 13 km², celui de Korar 23 km², celui de Johahilla, 8. Des sondages y ont fait reconnaître diverses couches de houille. Mais le grand bassin charbonneux est celui de Sohagpur, qui couvre près de 4.000 km², avec 70 k. de long, malheureusement sans couches de houille importantes. Les dépôts y sont restés à peu près horizontaux, avec une légère pente vers le Nord.

Lignite et ambre crétacés de l'Assam et de la Birmanie. — La série du Gondwana est celle qui présente les dépôts charbonneux vraiment importants de l'Inde. Il faut néanmoins dire quelques mots des lignites plus récents, les uns crétacés, les autres tertiaires, dont les derniers donnent lieu, dans l'Assam, à une exploitation d'un certain intérêt.

Le crétacé de l'Assam contient, sur le flanc méridional du plateau de Shillong, des couches charbonneuses avec résine fossile associée. Des terrains analogues existent en Basse-Birmanie, dans la vallée de la rivière Lenya, également avec résine fossile.

Différents auteurs ont décrit les anciennes mines d'ambre de la Birmanie [1], qui ont eu jadis de l'importance. A Payentoung (lat. : 26°,20; long. : 96°), dans la vallée de Houkoung, existent des mines, parfois dénommées Ava, qui ont fourni la majeure partie de l'ambre birman. Non loin se trouve Kotahbhum, avec de l'ambre de qualité inférieure, que les Singhphus ne permettaient pas d'exploiter, considérant l'endroit comme sacré. Griffiths a décrit, en 1837, des gisements situés à 50 m. au-dessus de la plaine de Meinkhun, où l'ambre existe avec

1892. NOETLING. *Report on the Economic Resources of the Amber and Jade mine areas in Upper Burma* (Rec. geol. Surv. Ind., XXV, p. 130-135).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du lignite dans des couches d'argile grises et rouges. Aujourd'hui, le district de Myitkiyna en produit un peu [1].

Lignites miocènes de l'Inde septentrionale (Assam). — Dans le coude de l'Indus, par 74° longitude et 33°,30, à Dandly, et plus loin, au Sud-Est, à Jammu, la série tertiaire inférieure de Subathu contient, suivant un grand pli anticlinal de 160 k. de long, des terrains fortement plissés, dans lesquels s'intercalent des couches de lignite très irrégulières, de mauvaise qualité et inutilisables, récemment étudiées par Wright. Des brèches, produites par le dynamo-métamorphisme, les accompagnent.

L'Assam présente, en dehors des lignites crétacés signalés plus haut qui n'ont pas d'importance, quelques lignites tertiaires, de qualité relativement bonne, sur lesquels on a organisé une exploitation. L'éocène de l'Assam renferme de premiers niveaux charbonneux associés avec des nummulites. Mais, quand on s'élève dans la série tertiaire, les dépôts d'eau douce plus caractérisés succèdent aux dépôts marins qui, du Sind à la Birmanie, représentent en principe le tertiaire inférieur. Des charbons existent dans le miocène du Makum, où ils donnent lieu à la seule exploitation de lignites qui ait quelque importance dans l'Inde, et l'on en retrouve probablement l'équivalent en divers points des chaînes birmanes jusque dans le Ténassérim.

Quand on examine une carte géologique de ces régions birmanes, sur lesquelles nous aurons à revenir dans le chapitre suivant, on y voit, le long de l'Arrakan jusqu'au cap Négrais, un axe anticlinal de schistes, rattachés autrefois au trias, aujourd'hui classés par Noetling dans le crétacé, auquel s'adossent, des deux parts, les sédiments miocènes, grès et schistes, qui renferment de minces dépôts de lignites. Tout ce système a été fortement plissé dans le sens N. E. S. Mallet, qui en a étudié la partie Nord dans le district de Makum, près du coude du Brahmapoutra, a montré comment le tertiaire, à plongement Sud-Est, tend là à passer sous les schistes crétacés dont il l'a supposé séparé par une faille. C'est un point dont on a fait ressortir l'intérêt tectonique [2]. Au Nord du Brahmapoutra, l'Himalaya, poussé du Nord vers le Sud, a un plongement général vers le Nord-Ouest. Au Sud, la chaîne birmane occidentale, qui va de l'Assam au cap Négrais, plonge en sens inverse, au Sud-Est. Le fleuve occupe l'intervalle entre ces deux chaînes, poussées l'une vers l'autre par des efforts tangentiels dont les résultantes étaient

[1] La même région de Myitkyina contient, dans une serpentine traversant les grès miocènes, une veine de jadéite, sur laquelle on fait une petite exploitation. Voir plus haut, p. 61 et pl. VII, plus loin, Ch. XXIX, Bibl : 1893. F. Noetling. *Note on the occurrence of Jadeite in Upper Burma* (Rec. geol. Surv. India, XXVI, p. 26, 31, avec carte). — 1895, M. Bauer. *On the Jadeite and other Rocks from Tammau in Upper Burma* (Rec. geol. Surv. India, XXVIII, p. 91-105). — 1896. F. Noetling. *Ueber das Vorkommen von Jadeit in Ober-Birma* (N. J. f. Min., I, p. 1-17).

[2] Voir plus loin, p. 343.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en sens contraire. Une zone pétrolifère, dont nous reparlerons, suit toute la longueur de cette chaîne : district de Makum, Akyab et Kyaupyu sur la côte birmane, vallée de l'Iraouaddy.

Les principales exploitations ont été organisées à Makum. N'ayant pour consommateurs que les chemins de fer et les bateaux à vapeur du Brahmapoutra, elles ont conquis, après de gros sacrifices, une sorte de monopole. Cependant, le prolongement des voies ferrées vers Jaipur et Nazira, par 95° longitude et 27° latitude, a récemment appelé l'attention sur le district de Jaipur, en partie situé dans un état indépendant.

Les charbons de Jaipur, analogues à ceux de Makum, mais d'une qualité un peu inférieure, présentent une dizaine de couches charbonneuses, dont l'épaisseur utilisable peut, d'après R.-R. Simpson, atteindre 15 mètres au plus et plutôt 5 à 6 mètres sur la rivière Disang, avec un cube de 1,5 millions de tonnes. Sur la rivière Dikhu, on en aurait 2,2 millions.

Lignites pliocènes des états Shan (Birmanie). — Entre l'Iraouaddy et le Salouen, dans les états Shan (pl. VII), on connaît du charbon tertiaire en divers points : à Lashio, par 98° et 23°, à Namma et Man-sang, un peu plus au Sud-Est. Ces gisements ont été successivement étudiés par Noetling, puis par La Touche et Simpson. Le groupe de Lashio s'étend, le long de la rivière Nam-yau, sur environ 24 k. de long, à une altitude de 800 m. Les terrains tertiaires (pliocènes?), à la base desquels se trouve le lignite, occupent un bassin bien défini au milieu des terrains paléozoïques, surtout composés de calcaires. La compagnie du Burma railway a fait, en 1902, un essai pour utiliser ces charbons, mais a dû y renoncer. A Namma, des terrains charbonneux analogues occupent un autre bassin dans le calcaire paléozoïque, dont le plissement est à peu près suivant l'axe du bassin, et leurs dépôts semblent y occuper une ancienne vallée d'érosion, que les plissements ultérieurs ont pu accentuer. Les sédiments, grès, schistes et conglomérats, rattachés au pliocène, ont été eux-mêmes plissés et leur pente est d'environ 20°. C'est surtout à la périphérie du bassin et à la base de la série tertiaire que le lignite semble s'être développé. Le charbon est un lignite lustré, ne pouvant donner du coke, mais supérieur aux autres lignites de la même région. Sa distance à la station de Lashio, qui est de 40 kilomètres, ne lui permet pas de lutter contre les charbons très supérieurs apportés du Bengale.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XVIII

GÉOLOGIE DE LA BIRMANIE, DE LA PRESQU'ILE DE MALACCA, DE L'INDO-CHINE ET DE LA CHINE MÉRIDIONALE. COUP D'ŒIL SUR LES INDES HOLLANDAISES ET LES PHILIPPINES. — LES COMBUSTIBLES[1].

Unité du sujet. — Il n'entre pas dans le cadre de ce livre d'y étudier les îles océaniques, à l'exception du Japon qui se rattache trop directement à l'Asie pour pouvoir en être séparé. Néanmoins, on ne comprendrait pas la tectonique de l'Indo-Chine si on n'en prolongeait l'étude dans les Indes Hollandaises, qui en forment la continuation immédiate et qui se relient à elle par un socle sous-marin dont la profondeur n'atteint pas 200 m. (pl. IV). Que l'on imagine les eaux de la mer s'abaissant de cette hauteur insignifiante, et, tandis que partout ailleurs, sauf dans le Golfe Persique et la mer Jaune, la forme extérieure de l'Asie sera à peine modifiée, ici l'on verra Sumatra, Java et Bornéo rattachés au continent. C'est à ce titre seulement que nous ferons une brève incursion incidente sur ce domaine. Quant aux pays asiatiques très divers dont il va être question dans ce chapitre, il est certain qu'en dehors des divisions politiques artificielles, des barrières naturelles les séparent souvent aussi les uns des autres. Il existe pourtant, entre eux tous, un lien tectonique et, par conséquent, métallogénique, que nous tenons à mettre d'abord en évidence. Sans doute, quand nos connaissances sur ces régions, encore si incomplètement explorées, auront fait des progrès, on sera amené à y introduire bien des groupes distincts, dont nous ne pouvons donner qu'une première esquisse, et l'on entrevoit, dès à présent, qu'il y aura lieu de traiter alors isolément, non seulement comme nous allons le faire de suite, les chaînes tertiaires de la Birmanie occidentale, mais encore ces autres chaînes anciennes à longs plis réguliers qui occupent l'Est de ce même pays et se prolongent dans toute la presqu'île de Malacca, puis les plateaux à strates horizontales, correspondant à quelque massif primaire échappé aux plissements post-permiens, comme la région frontière du Siam et du Cambodge, les hautes saillies anciennes à plis de terrains primaires dominants qui existent dans l'Ouest du Sé-tchouan, les pla-

[1] Voir pl. IV, VII, VIII, et IX. La bibliographie de ces régions se trouve aux chapitres où il est traité de leur métallogénie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

teaux karstiques occupés, dans les États Shans, le Laos ou le Yunnan, par les calcaires ouralo-permiens, le grand bassin rouge par lequel est couvert l'Est de ce pays, les virgations en éventail du Tonkin, etc., etc. Peut-être sera-t-on amené alors à séparer, comme cela a été indiqué précédemment pour la Sibérie, des zones concentriques de plissements de plus en plus récents, qui semblent pourtant ici n'avoir jamais épargné l'ensemble des terrains précarbonifères. Pour le moment, ce qui nous frappe avant tout, c'est le caractère d'homogénéité entre tous ces pays, où apparaît, tant qu'on ne quitte pas le continent, ce trait commun de chaînes plissées formées de terrains anciens à direction moyenne Nord-Sud ou N. W. — S. E., qui commencent seulement à s'infléchir au Nord-Est quand on arrive à l'Est du Tonkin : disposition contrastant tellement avec les chaînes à dépôts tertiaires plissés et à direction Est-Ouest de l'Himalaya et du Tibet, dans lesquelles s'introduit probablement leur suite infléchie. Cette homogénéité ressortira de toutes les descriptions de détail que nous donnons plus loin, avec une netteté singulière.

Si l'on n'est pas en droit d'affirmer, comme on l'a fait parfois, que les grandes chaînes de plissements aient été toutes dès l'origine marquées par des synclinaux marins, il n'en est pas moins vrai que, sur l'emplacement de beaucoup d'entre elles, on observe, dans les périodes ayant précédé directement la phase principale du plissement, une épaisse sédimentation marine affectant souvent un caractère bathyal. Ici, au contraire, bien que les plissements tertiaires soient souvent (et même généralement) intervenus d'une façon que nous qualifierons de posthume et en épousant alors la direction des plis antérieurs, les sédiments secondaires et tertiaires ne sont jamais marqués par des dépôts marins de mers profondes, mais, (quand il n'y a pas lacune complète par émersion), tout au plus par des sédiments terrigènes fluviatiles ou lacustres, auxquels s'associent de rares dépôts marins, également à type lagunaire et saumâtre, dont le caractère implique seulement des retours momentanés et précaires de la mer. Je néglige bien entendu, dans cet énoncé sommaire, les chaînes extérieures de plissements tertiaires comme les monts Arrakan en Birmanie occidentale, ou, en Malaisie, Sumatra, Java, etc., qui ne figurent ici que comme formant la couronne de la véritable région ancienne principalement considérée. En se bornant à cette dernière région, on pourrait, donnant au mot de chaîne hercynienne, une extension quelque peu abusive, et supposant que sa formation s'est prolongée jusqu'à la fin du trias ou même du rhétien, considérer ce vaste ensemble comme ayant été surtout modelé par les plissements primaires, terminés dans la phase hercynienne. Cela n'empêche pas, et nous venons d'en faire déjà la remarque, que les mouvements ultérieurs d'âge tertiaire soient intervenus, au moins sous la forme de plis à grande amplitude, de flexures aboutissant à des failles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les mises en place de certaines roches cristallines qui, par leurs types pétrographiques, semblent plus anciennes, ont pu en être parfois la conséquence. Mais ce ne sont pas ces mouvements tertiaires qui dominent, qui impriment les directions ordinaires des plis, sauf à y introduire localement des déviations anormales : ce sont les mouvements antérieurs au secondaire.

Directions des plissements. — Notre Pl. IV, complétée par la Pl. VIII, peut donner une idée des plissements dominants dans la région : plissements que nous nous sommes surtout attachés à marquer dans le massif primaire, métamorphique ou non, qui constitue le substratum. Il ne faut pas oublier, quand on examine une carte géologique de ces régions, l'allure toute spéciale des terrains carbonifères, permiens et secondaires, qui forment, sur le socle ancien, des manteaux transgressifs, dont il y a lieu, dans une certaine mesure, de faire abstraction. Il est vrai, ces terrains supérieurs ont été généralement plissés à leur tour, et, le plus souvent, dans le sens des terrains primaires sous-jacents. En outre, leurs transgressions et régressions ont été inégales. Néanmoins, sur la carte, leurs taches apparaissent dans l'ensemble comme des strates superposées suivant l'ordre stratigraphique, dont l'allure est particulièrement mise en évidence par le haut plateau du Yunnan méridional, au-dessus du Tonkin, avec la série ascendante régulière du carbonifère, du permien, du trias et du rhétien, au-dessus du socle primaire plissé qui reparaît dans les fonds, ou encore par toute la région du Kouangsi avec ses plateaux de calcaire permien presque horizontal, faiblement inclinés vers l'Est, et recouverts de lambeaux triasiques. Vers le Nord-Ouest de la même région, quand on gagne le haut pays qui s'étend du 26e au 30e, à la limite du Yunnan et du Sé-tchouan, les conditions changent. Les terrains permo-triasiques et infra-jurassiques ne sont plus à l'état de manteau, mais prennent part à des plissements très énergiques qui disposent tous les étages par zones parallèles juxtaposées, comme dans une carte de Bretagne ou des Ardennes.

En ce qui concerne l'ensemble des directions primaires (reproduites avec moins d'intensité dans les terrains superposés), nous ferons aussitôt une remarque qui n'est pas sans intérêt : c'est que les plissements généraux de l'Indo-Chine correspondent, de l'autre côté du golfe du Bengale, à de très anciens plis parallèles de la péninsule indoue. La Pl. VII, où nous avons eu soin de tracer ces plissements, met le fait en évidence malgré l'invasion marine qui s'est produite sur ce golfe, comme sur tout l'Océan Indien, depuis le jurassique moyen et surtout depuis le crétacé. La pointe Sud de l'Inde et Ceylan représentent de semblables axes anciens N.W—S.E, tous légèrement incurvés au Sud-Est au même titre que Malacca ou l'Annam. Loin vers l'Ouest, quand on retrouve à Madagascar un débris de l'ancien continent, c'est encore avec la même direction.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans le sens Est, on peut faire des observations analogues, et la Pl. IV, où nous avons complété les directions de plissements, comme on devrait toujours le faire, par quelques indications relatives aux grandes dénivellations sous-marines, accuse un conflit, sur lequel nous allons revenir, entre d'anciennes directions Nord-Sud ayant réjoué pendant le tertiaire et des directions Est-Ouest qui semblent plus récentes, plus spéciales à la Mésogée. C'est une cassure Nord-Sud qui forme l'axe volcanique allant de Formose aux Philippines et à Célèbes; et, exactement dans son prolongement en AB, on voit soudain le socle, qui prolonge quelque temps le continent australien à l'Ouest, faire place, suivant une falaise Nord-Sud, à des fonds de 5.000 m., et plus de profondeur. Les anciennes directions moyennes de l'Australie sont également Nord-Sud. Plus loin, vers le 180e degré, on suit, pendant près de 1/4 de méridien, une falaise sous-marine, à l'Est de laquelle se produisent brusquement, de la Nouvelle-Zélande aux Tonga et aux Samoa, des fosses de 8 et 9.000 m., comparables par conséquent aux plus hautes saillies du globe (Pl. I). C'est là déjà un ressaut analogue à celui qui, plus loin encore, produit en sens inverse, avec des différences de niveau presque doubles parfois, mais avec une direction moyenne analogue, l'émersion du continent américain.

Mais à travers ces grandes étendues, masquées aujourd'hui par la mer, qui peuvent représenter, avec des directions N. S., d'abord, à l'Ouest, un ancien continent pacifique, puis une ancienne fosse marine, il semble, que l'on aperçoive assez distinctement le prolongement des rides tertiaires dirigées suivant des parallèles.

C'est l'axe de Sumatra, Java, etc., relié à la chaîne himalayenne par l'inflexion de la chaîne birmane; et ce sont les lambeaux de chaînes parallèles, également tertiaires, que l'on entrevoit, par exemple, à Bornéo et à Célèbes. Plus loin, c'est peut-être, après un retour inverse vers le Nord, la série des atolls qui va des Carolines aux Marshall, ou encore celle des Tokelaou aux Pomotou.

Laissons de côté cette question des chaînes tertiaires, dont nous dirons quelques mots plus loin. Si nous revenons au centre du continent asiatique, nous voyons les plissements Est-Ouest de l'Asie centrale, après avoir traversé suivant une direction moyenne uniforme de telles étendues, se troubler en approchant du Pacifique (Pl. I). Et, d'autre part, les anciens plis Nord-Sud de la zone méridionale, d'autant plus marqués qu'ils ont rejoué à l'époque tertiaire, sont brusquement remplacés par des plis Est-Ouest quand on arrive dans l'Inde, au Nord du 27e parallèle, ou en Chine, vers le 32e. Le passage de l'une à l'autre direction se fait par une brusque coupure au Nord de l'Inde, le long de la faille des Siwalik. Ici il n'y a eu aucune velléité de raccorder les deux directions orthogonales. La chaîne tertiaire s'est simplement appliquée contre un massif trop anciennement consolidé, trop homogène, pour

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

se prêter à l'introduction de nouveaux plis. En Birmanie, c'est autre chose; la direction ancienne a pris le dessus sur la direction nouvelle, d'autant plus facilement qu'il était resté là, depuis l'époque dinantienne, une zone faible de l'écorce, un géosynclinal tout indiqué pour donner lieu à une chaîne de plissement. Dans la Chine méridionale et orientale, à partir d'un accident que semble marquer le fleuve Rouge au Tonkin, le cas est intermédiaire. Des directions Nord-Ouest et Nord-Est, l'une parallèle aux chaînes birmanes, l'autre parallèle aux plis anciens de la côte chinoise, paraissent en conflit perpétuel et provoquent des torsions, de brusques rebroussements, des virgations autour d'obstacles invisibles qu'il serait, dans l'état actuel de nos connaissances, prématuré de vouloir analyser dans des régions aussi mal connues. La planche IX et la figure 11, p. 334, mettent ce phénomène en évidence.

HISTOIRE TECTONIQUE GÉNÉRALE DE L'ASIE SUD-ORIENTALE

Si nous essayons maintenant de retracer à grands traits l'histoire tectonique de l'Asie sud-orientale, dont nous reverrons ensuite les traits plus particuliers région par région, voici ce que nous trouvons.

1° **Métamorphisme de profondeur et roches métamorphisantes.** — Ici comme partout, la série stratigraphique comprend, parmi ses premiers termes, des éléments métamorphiques et cristallophylliens, qui semblent parfois lui constituer une sorte de substratum. La difficulté de déterminer l'âge réel de tels terrains métamorphiques, depuis qu'on a dû renoncer à y voir trop commodément la croûte primitive de consolidation du globe, n'est pas spéciale à l'Indo-Chine ou à l'Insulinde. Elle s'y présente avec une acuité très grande, étant donné l'énorme extension des terrains primaires plissés et traversés par le granite, qui peuvent, avec des développements variables, avoir donné lieu à des apparences de gneiss archéens, mais qui, d'autre part, offrent très rarement les types pétrographiques habituels à l'archéen proprement dit[1]. La planche VIII porte la trace de cette difficulté; car nous n'avons pu éviter d'y désigner avec des couleurs trop distinctes : d'une part, des massifs de gneiss et schistes cristallins à granite abondant dont nous tenions à mettre ainsi les granites en évidence; de l'autre, des terrains primaires, eux aussi traversés et métamorphisés à l'occasion, mais, plus localement, par le granite. En réalité, il n'y a là qu'une seule série diversement métamorphique, dont il eût été préférable, si on l'avait pu, de séparer les étages, et il ne faut donc pas attacher une

[1] Les échantillons rapportés du Haut-Tonkin par M. Leclère, rappelaient plutôt les schistes marqués *x* sur la carte de France (*loc. cit.*, 304).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

importance trop grande à une division qui met pourtant, selon toute apparence, en relief, les zones ramenées le plus franchement en profondeur. Avant d'aborder, dans l'ordre chronologique, l'histoire statigraphique et tectonique de la région, nous commencerons par dire quelques mots de ce métamorphisme et de l'époque où a dû se produire le retour en profondeur qui l'a déterminé : retour en profondeur important pour notre sujet spécial par les manifestations métallogéniques qui en ont été la conséquence.

Au Tonkin, où l'étude est particulièrement avancée, on remarque un métamorphisme beaucoup plus intense à l'Ouest qu'à l'Est. Tout un compartiment triangulaire, dont les plis, comme nous le verrons, forment, autour d'Hanoï pour centre, un éventail, compartiment où les mouvements post-triasiques ont été intenses, est aussi fort peu métamorphisé. Le métamorphisme s'accentue, soit à l'Ouest de cette zone, soit même au Sud. La région du Fleuve Rouge est une des plus affectées par ce phénomène qui semble encore mieux marqué à l'Ouest de ce fleuve qu'à l'Est. Dans certains cas, on a l'impression de saisir sur le fait même le retour en profondeur dont le métamorphisme serait la conséquence. Quand on monte du Fleuve Rouge au plateau de Yunnan par l'une des deux routes allant de Sinkay ou de Manhau à Mong-tzé, on voit, à mesure que l'on gagne de l'altitude (jusqu'à 1.500 m. d'altitude maxima), le métamorphisme aller en diminuant, avec apparition de niveaux calcaires de plus en plus abondants et d'amphibolites, pour faire place finalement, sur le sommet du plateau, à des terrains restés intacts. On passe du gneiss à des schistes lustrés, probablement dévoniens, puis à des calcaires carbonifères et, enfin à la formation schisto-calcaire et aux calcaires massifs du trias moyen.

A quel moment s'est produit ce métamorphisme? Sans doute en plusieurs phases, correspondant à diverses phases de cristallisation du granite, qui, elles-mêmes, d'après nos théories actuelles, se relieraient aux divers mouvements orogéniques, y compris les plus récents, mais avec plus de chances de mise au jour pour les plus anciens.

L'âge des granites indo-chinois présente, pour nous, un intérêt spécial. Car la mise à nu de certains de ces granites a entraîné celle des filons d'étain qui s'y rattachent, et, probablement aussi, celle des imprégnations aurifères incluses dans les strates métamorphisées : imprégnations ayant dû donner la plupart des alluvions aurifères autrefois exploitées par les indigènes.

Or, si nous cherchons l'âge des granites indo-chinois, à s'en tenir aux premières apparences, la réponse à cette question n'est pas douteuse. Le granite traverse uniquement en les métamorphisant les terrains pré-carbonifères[1]; les terrains post-carbonifères n'ont, au contraire,

[1] Précédemment M. Loczy n'avait même admis que l'effet sur le silurien (*loc. cit.*,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

jamais subi aucun métamorphisme. Mais il ne faut pas oublier que le granite est une formation de profondeur et que, par conséquent, à l'époque où il cristallisait dans cette profondeur en exerçant une action métamorphisante au voisinage, il pouvait exister, au-dessus, des épaisseurs relativement considérables de terrains plus récents, que son intrusion n'a jamais atteintes et qui, par suite, semblent à tort plus récentes que lui. A cet égard, nous sommes frappés d'observations faites dans le Nord-Est du Tonkin, où des microgranites, qui ne sont qu'une forme plus superficielle des granites, ont été décrits comme trouant les calcaires artinskiens (permien inférieur, 14) et les grès triasiques, et où M. Zeil a même supposé que cette intrusion microgranitique serait en rapport avec des failles tertiaires[1]. Sans adopter cette dernière conclusion, le fait positif que les microgranites ont pénétré dans le trias nous conduit à placer, postérieurement au trias, leur mise en place sous la forme de laccolites, qui n'est probablement qu'un épisode plus superficiel, mais contemporain, dans la montée des granites profonds.

Nous verrons de même que les gisements d'étain de la région de Mong-tzé, à Ko-tiou et dans le Sud du Yunnan, sont en relation avec des pegmatites à tourmaline, qui traversent, elles aussi, les calcaires triasiques.

L'âge de ces granites serait alors, contrairement aux apparences, à rajeunir au moins jusqu'au trias dans la région tonkinoise. Et, de fait, dans le Sud du Yunnan, M. Lantenois a signalé des petits pointements granitiques qui lui ont paru post-triasiques. Cette période finale du trias aurait donc eu, dans cette zone du Nord, une importance tectonique et métallogénique considérable[2].

Nous ne connaissons pas de faits s'opposant à ce que, plus au Sud, le mouvement général de la péninsule malaise, avec cristallisation de ses granites, soit un peu plus ancien et, à plus proprement parler, hercynien. De ce côté, on observe seulement des terrains précarbonifères plissés, que le granite a métamorphisés, sans manteau postérieur de calcaires ouralo-permiens. Toutefois, ce manteau existe au Nord-Ouest en Birmanie, comme au Nord-Est dans le Cambodge, et même au Sud, à Sumatra. Les premières vraisemblances seraient donc plutôt pour qu'il ait passé par-dessus la presqu'île de Malacca elle aussi, et même y ait été plissé comme dans les États Shan, ou le Karenni sur le Salouen. En tous cas, que les mouvements définitifs soient un peu plus ou un peu moins

467, 468) ; mais Richthofen avait déjà parlé du carbonifère dans le Nord du Sé-tchouan. Dans une question de ce genre, où les limites d'âge supérieures sont si rarement fournies par les galets des poudingues, les observations successives tendent d'ordinaire à rajeunir progressivement les phénomènes, plutôt qu'à les vieillir.

[1] Cette opinion, émise p. 13, *loc. cit.*, n'a pas été adoptée par M. Lantenois.

[2] Leclère, *loc. cit.*, 310. — Voir Loczy, *loc. cit.*, p. 779. — Lantenois, *Mission au Yunnan*, loc. cit., 79.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

anciens, la profondeur atteinte par l'érosion dans toutes ces régions méridionales n'en est pas moins, en principe, celle qui comporte la mise au jour des granites à mica blanc et, par conséquent, — point essentiel à retenir pour la métallogénie, — celle où nous trouvons d'habitude, le groupe de minerais caractéristiques de nos anciens massifs hercyniennes, où l'étain joue un rôle si important, avec présence connexe de l'or. En même temps, les fractures ouvertes par les mouvements tertiaires sont nombreuses et ont pu (également comme dans nos tronçons hercyniens), avoir été métallisées.

En dehors des granites, nous venons déjà de signaler les microgranites post-triasiques qui ont une grande extension dans l'Est du Tonkin. Signalons aussitôt quelques autres manifestations éruptives. M. Leclère a rattaché au dinantien (1) toute une série porphyritique. Depuis la bordure méridionale du massif cristallin du Sé-tchouan jusqu'aux environs de Yunnan-sen, on trouve des mélaphyres labradoriques et porphyrites andésitiques avec diabases qui, d'après lui, formeraient un niveau très constant sous les strates à houille intercalées à la base du calcaire carbonifère (Toutsa).

Von Loczy a décrit également des diabases situées au Nord du Fleuve Bleu comme se trouvant dans une position stratigraphique analogue. Des observations postérieures de M. Lantenois montrent un épanchement semblable effectué un peu plus tard dans le Yunnan méridional, par-dessus le permien. Mais, ainsi que nous l'avons déjà remarqué à propos des trapps sibériens, il n'y a aucune incompatibilité entre ces diverses observations : les épanchements porphyritiques ayant dû se prolonger très longtemps. Enfin nous aurons occasion de signaler quelques roches éruptives pléistocènes dans une zone très localisée.

2° **Série siluro-dévonienne**. — Si nous faisons maintenant abstraction du métamorphisme pour n'examiner la série stratigraphique que là où elle en est exempte, nous pouvons dire que, jusqu'au dévonien moyen, puis, en général, vers la fin du carbonifère, les formations marines ont dû dominer, prolongées par conséquent beaucoup plus longtemps que dans la péninsule indoue, où les plus récentes, celles du Vindhyan, paraissent appartenir au silurien. A partir du trias, ces formations marines se réduisent, au contraire, à peu de chose.

Sinien. — A la base, c'est le « sinien » avec ses quarzites rubanés et ses phyllades quartzeux, visible notamment à la lisière du Kouei-tchéou et du Kouang-si, près d'Hoai-luen, très développé également dans l'Ouest du Sé-tchouan sur les itinéraires de von Loczy, dans le Kiang-si, etc. Puis c'est le *cambrien* (2) mieux déterminé du Yunnan méridional, schisto-gréseux avec quelques bancs calcaires. Ce sont les schistes *siluriens* (3) signalés par von Loczy dans le Sé-tchouan ou par Noetling à l'Est de Mandalay en Birmanie, mais qui semblent souvent manquer ailleurs.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dévonien (7, 8). — Le dévonien moyen marin (calcaires et calcschistes), déjà indiqué au Yunnan d'une façon très hypothétique et avec beaucoup trop d'extension par le Dr Joubert[1], trouvé ensuite par von Loczy à Hoa-ling-pou, à l'Ouest du bassin mésozoïque de Sé-tchouan[2], a été reconnu en divers points du Yunnan et du Tonkin, par MM. Leclère, Lantenois, Mansuy, etc. Au contraire, on n'a pas encore constaté, dans cette région, de fossiles dinantiens ni moscoviens.

3° **Mouvements précarbonifères**. — La première phase primaire comprend des lacunes et des discordances mal connues, notamment entre le précambrien et le primaire (mouvements huroniens), puis, plus localement, après le silurien (mouvements calédoniens). Contrairement à ce qui se passe dans la péninsule indoue, on ne connaît pas ici de région où l'on puisse affirmer que les mouvements se soient entièrement arrêtés après ces périodes de plissements primitives. La seule, qui ait pu être supposée répondre à ces conditions, est le massif cambodgien, dont les sédiments plissés et métamorphisés, recouverts en discordance par du calcaire permien, puis par des grès triasiques, sont d'un âge mal déterminé. Mais, si les grès triasiques sont là demeurés horizontaux, les calcaires permiens ont été plissés. On n'a donc qu'un massif stabilisé depuis la fin de l'époque permienne, dans une époque postérieure à celle dont nous nous occupons ici, quoique sans doute esquissé antérieurement.

Ailleurs, en divers points et, notamment, dans la boucle du Mékong, au Sud de Luang-prabang, on a signalé des calcaires ouralo-permiens horizontaux : mais il y a des chances pour que ce soit un simple incident au milieu des plis à grande amplitude que présente si souvent cette formation transgressive, dont nous aurons à examiner les traits particuliers. Enfin, pour tout l'axe de la presqu'île de Malacca, on reste dans le doute en présence de terrains précarbonifères plissés sans manteau ultérieur, ni horizontal ni plissé. Les probabilités sont cependant pour une chaîne d'âge carbonifère, ayant pu rejouer après le trias.

Vers le Sud-Est, un véritable massif archéen existerait, d'après Suess, dans le Sud-Ouest de Bornéo, au Sud du Kapocas.

Toutes ces considérations laissent seulement supposer une zone de massifs plus anciens occupant le Siam, le Cambodge et l'Ouest de Bornéo, qui pourrait expliquer l'inflexion des plis tertiaires de Bornéo, en même temps que la virgation des plis indo-chinois.

4° **Mouvements hercyniens.**— Nous nous sommes déjà trouvé empiéter sur la période carbonifère et permienne. Mais il faut y revenir. Vers la fin du dévonien ou le début du dinantien, se place, dans toute la région

[1] C'est d'après ce renseignement qu'il figure sur la carte de von Loczy, à rectifier sur ce point.

[2] *Loc. cit.*, 683.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

considérée, un mouvement important qui pourrait, dans une certaine mesure, être assimilé avec le début de nos plissements hercyniens. Quand les dépôts postérieurs se formeront, ce sera en discordance très nette sur les terrains précédents [1]. En outre, on croit constater, en général, une lacune correspondant au dinantien et au westphalien (11, 12). C'est, soit à l'époque ouralienne (stéphanienne 13), soit de préférence pendant le permien (14), soit, très exceptionnellement, pendant le trias (17), que se sont de nouveau déposés, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, par-dessus les sédiments plissés et métamorphisés, de grandes masses d'un calcaire épais, occupant aujourd'hui encore de vastes surfaces avec des ondulations plus larges et des flexures. Cependant, là où ces calcaires existent, ce qui est le cas ordinaire, on est frappé d'une différence entre ce qui a dû se passer ici et ce qui est la règle ordinaire dans la période postérieure au plissement sur les chaînes plissées. Les calcaires ouraliens ou permiens, discordants sur leur socle pré-carbonifère, représentent mal des dépôts dus à la destruction d'une chaîne récemment émergée ; ils ont beaucoup plutôt l'aspect d'un simple sédiment marin. Tout au plus peut-on noter, à la base de ces calcaires massifs, dans tout le Yunnan méridional, l'intercalation d'une passée schisto-gréseuse, avec dépôts de combustibles, qui marque à la fois la proximité du rivage et l'instabilité des conditions marines. De tels sédiments terrigènes, si peu développés qu'ils soient, laissent supposer qu'il a pu y avoir à ce moment, sur l'emplacement de la Téthys indo-chinoise, un archipel d'îlots rattachés par un socle sous-marin peu profond. Puis l'émersion s'est produite pendant le permien supérieur. Le changement complet et définitif dans les caractères de la sédimentation, qui a lieu d'ordinaire après la mise en saillie orographique des plissements principaux d'une région et qui, par exemple, pour l'Inde, se traduit avec le stéphanien (ouralien, 13), par les formations du Gondwana, commence à se manifester ici vers cette période finale du permien (16), pour se terminer, suivant les points, du trias supérieur au médio-jurassique, comme nous allons le voir bientôt.

5° Transgression ouralo-permienne. — Nous venons de signaler les calcaires ouralo-permiens, qui passent en transgression discordante sur les terrains métamorphisés d'âges divers. Ces calcaires, dont le dépôt semble s'être prolongé avec des caractères analogues pendant une longue période pouvant aller du carbonifère supérieur au trias moyen, ont fourni, suivant les points, au Tonkin, dans le Yunnan, etc., tantôt une faune ouralienne, tantôt, et plus souvent, une faune permienne

[1] D'après M. Leclère (*loc. cit.*, p. 308), il y aurait pourtant, dans le Sud-Ouest de la Chine, continuité du dévonien au carbonifère. Mais, à peu près partout, l'ouralien ou le permien sont discordants sur un soubassement plus ancien.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avec les niveaux divers représentés, tantôt même une faune triasique (Yunnan méridional [1]).

Des calcaires analogues à faune permienne forment le plateau karstique des états Shan et doivent se raccorder avec ceux qu'on a observés près de l'embouchure du Salouen, vers Moulmein. On en retrouve encore près de Ténassérim et dans l'Ouest de Sumatra, où Noetling les a décrits comme carbonifères. Ailleurs, et plus localement, on connaît, pour une époque un peu postérieure, des représentants du trias inférieur et moyen, mais avec des caractères pétrographiques très différents, sous la forme ordinaire de schistes avec quelques calcschistes, accusant un dépôt en eau peu profonde, dans des conditions, ce semble, littorales, ou même lagunaires, avec intercalation de retours marins. Tel est le cas près de Langson, au Tonkin, à Luang-prabang, en Annam et enfin à Pahang, sur la côte Est de la presqu'île de Malacca.

Ces calcaires, que les géologues locaux désignent d'ordinaire sous le nom de calcaires ouralo-permiens, jouent un très grand rôle dans la tectonique de toute la région indo-chinoise que nous étudions en ce moment et y présentent partout les mêmes caractères très typiques, aussi bien dans le Yunnan ou les états Shan que dans le Tonkin, le Laos ou le Cambodge. Partout on trouve, en stratification discordante sur le substratum plissé et parfois fortement métamorphisé, des bancs de calcaires massifs formant plateaux, plus ou moins tabulaires et karstiques, dans lesquels les rivières se perdent, les formations ruiniformes se juxtaposent, les grottes s'accumulent. Nous aurons à citer à cet égard des exemples très curieux au plateau de Bac-son (Tonkin), dans le Yunnan méridional (où il en résulte une région à circulation d'eaux entièrement souterraine), dans les états Shan, où tous les observateurs ont été frappés par la ressemblance avec les aspects du Karst et du Monténégro, etc. [2]. Les calcaires n'ont, cependant, en aucune façon, échappé aux plissements, bien qu'ils aient été postérieurs à un premier grand plissement, probablement accompagné d'un retour en profondeur des strates antérieures et de leur métamorphisme. Si même ils ne témoignent pas davantage ces plissements multipliés qui s'accusent dans les strates schisto-gréseuses, cela peut tenir en partie à leur constitution physique. Néanmoins, les ondulations ou les plis y sont le plus souvent très caractérisés. M. de Lamothe en a observé même sur ce plateau

[1] Voir Mansuy, *loc. cit.*, p. 9. M. Counillon, à Luang-prabang, et M. Leclère en Chine (*loc. cit.*, 814) avaient déjà reconnu un calcaire à Productus analogue au permien inférieur de l'Inde.

[2] On peut, sur cette question des grottes et circulations souterraines, voir : pour le Yunnan septentrional : Loczy, *loc. cit.*, , 767, avec plan d'une grotte ; pour le Yunnan méridional, Leclère, *loc. cit.*, p. 341, 350, 362 ; Lantenois, *Mission au Yunnan* (Ann. d, Mines, loc. cit., p. 8) ; pour le Tonkin, Lantenois, (Mém. soc. Geol., 1907, p. 16) ; pour les états Shan, etc. Suess, III, 293, 301, 325.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cambodgien qui semble une des régions les plus anciennement consolidées du groupe étudié en ce chapitre. A Khong et à Kampot, sur la côte Ouest, les calcaires ont été plissés conformément aux schistes cristallins sous-jacents. Les calcaires des états Shan ont des plissements très accentués. Ceux du Tonkin et du Yunnan ont des plis de grande amplitude avec accidents plus marqués le long de certaines flexures. Ceux du Yunnan méridional offrent également des ondulations caractérisées, quoique assez faibles en moyenne. Vers l'Est, dans les régions du Kouang-si parcourues par M. Leclère, la disposition tabulaire avec faible inclinaison vers l'Est domine pour tous les calcaires permiens superposés à des strates redressées infra-dévoniennes. Dans la région généralement plissée de l'Ouest, nous avons déjà cité un point où les calcaires en question semblent, par exception, tout à fait horizontaux : c'est la boucle du Mékong, au Sud de Luang-prabang. Mais, à Luang-prabang même, le trias est très plissé. Et nous retrouverons plus d'une région où le trias schisteux est plissé fortement à côté de calcaires demeurés presque horizontaux (Langson, etc.) ; mais, comme nous venons de le remarquer, il y a lieu de penser en pareil cas à la structure physique très différente des deux étages.

En résumé, les mouvements qui ont affecté les terrains postérieurs au carbonifère moyen dans toute la région considérée ont eu un caractère très différent de celui des plissements proprement dits antérieurs. Leur amplitude plus considérable les fait plus aisément rentrer dans le groupe des mouvements orogéniques, où dominent les dénivellations verticales qui ont pris ultérieurement une telle amplitude dans l'Asie centrale, tandis que les déplacements horizontaux se réduisaient. Il en résulte, à ne considérer que l'apparence générale, une disposition très spéciale des terrains dans les régions de la Chine méridionale, où sauf dans quelques zones plissées qui sont surtout celles de la traînée occidentale située au sommet du faisceau des plis birmans, la disposition tabulaire domine pour des terrains d'âge très différent. M. Leclère a fait remarquer, à ce propos, combien cette structure tabulaire avait entraîné de confusion entre les divers niveaux calcaires dans les premières explorations nécessairement trop rapides.

6° **Secondaire.** — Le grand changement dans la stratigraphie indo-chinoise, peut-être en rapport avec le plissement principal, s'est produit dans une période qui, suivant les points, doit commencer à la fin du permien, pendant le trias, ou même l'infra-jurassique. Nous avons déjà vu, à la base des calcaires ouraliens, s'intercaler, dans le Sud du Yunnan, une passée schisto-gréseuse avec charbons. Le permien moyen renferme également, en Chine méridionale, à côté de calcaires disséminés, des couches charbonneuses. A partir de ce moment, cette intervention de sédiments terrigènes, présentant souvent l'aspect d'un flysch avec débris

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de plantes, s'accentue de plus en plus jusqu'à l'émersion complète. Ainsi, le *trias* présente encore des faciès marins en Chine ; mais, fréquemment, on y observe des caractères littoraux (groupe de Langson), des mélanges de schistes charbonneux avec des calcaires marins (Luang-prabang), des grès avec couches charbonneuses (Yunnan), enfin des grès rouges salifères caractéristiques d'une émersion qui entraîne, sur des zones désertiques, l'évaporation lagunaire (Cambodge, région de Machang au Yunnan, etc.).

Dans la Chine méridionale, cet étage commence, d'après M. Leclère, par des schistes, grès et marnes à fossiles marins succédant au permien supérieur en concordance. Puis vient un trias moyen coralligène, auquel aurait succédé une série de marnes salifères passant au rhétien.

Alors arrivent le *rhétien* avec formations charbonneuses de la côte tonkinoise, passant à du grès rouge plus au nord, et enfin, le grès rouge *médio-jurassique* du Sé-tchouan.

A l'époque liasique, on a cependant, d'après MM. Bourne et Leclère, un calcaire dolomitique qui forme des plateaux karstiques à la limite du Kouang-si et du Kouei-tchéou et sur la rive gauche du Fleuve Bleu. Mais, sauf de tels retours locaux de la mer, il semble qu'on voie la région émerger peu à peu, tout en conservant de très larges bassins peu profonds, analogues à ceux où se sont faits les dépôts du Gondwana, du Karoo, de l'Angara. Les sédiments qui représentent cette phase infra-jurassique, si importante dans l'histoire tectonique du pays, se composent presque uniquement de grès et de schistes, les uns avec intercalations de dépôts salins, les autres avec lignites[1]. La ressemblance avec les couches indoues du Gondwana frapperait bien plus encore, si nos dépôts de l'Indo-Chine n'avaient pas, en général, été plissés à grands plis par les mouvements tertiaires, sans l'être au même degré que le flysch alpin avec lequel ils offrent également souvent des analogies. Comme dans l'Inde, on distingue, sous des faciès analogues, des sédiments d'âges divers, parmi lesquels s'intercalent souvent des roches éruptives du type que nous sommes habitués à trouver en relation avec des formations continentales, des porphyrites, diabases ophitiques, mélaphyres, etc. : par exemple, les épanchements de mélaphyres post-permiens du Yunnan méridional, auxquels peuvent se rattacher les venues cuivreuses.

Certains de ces dépôts secondaires prennent une teinte rouge caractéristique qui a frappé les premiers explorateurs et qui, par une comparaison trop hâtive avec l'Europe centrale, leur a fait penser qu'on avait

[1] J'ai montré de même, en étudiant la formation charbonneuse supra-crétacée des Balkans (Ann. d. mines, mars 1905) comment, sur la place future de cette chaîne plissée, s'étaient succédés, avec des intervalles d'émersion complète, des synclinaux peu profonds de divers âges où les sédiments terrigènes alternaient avec des couches marines littorales, montrant ainsi que, s'il y a eu synclinal précédant la chaîne plissée, ce n'est nullement un synclinal profond.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

affaire à du permien. Ce sont seulement les conditions propres à notre permien de l'Europe qui se sont réalisées ici jusqu'au médio-jurassique. Le « Bassin rouge » du Sé-tchouan (jurassique moyen), les grès rouges rhétiens du bassin d'An-chau et Moncay, au Tonkin, sont des exemples très caractéristiques de ce genre de formations que l'on peut également rapprocher des couches de l'Angara ; les grès rouges salifères triasiques du Cambodge et du Siam en sont un autre. Dans le cas du Sé-tchouan et dans celui du Tonkin, ces terrains rouges, qui terminent la série sédimentaire (sauf un peu de tertiaire lacustre), ont subi des plissements de grande amplitude. Au Cambodge, ils sont restés horizontaux. Nous aurons bientôt à revenir sur cette série en raison des charbons qu'elle renferme fréquemment.

7° **Tertiaire. — Dénivellations récentes et volcanisme.** — Depuis le jurassique moyen, on ne connaît plus, dans tous ces pays, que quelques dépôts lacustres du tertiaire moyen restés d'ordinaire horizontaux au milieu des plissements (Sé-tchouan), mais parfois plissés eux-mêmes (mio-pliocène dans la vallée du Fleuve Rouge, au Tonkin), et enfin des alluvions pliocènes. Tout le pays a gardé, pendant ces longues périodes, ce caractère continental dont nous avons déjà signalé, dès le début du volume, la très ancienne extension en Asie.

Vers l'époque tertiaire, les mouvements provoqués par le soulèvement lointain des chaînes himalayennes et le déplacement vertical de toute l'Asie centrale en compartiments fragmentés, ont exercé une influence incontestable, mais peut-être plus localisée qu'on ne le croirait d'abord en tant que plissements, sur la tectonique de la région indo-chinoise. Nous avons déjà eu l'occasion de dire qu'en dehors des régions qui se sont franchement plissées à cette époque, la plupart des autres ont subi un plissement posthume, auquel n'ont guère échappé que le massif cambodgien, consolidé à la fin du permien, le massif Sud-Ouest de Bornéo, où du tertiaire horizontal recouvre un socle archéen et peut-être la majeure partie de la presqu'île de Malacca, où les terrains les plus récents sont des schistes, supposés carbonifères, que le granite a métamorphisés.

Mais le phénomène capital, qui a dû caractériser l'époque tertiaire, ici comme dans toute l'Asie centrale, ce sont les dénivellations, continuées peut-être jusqu'à aujourd'hui, et dont résulte le relief actuel. Il suffira, pour en donner une idée, de remarquer que les terrains du trias supérieur ou du rhétien ont été portés, à l'Ouest de Yunnan-sen, jusqu'à près de 3.000 m. d'altitude. On les trouve, plus au Nord, au delà de 4.000, sur le 30°, dans le Li-fany.

Quand on examine l'ensemble de la Chine, on voit, ainsi que l'a fait depuis longtemps remarquer von Richthofen, un premier échelon de ce relief central se traduire, d'une façon extrêmement nette, dans tout

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le Nord, sur une ligne Nord-Est, qui suit un peu à l'avant l'alignement de Pékin, Pao-ting, Kai-foung, Nanyang, Itchang.

Il se produit là une transformation physique en même temps qu'une interruption politique bien connues. C'est une barrière opposée aux communications ; c'est l'origine d'un changement dans le climat, etc.

Un second ressaut, encore plus important, oblique à l'Ouest sur celui-ci pour border à l'Ouest le bassin mésozoïque du Sé-tchouan. On passe là brusquement des altitudes de 400 m. environ, qui sont celles de Paouning, Toung-tchouan, Tchœng-tou-fou, à des hauteurs de 6 000 m. On peut voir ces lignes sur la planche V et la planche VIII. Elles sont parallèles à tous les plissements de la zone Sud-Est, qui se poursuivent jusqu'à la côte, et les cassures qui ont dû les déterminer ont sans doute suivi les directions d'anciens plis. Quand on dépasse le Fleuve Bleu, vers le Sud, il n'y a plus, ce semble, à parler de cette barrière naturelle, et c'est d'une façon toute conventionnelle qu'on a voulu lui assigner telle ou telle limite. On trouve, en effet, dans cette partie de la Chine, une série de rides parallèles, qui se produisent dès la côte même, provoquant des crêtes successives, que les cours d'eau ont parfois traversées normalement, mais que la plupart d'entre eux ont suivies et le long desquelles se montrent généralement des terrains plus anciens ou des roches cristallines. Il suffira de citer le Ouangchan (1.800 m.), et le Ouichan (1.500) à l'Est du Kiang-si, puis les crêtes de 1.100 à 1.500 dans le Kouang-toung, enfin la brusque saillie qui, dans l'Est du Tonkin, détermine, dès la côte même, des saillies de 1.500 m. Après quoi, on redescend entre 100 et 150 dans le Kouang-si, pour s'élever, par des pentes moins soudaines, mais dont le départ se fait néanmoins sur une ligne Nord-Est bien marquée, vers les plateaux de 1.500 à 1.800 m. du Yunnan et du Kouei-tchéou. Ce sont ces plateaux qui sont coupés par la vallée du Fleuve Rouge, suivant une direction au contraire Nord-Ouest.

Et ce mouvement ascensionnel, qui se produit ensuite, tantôt progressivement par grands plateaux inclinés vers l'Est, tantôt par marches tournées dans le même sens, aboutit aux énormes saillies du Tibet.

Des cassures et des flexures n'ont pas manqué d'en être localement la conséquence. Des fractures radiales, des flexures avec plis de grande amplitude se sont produites, par exemple, au Tonkin et s'y sont continuées, comme dans l'Himalaya, jusqu'au pléistocène.

En même temps, des dislocations linéaires donnaient passage à des manifestations éruptives, dont on retrouve la trace à l'intérieur des masses continentales.

Sans parler des traînées de volcans actifs ou récemment éteints indiquées sur les planches VII et IX, c'est ainsi que l'on trouve des basaltes en divers points du Cambodge, notamment, avec une grande extension, au Nord-Est de Khong, sur des cassures du horst ancien, dont l'équiva-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lent existe encore le long du Kapoeas, à Bornéo. Mais les accidents principaux de cette époque sont ceux, sur lesquels nous allons avoir à revenir, qui, à ce moment, ont commencé à morceler l'Archipel Malais en une série de fragments et qui préparent peut-être encore le morcellement futur de la péninsule malaise.

8° **Limites tectoniques du massif étudié**. — Nous allons résumer la disposition tectoniques du groupe qui nous occupe ici. En cherchant

Fig. 11. — Schema des lignes directrices de l'Asie montrant l'influence des massifs Indou et Sinien.

ses limites naturelles, nous aurons la clef de quelques-uns des mouvements qu'il a subis et nous verrons quelles causes les ont provoqués (Pl. IX).

Les principales de ces causes appellent immédiatement l'attention. Il est aussitôt manifeste qu'une compression latérale violente a resserré l'Indo-Chine entre le massif indou du Sud-Ouest, le massif sibérien au Nord et un massif pacifique plus hypothétique, ou tout au moins un massif sinien, à l'Est. Entre ces trois masses qui tendaient à se rapprocher, toute la partie intermédiaire a subi des effets de refoulement, dont la figure 11 montre la disposition générale, comparable à ce qui s'est produit, pour une cause analogue, dans l'Oural et la steppe kirghise[1]. Les

[1] Fig. 4, p. 224.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

effets se sont progressivement localisés et compliqués à mesure que certaines parties de l'ensemble plissé tendaient à échapper, par leur stabilité acquise, aux mouvements ultérieurs (comme cela a eu lieu assez vite pour le Cambodge et l'Ouest de Bornéo, puis, sans doute, pour Malacca et l'Annam). L'introduction de noyaux solides au milieu des plissements les a fait alors diverger dans les deux sens et a été la cause directe, soit des plissements birmans, pincés dans un interstice entre des massifs anciens dont les plis leur étaient parallèles, soit de la déviation qui se produit entre la presqu'île de Malacca et le Tonkin, amenant, dans ce dernier pays et le Yunnan, une direction Nord-Ouest à remplacer la direction Nord-Sud des chaînes birmanes. Après quoi, des directions Nord-Est reprennent dans la plus grande partie de la Chine méridionale et orientale. De même à Bornéo, le massif archéen du Sud-Ouest a amené la bifurcation qui éloigne l'une de l'autre, à leurs extrémités occidentales, les chaînes du Kapoeas et du Martapoera.

Ailleurs, on distingue moins l'origine de certaines dispositions compliquées, telles que la virgation en un éventail partant de Hanoï, de tout l'Est du Tonkin, au delà du Fleuve Rouge. Il y a là un point singulier, où se produit le passage des anciennes directions Nord-Ouest qui, avec quelques variantes, existent dans tout l'ensemble dont nous nous occupons en ce moment, aux directions Nord-Est qui prédominent dans le prolongement marin de ce même massif, dans toute la partie Nord de l'Archipel Malais, à Bornéo, à Célèbes, aux Philippines, et qui sont également celles de tout le Sud-Ouest de la Chine, de Formose, de Hainan. Ce phénomène semble surtout se manifester dans un triangle affaissé compris entre deux zones sur lesquelles a agi le métamorphisme et qui, dès lors, semblent avoir été ramenées entièrement en profondeur [1]. On peut se demander si des amorces de plis dirigées Nord-Est n'auraient pas été ici écrasées perpendiculairement à leur longueur dans ce conflit entre le fuseau Nord-Ouest du Tonkin occidental et de l'Ouest du Yunnan et le massif dirigé Nord-Est qui apparaît aussitôt plus à l'Est. De semblables anomalies marquent les zones de rencontre entre des vagues indépendantes de directions discordantes.

Vers le Nord, la tectonique de notre massif est assez homogène. Jusque dans le Sé-tchouan, on y observe des faisceaux de plis parallèles Nord-Sud, inclinant progressivement à l'Est vers le Nord-Est, que l'on peut supposer continués dans ce sens sous la transgression du bassin rouge du Sé-tchouan oriental. Mais il suffit d'aller un peu plus au Nord pour trouver des directions Est-Ouest toutes différentes, bien marquées dans les terrains primaires et cristallins qui forment l'ossature du Tsin-ling-chan et prolongées vers l'Ouest dans tout le faisceau du Tibet. Comment s'opère le raccord de ces deux directions, notre figure 11, que

[1] Voir plus loin, page 349.

UNIVERSITE DE PARIS - GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'on peut comparer à la figure 4 donnée précédemment pour l'Oural[1], où se pose un problème analogue, a pour but de l'indiquer. Il semble que le faisceau, dirigé Est-Ouest, dont on connait l'étonnante continuité à travers l'Eur-Asie, commence à se troubler lorsqu'il reçoit le choc de vagues perpendiculaires venues du continent pacifique. Cela se produit vers le 96° ou le 100° de longitude. Latéralement, la transition doit se faire par incurvation. Au centre, on dirait plutôt un écrasement contre un obstacle invisible caché sous la grande transgression médio-jurassique du Sé-tchouan. Tout cela est, d'ailleurs fort obscur : les régions, dont il s'agit, étant parmi les plus inconnues de l'Asie. Mais la zone mal délimitée, où se produit ce changement, doit être évidemment choisie par nous comme limite au territoire que nous étudions en ce moment.

A l'Ouest et au Sud, les bornes de notre massif sont bien plus clairement tracées. Au S.W., c'est la chaîne tertiaire birmane qui a remplacé un synclinal marin éocène, dont la basse vallée de l'Iraouaddy et le golfe de Martaban jalonnent encore la direction. Il s'est produit, sur cet alignement, une fort intéressante chaîne tertiaire, l'une de celles que, dans cette région, nous pouvons le mieux suivre sur toute sa longueur : chaîne comparable aux Apennins, aux Carpathes, etc. Cette chaîne longe la côte Ouest de Birmanie, traverse les îles Andaman et Nikobar, suit la traînée d'îles située au Sud de Sumatra, va rejoindre Soemba, Timor, et, passant par Tenimber, Céram, Boéroé, contourne la Cordillère de Banda. Des chaînons parallèles de même âge et de même direction dans l'Ouest de Bornéo, le Sud-Ouest de Célèbes, etc., se rattachent à elle. Partout, on y retrouve les mêmes terrains crétacés à facies de flysch, les mêmes roches vertes, serpentines, etc., d'âge crétacé ou au plus éocène. Et, sur toute sa longueur, cette chaîne est suivie, à l'intérieur, par une ligne de fracture volcanique qui finit par décrire un arc de cercle dans la mer de Banda.

Si l'on se guidait sur les arcs volcaniques pour suivre le prolongement Nord de cette chaîne, on serait tenté de le chercher à l'Est de la mer des Célèbes, des Philippines et du Japon. On ajouterait ainsi, à toute la masse continentale que nous allons étudier, l'Archipel Malais, dont la majeure partie, nous l'avons déjà remarqué, n'est que le prolongement direct du continent par un socle à peine submergé. Il est bien clair que, dans ce sens, nous sommes le jouet d'une simple apparence lorsque nous établissons la coupure entre l'Asie et le domaine Pacifique au rivage actuel du continent. Mais, pour voir quelle est la coupure réelle avec la limitation tectonique de notre région, il faut examiner rapidement la structure compliquée de tout cet archipel d'îles qui occupe l'intervalle entre l'Indo-Chine et l'Australie, dans un désordre où l'on n'aperçoit d'abord aucune loi.

[1] Page 224.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TECTONIQUE DE L'ARCHIPEL MALAIS

Si compliqué que paraisse l'Archipel Malais, on commence pourtant à se faire quelque idée de sa formation quand on le compare à l'image très réduite que nous en donne, dans une région plus familière à notre esprit, l'Archipel Grec étudié précédemment[1]. Dans les deux cas, on paraît avoir affaire à un groupe de phénomènes analogues: superposition de plissements récents sur des plissements beaucoup plus anciens affectant une direction différente et tronçonnement du tout par des effondrements fractionnés, qui ont tour à tour amené à s'enfoncer ou à surgir des compartiments voisins[2].

Que l'on rapproche la planche IV de la figure 7 qui donne la carte tectonique de la mer Égée, on peut assimiler l'axe ancien de Malacca isolé par les eaux suivant la longueur d'un plissement, à une des pointes méridionales de la Grèce. Le massif ancien du Cambodge représente celui de la Macédoine. L'ensemble complexe de chaînes anciennes et de chaînes tertiaires qui constitue Bornéo a quelque rapport avec l'ensemble des îles égéennes comprenant les Cyclades et Lemnos. Java, longé au Sud par de profondes fosses marines, sera (sauf l'axe volcanique situé un peu plus au Nord, dans l'Archipel) l'équivalent de la Crète. Et, dans un ensemble où la profondeur des mers est généralement insignifiante, des dépressions marines imprévues, qui atteignent ici 5 et 6.000 m. de profondeur, découperont de même cet ensemble déjà complexe. Il est, toutefois, bien évident que les phénomènes volcaniques ont pris, dans l'Archipel Malais, des proportions grandioses, dont l'Archipel Grec n'offre que la miniature.

En tant que directions de plissements, le nœud le plus complexe de tout ce système est à Bornéo, et, par extension, à Célèbes. Au Sud, Sumatra et Java ont une direction moyenne très simple qui ne fait que prolonger, en l'incurvant, celle de la presqu'île de Malacca. Au Nord-Est, il en est de même des Philippines et de Formose, où les directions Nord-Sud bien établies conduisent de proche en proche aux plissements du Japon. Mais l'embarras commence quand il s'agit de définir exactement la zone qui comprend Bornéo, Célèbes, Halmahera et la Nouvelle-Guinée. On y observe, en effet, côte à côte, des directions orthogonales qu'on a d'abord quelque mal à raccorder. Sans avoir la prétention d'établir de l'ordre dans ce chaos, essayons pourtant, comme nous l'avons fait pour la mer Égée, de nous en former une idée.

[1] Voir plus haut, pages 275 à 282.

[2] Voir WALLACE. *On the physical Geography of the Malay Archipelago*, Journ. R. Geogr. Soc., XXXIII, 1863, p. 233. — SUESS, I, 603. — 1907. MARTIN K. *Ein zweiter Beitrag zur Frage nach der Enstehung des Ostindischen Archipels* (Geogr. Zeitsch. von A. Hettner, t. XIII, p. 425-438).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Il convient, je crois, pour s'en rendre compte, de ne pas trop s'attacher aux axes volcaniques. Ceux-ci correspondent à des ouvertures de fractures récentes qui, comme les mouvements récents de la mer, peuvent avoir un très haut intérêt pour d'autres questions théoriques, mais qui ne font qu'embrouiller la disposition des plissements, auxquels ils se sont superposés sans adopter jamais complètement leurs directions. D'ailleurs, les phénomènes volcaniques ont joué, depuis le tertiaire, un rôle si général dans tout cet Archipel Malais, qu'il faudrait connaître à fond leurs relations réciproques, pour ne pas risquer de s'y perdre. J'ai préféré essayer, de mettre en évidence les zones dont les plissements paraissent s'être arrêtés à la fin des mouvements hercyniens, vers le trias, et celles qui ont, au contraire, été nettement influencées par les mouvements tertiaires. Ces dernières sont, en principe, les mêmes où les sédiments secondaires sont représentés. Et, à première vue, il pourrait sembler qu'on fasse un cercle vicieux en déterminant leurs limites ; car notre seul moyen de reconnaître qu'une chaîne a rejoué à l'époque tertiaire est précisément d'y constater la présence de terrains secondaires influencés. Nous sommes forcés, quand il n'en existe pas, d'admettre que, s'il en avait existé, ils n'auraient pas été plissés. Mais, à l'examen, on s'aperçoit que, lorsqu'un étage secondaire existe, il y a des chances pour que, sur la même zone, on en retrouve d'autres : les mêmes zones ayant donné lieu, pendant les diverses périodes secondaires, puis éogènes, à des synclinaux marins. Les deux phénomènes de la sédimentation prolongée et du plissement semblent donc avoir entre eux une certaine relation.

1° **Tronçons anciens**. — Les tronçons anciens les plus nets sont : dans le prolongement de l'Indo-Chine, le Nord de Bornéo ; puis le Sud-Ouest de Bornéo qui prolonge, au contraire, Malacca, Bangka et Billiton ; le compartiment indépendant des Célèbes ; et, enfin, le horst disjoint de l'Australie avec une partie de la Nouvelle-Guinée. On pourrait, sans doute, en ajouter un autre au Nord rattachant le Tonkin, par Hainan, avec la côte de Chine. C'est entre les tronçons disjoints de ces massifs antérieurs que se sont insinués les plis tertiaires, dont la direction s'est trouvée déterminée par celle des ouvertures faites dans le massif ancien. Vers l'Est, nous supposons un compartiment effondré à la place de la grande cuvette océanique qui commence vers le 125° à l'Est des Philippines.

Voici, en quelques mots, la constitution de ces divers massifs, dont nous allons, par la même occasion, signaler quelques minerais, sur lesquels nous aurons à revenir.

La zone I, qui est celle d'*Hainan* et du *Tonkin*, sera plus naturellement étudiée dans le paragraphe suivant, où nous nous occuperons du Tonkin.

Sur la zone II, nous avons, *à Bornéo*, les montagnes du Haut-Kapoeas,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

formées de phyllades lustrés avec filons de quartz, au Nord desquelles existent : des grès très étendus, des schistes traversés par le granite qui forme la cime abrupte du Kinibalu, (haute de 4.075 m., malgré son voisinage de la mer), des calcaires à grottes peut-être assimilables à ceux du Cambodge et des états Shan ; enfin, localement, sur le Sarawak, un peu de jurassique, équivalent possible de celui qui reparaît plissé au Sud de la chaîne primaire.

Dans le prolongement de cette zone du Kapoeas, l'île de *Palaouan* est également formée de terrains anciens et son arc (qui se prolonge à travers l'Ouest de Luçon), vient peut-être se raccorder avec Formose, où l'on connaît une crête médiane, le Niitaka, entre deux zones de tertiaire plissé avec andésites.

Un autre massif ancien III occupe le Sud-Ouest de *Bornéo*. Les granites y jouent un rôle très important, avec des schistes qu'ils recoupent. C'est l'équivalent de ce qu'on observe dans la presqu'île de Malacca, à Bangka et à Billiton. Et l'on y trouve, en effet, dans des conditions analogues, l'étain, et l'or. Au Nord de ce massif, dans la vallée du Melawi et le plateau de Madi, il semble que ce horst ancien se prolonge sous des terrains tertiaires qui apparaissent en strates horizontales. Cependant, d'après les coupes de Mohlengraff, le crétacé est, en général, plissé sous ce tertiaire ; ce qui montre que les mouvements se sont prolongés jusqu'à une époque très récente.

On peut encore citer (IV) une zone de schistes anciens qui occupe tout l'Ouest de *Sumatra*, formant une arête, ouverte longitudinalement par les manifestations volcaniques. Cette chaîne, qui n'a pas son prolongement sur le continent, (où elle viendrait se placer entre la zone tertiaire des monts Arrakan, prolongée dans la chaîne d'îles externe de Sumatra et la dépression de l'Iraouaddy continuée par la plaine Est de Sumatra), comprend, comme les chaînes anciennes de l'Indo-Chine, un substratum de schistes cristallins recouverts en discordance par d'autres schistes, probablement carbonifères, qu'a traversés le granite en les métamorphisant. Sur ceux-ci sont venus des calcaires ouralo-permiens, du trias marin et du tertiaire, avec des roches vertes crétacées et toute la série éruptive récente des andésites, etc. Ces caractères de Sumatra se poursuivent à *Java*[1].

A *Célèbes* (V), il y a également, à l'Ouest du massif volcanique qui occupe la pointe Nord-Est, toute une longue crête ancienne dont la direction suit la branche Nord de Gorontalo, puis, se recourbant dans le sens Nord-Sud, va encadrer, jusqu'au golfe de Boni, la ligne des lacs enfoncés dans une dépression intermédiaire. On y trouve des gneiss, des micaschistes, des phyllades, des schistes anciens verts et rouges recoupés par du granite et, sur les côtés, des conglomérats tertiaires

[1] Verbeek. *Geologie von Java*. Peterm. Mitt., 1898.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

redressés, avec brèches éruptives importantes du même genre. C'est dans le Nord de cette zone, entre Soumalata et Paleklé qu'on exploite un certain nombre de filons aurifères dont il sera question plus tard.

Enfin, dans l'Ouest de la *Nouvelle-Guinée* (VI), on connaît des chaînes de terrains anciens Est-Ouest, celle des monts Arfak et celle des monts Charles-Louis, avec gneiss, micaschistes, granite, etc., englobant, sur le prolongement du golfe de Berau, une zone de calcaires plissés.

Dans l'ensemble, on voit que toutes ces zones anciennes dessinent un certain nombre de courbes en forme d'U, à l'intérieur d'un arc volcanique, lui-même provoqué par une cassure délimitant une profonde fosse marine qui, suivant un demi-cercle $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\varphi$, limite le socle sous-marin de Bornéo, Sumatra et Java, prolongement du continent asiatique. Ce demi-cercle présente, à hauteur de la mer de Banda, une interruption, ou tout au moins un point singulier. Ici, en effet, au lieu des grandes fosses marines qui, dans la mer des Indes et dans la mer comprise entre les Philippines et les Marianes, remplacent des continents disparus, on trouve, à l'Est de l'arc volcanique, ce continent lui-même, à peine tronçonné en deux fragments reliés par un socle sous-marin, l'Australie et la Nouvelle-Guinée. Les directions sont Est-Ouest en Nouvelle-Guinée.

2° **Chaînes tertiaires.** — Les chaînes tertiaires, auxquelles nous passons maintenant, se sont, comme nous l'avons vu pour la mer Égée, introduites entre ces massifs anciens; et, si leurs directions sont compliquées et sinueuses, c'est parce que les contours des horsts, sur lesquels elles se moulaient, l'étaient eux-mêmes.

La chaîne tertiaire la plus continue est celle que nous supposons s'être appliquée en $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\varphi$ sur le continent effondré dont il ne reste qu'un débris, l'Australie. Elle se compose d'un certain nombre de zones indépendantes que nous ne nous attacherons pas ici à décrire en détail, devant revenir bientôt sur leur étude en ce qui concerne l'Asie. C'est la zone des monts Arrakan, prolongée dans les îles extérieures de Sumatra, où l'on a du tertiaire plissé ; c'est encore la zone avec terrains anciens et secondaires allant de Soembawa à Boéroé. A Soembawa, on a un noyau ancien de schistes cristallins percés par le granite, avec diabase. A Rotti et Timor, il existe toute une série complète (schistes cristallins, permien, trias, jurassique, tertiaire, roches vertes crétacées). Tenimber est également formé d'un noyau ancien (calcaires cristallins et dolomies). A Céram et Boéroé dominent les terrains archéens, micaschistes, etc., avec du jurassique et des diabases.

Une autre zone, plus intérieure, est formée par Sumatra et Java, dont j'ai déjà dit la constitution. Cette chaîne se poursuit-elle suivant l'axe

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

volcanique de la mer de Banda et se branche-t-elle, dans le sens Nord-Sud, vers les Philippines ? Au Nord de la mer de Banda, il y a certainement une coupure ou un rebroussement dans le système de chaînes externes pour laisser passer un axe Est-Ouest, celui de Taliabo, Mangoli, Obi-Besar, qui se prolonge d'une part avec la même direction dans l'Ouest de Célèbes, de l'autre en Nouvelle-Guinée, dans le golfe de Berau. A Célèbes, ce sont des couches tertiaires plissées qui se recourbent dans le sens Nord-Sud au mont Latimodjong. A Taliabo et Mangoli, du jurassique plissé s'accole au Nord contre de l'archéen avec granite.

Plus au Nord et, par conséquent, en se rapprochant du centre de la courbe, vient une région importante où dominent les roches vertes serpentineuses, dans la mise en place desquelles les charriages ont dû jouer un rôle mal défini. Ces roches, qui, comme nous le dirons plus loin, étaient déjà très développées dans la chaîne birmane et à Sumatra, sont abondantes dans le Nord-Ouest de Célèbes, entre les golfes de Tomini et de Tomaki. Elles forment la plus grande partie du groupe d'Halmahera, de Waigeoé, Salawati, etc. ; elles reparaissent en Nouvelle Guinée; et l'on sait, combien, loin de là, si l'on prolonge la cordillère de la Nouvelle Guinée jusqu'en Nouvelle Calédonie, elles prennent d'importance avec association de minerais nikélifères. On peut considérer leur venue, qui se place dans le crétacé et qui s'associe avec des terrains à facies de flysch analogues à ceux des Apennins et des Carpathes, comme caractérisant les chaînes de plissement tertiaire dans tout l'Archipel Malais.

Vers le N. E., l'alignement corallien des *Carolines* peut encore constituer une chaîne tertiaire. La plupart de ces îlots coralliens, où l'on n'avait voulu voir jadis que des formations actuelles, comprennent, en réalité, des dépôts tertiaires divers, dont les derniers se sont parfois succédés depuis le pliocène sans qu'il soit possible d'y établir une démarcation. Néanmoins, les superpositions normales des terrains tertiaires les plus anciens, puis les terrasses adossées de plus en plus basses des terrains les plus récents, permettent parfois d'y suivre des mouvements, d'abord positifs, puis négatifs, qui ont dû commencer par l'émersion d'une chaîne plissée, aujourd'hui complètement disparue. L'existence des phosphates, qui a attiré l'attention récemment sur quelques-uns de ces îlots, semble en rapport avec la concentration de dépôts de guano dans la région équatoriale[1].

Vers le Nord, les *Philippines* paraissent comprendre les racines d'un certain nombre de virgations, dont les plus orientales peuvent aller, dans le sens Nord-Sud, se raccorder avec les Moluques, tandis que les plus occidentales passent, avec un sens N. W., à Bornéo. Toute cette chaîne

[1] L. De Launay. *Les phosphates des îles océaniques* (La Nature), n° 1865, 20 fév. 1909.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des Philippines est formée de plis, en moyenne Nord-Sud, qui se subdivisent progressivement en allant du Nord au Sud.

Enfin nous avons laissé de côté les chaînes tertiaires de *Bornéo*. Sous ce nom, nous comprenons d'abord une chaîne Est-Ouest, comme celles des Célèbes, qui s'intercale entre les deux horsts anciens avec des terrains plissés très divers, carbonifère, lias, jurassique, crétacé, etc. Des roches vertes s'y associent parfois. Des cassures métallisées renferment, sur le haut Sikajam, vers le 110e degré, l'association du cinabre et de la stibine qui est si fréquente dans les chaînes tertiaires (Algérie, etc.)

Dans le Sud-Est de Bornéo, une autre chaîne tertiaire, divergente avec celle-là, est dirigée Nord-Sud. On retrouve, à Boéloé Laut, dans la chaîne du Martapoera, puis sur le Koétai et enfin au Nord dans la baie de Darwel, des zones comprenant des terrains plissés d'âges crétacés et tertiaires avec de nombreuses roches vertes. L'éocène, formé de grès avec charbons, auxquels succèdent des terrains marins nummulitiques, est plissé à Boéloé Laut comme il l'est sur la côte Nord[1]; le miocène inférieur est plissé sur le Koétai.

EXAMEN DES DIVERSES ZONES TECTONIQUES

Reprenons maintenant les traînées Nord-Sud qui constituent, sur le continent, la région envisagée dans ce chapitre, en les décrivant successivement de l'Ouest à l'Est[2]. Nous commencerons par montrer l'unité de chacune d'entre elles en insistant sur les traits communs qu'elle accuse dans toute sa longueur. Nous signalerons ensuite les traits particuliers que présentent, sur son parcours, les provinces les plus intéressantes pour la métallogénie.

1° CHAINE TERTIAIRE BIRMANE DES MONTS ARRAKAN

Quand on part ainsi de l'Ouest (pl. VII), on rencontre d'abord une chaîne de plissement tertiaire qui, par sa direction, se rattache intimement aux chaînes plus anciennes dont il va être question ensuite, mais qui, d'autre part, s'en distingue par son âge même aussi bien que par son rapport possible avec les plis tertiaires himalayens. Cette chaîne apparaît, au Nord, dans l'Assam : elle suit à l'Est les monts Barail, se con-

[1] On retrouve à Cébu, dans les Philippines, le calcaire nummulitique transgressif, auquel succèdent des niveaux charbonneux qui semblent un peu supérieurs.

L'éocène charbonneux est également connu dans le bassin du Kapoéas. Il y a du lignite tertiaire à l'île Labuan sur la côte Nord-Est. Des lignites sont encore connus à l'Ouest de Sumatra, à Poulo Nias.

[2] On peut suivre l'ensemble de cette description sur la planche IX en considérant : pour le détail des chaînes birmanes, la planche VII ; pour le Cambodge, le Laos et le Yunnan, la planche VIII ; pour le Tonkin, la figure 77.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tinue, le long de la côte birmane, par les monts Arrakan jusqu'au cap Négrais, passe par les îles Andaman et Nikobar et rejoint la chaîne insulaire miocène qui longe la côte Ouest de Sumatra : Babi, Nias, Mentawi, Bengkoelen, etc. Son individualité est caractérisée par l'existence, en Birmanie, de dépôts gréseux et schisteux analogues à notre flysch alpin : dépôts que, par une erreur de détermination paléontologique, reproduite ensuite de livre en livre, on a longtemps considérés comme triasiques et qui doivent, en réalité, commencer au crétacé avec superposition d'éocène nummulitique et de miocène à lignite. A l'Est des monts Barail, de grandes masses serpentineuses viennent s'intercaler dans cette formation comme dans les terrains crétacés et éocènes de l'Europe méridionale et sud-orientale. On en retrouve l'équivalent aux îles Mentawi à l'Ouest de Sumatra. D'après Verbeek qui les a étudiées dans cette région, ces serpentines, provenant de péridotites, etc., seraient là, ainsi que les gabbros et les diabases connexes, intercalées dans le crétacé[1]. Vers le Sud-Est, nous avons déjà dit comment ces zones de roches vertes avec flysch se prolongeaient au loin vers Célèbes et Halmahera. Si l'on veut, au contraire, trouver un prolongement Nord à cette traînée tertiaire, il faut l'imaginer courbée à angle droit vers l'Ouest dans le sens Est-Ouest et allant s'introduire sous les plis himalayens. Au point où cette torsion devrait se produire, vers Makum, la chaîne, poussée de l'Ouest à l'Est, se trouve anormalement rapprochée de la chaîne himalayenne, dont le mouvement relatif, quoique provoqué par la même cause, prend extérieurement l'aspect d'une poussée inverse, du N-W au S-E. Ces deux poussées inverses se font alors pendant des deux côtés de la vallée du Brahmapoutra, comme se répondent, sur les deux rives de l'Adriatique, les Apennins et les Dinarides, comme encore les Alpes de Transylvanie et les Balkans des deux côtés de la vallée du Danube. Nous avons, en étudiant la géologie indoue et les charbons de l'Assam, dit quelques mots de cette disposition[2], sur laquelle nous aurons encore à revenir à propos du pétrole. Les terrains de la première chaîne birmane que nous étudions en ce moment sont là renversés dans le sens de l'Ouest; d'où un plongement anormal de tous les terrains vers le Sud-Est, faisant passer les plus récents sous les plus anciens. Un peu plus au Sud, vers le 26e degré, le flysch se montre vertical. Puis la chaîne, devenue très rectiligne, prend la forme d'un anticlinal normal, qui se poursuit au moins jusqu'au 4e degré de latitude Sud. Elle se recourbe alors

1895. St. Traverso. *Rocce di Sipora. Isole Mentavei* (Atti Soc. Ligustica di Sc. Nat. e Geogr. Genova, VI, 3. — 1900. R.-D.-M. Verbeek. *Vorloopig Verslag over eene geologische Reis door het Oostelijk Gedeelte van den Indischen Archipel en* 1899, in-8°, Batavia, p. 15. — Suess, I, 593 ; III, 303. — 1895. F. Noetling. *The development and Subdivision of the tertiary system in Burma* (Rec. Geol. Surv. Ind., XXVIII, p. 59. 86, carte).

[2] P. 347.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

progressivement à l'Est dans le sens Est-Ouest, achevant ainsi de décrire un grand Z, dans la boucle supérieure duquel se trouvent englobés, avec la péninsule indoue et le plateau de Shillong, tous les plis himalayens. En très grand, ce Z peut être comparé à celui que décrivent aussi les Carpathes prolongés par les Alpes de Transylvanie et les Balkans [1]. C'est un des très nombreux exemples que l'on pourrait citer de torsions réitérées dans ces chaînes, supposées jadis trop théoriquement rectilignes.

Pour la métallogénie, il est facile de prévoir qu'une telle chaîne se montrera stérile, ne présentant ni réapparition de massifs antérieurement ramenés en profondeur, ni roches éruptives, ni décrochements susceptibles d'être minéralisés. Nous n'aurons à signaler, dans ce groupe, que quelques minéraux ou minerais en rapport avec les serpentines, notamment les jadéites de Sanka, sur le 25e degré, dans le district de Myitkyina, les lignites miocènes et une richesse minérale d'un ordre tout à fait spécial, le pétrole, dont deux longues traînées, accompagnées comme d'habitude de matières salines, suivent les deux flancs de la chaîne jusqu'à Sumatra.

2° VALLÉE DE L'IRAOUADDY, EST DE SUMATRA

A l'Est de ce premier anticlinal, un synclinal, aujourd'hui marqué par la vallée de l'Iraouaddy, a du constituer, dès l'époque miocène, un golfe ménagé entre deux plis par un effondrement et, plus tard, jalonné par des volcans. Ce sillon, où le pontien (53) se montre faiblement plissé, paraît se prolonger par la grande plaine qui occupe l'Est de Sumatra. Nous pouvons noter, à ce propos, l'existence d'un axe éruptif ayant un rapport approximatif avec sa direction, que l'on suit depuis le 25e degré de latitude Nord, jusqu'à l'extrémité des îles de la Sonde.

Au Nord, c'est peut-être à cet axe volcanique que se rattache (mais latéralement) le volcan éteint d'Ho-chouen-chan, décrit par von Loczy [2], à l'Ouest de Young-tchang, en plein massif cristallin (pl. VII). Puis viennent les basaltes de Bhamo, le Pouppadong (sur le 21e), les pointement situés à l'Ouest de la basse vallée de l'Iraouaddy, les îles Narcondam et Barren, et enfin Sumatra, où un axe de volcans modernes suit à l'Est un axe éruptif tertiaire.

Ainsi que nous avons à le remarquer chaque fois que nous rencontrons une traînée éruptive pléistocène, aucune formation métallifère ne se rattache à ces manifestations d'une activité interne qui semblerait au premier abord avoir dû en provoquer de nombreuses. C'est, à notre avis, parce que les minerais d'origine profonde cristallisent avant d'atteindre une

[1] Voir la *Science géologique*, p. 432.

[2] *Loc. cit.*, 771 et coupes, pl. IV. Les volcans du Tibet, dont il sera question plus tard, sont tout à fait indépendants de ceux que nous mentionnons ici.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

zone trop superficielle, qui est seule visible dans ces régions où l'érosion n'a pas encore eu le temps d'agir depuis l'activité éruptive.

3° CHAINES PRIMAIRES BIRMANES ET PRESQU'ILE DE MALACCA

Nous sortons maintenant de la zone à terrains tertiaires plissés pour entrer dans cet immense massif ancien qui, plus à l'Est, constitue la presque totalité de notre région. Là, les terrains secondaires et tertiaires interviennent seulement sous la forme des dépôts continentaux permo-jurassiques, restés parfois horizontaux, plus souvent affectés par des plissements dont l'amplitude va généralement en diminuant à mesure qu'on s'éloigne des chaînes tertiaires pour se rapprocher de certains horts anciens formant plateaux à strates horizontales dans la boucle du Mékong, le Cambodge, etc. Il serait impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, et d'ailleurs sans utilité pour notre sujet, de suivre les diverses coulisses successives qui constituent ce grand ensemble : coulisses, dont on voit dès maintenant le plan, dont on peut même deviner parfois les relations probables, mais dans lesquelles il subsiste d'énormes lacunes. Leur trait le plus général consiste dans le plissement subi par tous les terrains primaires, avec pénétration de granites dans toutes les strates antérieures au carbonifère supérieur, métamorphisées à son contact. C'est en rapport avec ces granites à mica blanc, ou tout au moins à quartz isolés, que se sont développés l'étain et l'or, éléments tout à fait caractéristiques de ces chaînes hercyniennes. Nous aurons donc particulièrement à insister sur les traînées de ces granites. D'autre part, les plissements hercyniens ont été, comme partout, accompagnés de venues porphyritiques et mélaphyriques intercalées dans les formations lacustres ou fluviatiles du carbonifère, du permien ou du trias. A ces roches se rattachent souvent des minerais de cuivre qui contribueront à appeler notre attention sur elles. Enfin, le contrecoup des mouvements tertiaires s'est traduit, en certaines régions privilégiées, par un système de dislocations, dans lesquelles ont pu cristalliser quelques métaux sulfurés filoniens du groupe plombo-zincifère, et, accessoirement, le mercure.

Si nous partons du Nord-Ouest (pl. VIII), nous trouvons, dans le Nord de la Birmanie et la région voisine du Yunnan, des zones de gneiss, schistes cristallins et granites qui constituent les districts de Myitkyina et Mogok, avec la région de Ho-chouen-chan, visitée par Loczy en Yunnan. Entre deux massifs archéens, une traînée carbonifère occupe la vallée de l'Iraouaddy près Bhamo et du carbonifère reparaît également plus à l'Ouest entre Mogaung et les mines de jadéite de Sanka situées sur un pointement de serpentine. C'est sur cette traînée cristalline que se trouvent les roches dont proviennent les alluvions à rubis du district de Mogok (sur le 23e). Ces massifs gneissiques semblent se

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

continuer au Sud le long du Sittang avec une direction N-S, coupés à l'Ouest par une faille qui les met en contact avec le bassin pontien de l'Iraouaddy.

Puis vient une zone primaire qui occupe la région située entre l'Iraouaddy et le Salouen à l'Est de Mandalay et, plus au Sud, une partie du Karenni (19°) et qui, plus au Nord, a été supposée se prolonger le long du Salouen à l'Ouest de Young-tchan. Cette zone comprend du cambrien et divers termes marins du silurien, avec peut-être des schistes atteignant la base du carbonifère. Par-dessus ces premiers plis que l'on peut rattacher aux mouvements hercyniens, et après leur arrasement, a passé une transgression ouralienne ou permienne, dont on retrouve constamment la trace dans ces régions de l'Asie orientale. Il en est résulté de vastes nappes d'un calcaire, plissé à son tour, qui, avec des aspects analogues à ceux du Karst, disparitions de rivières, etc., occupe le plateau des Etats Shan. Le même ensemble de formations, ici réputées permiennes, ailleurs rattachées au carbonifère, dont il a déjà été question[2], se retrouve dans le Karenni par le 18e et vers Moulmein à l'embouchure du Salouen, puis à Ténassérim en Birmanie inférieure et l'on a proposé de leur rattacher encore les calcaires de l'Ouest de Sumatra. Vers le Nord, on les perd de vue dans la série de plis qui se produit à hauteur du 30e degré en Setchouan. Il y a, en ce dernier point, une région que nous examinerons plus tard isolément, où semblent se rassembler, en un paquet atteignant des altitudes considérables, toutes les origines de plis qui, plus au Sud, divergent et font l'éventail, depuis le Tonkin jusqu'à la presqu'île de Malacca, autour du noyau primitif cambodgien.

Si nous abandonnons pour le moment les tentatives de raccord entre les régions septentrionales et méridionales, nous avons à étudier, dans le Sud-Ouest, une zone particulièrement intéressante pour nous : celle qui forme la presqu'île de la Birmanie inférieure et de Malacca. On y observe partout à peu près la même série de terrains métamorphiques, schistes, grès, ou plus rarement calcaires, pouvant monter jusqu'au carbonifère, que traversent en les métamorphisant les granites à quartz isolés, ou même à mica blanc, avec lesquels l'étain de ces pays est en relation. C'est ainsi qu'on nous décrit le groupe de Ténassérim et de Mergui qui est la région stannifère de la Birmanie anglaise[3]. C'est également le cas à Pérak, d'après Errington de la Croix et Warington Smyth.

A l'Est de Pérak (Pl. IX), Errington de la Croix a signalé des schistes chloriteux, talcschistes, grès arkoses et calcaires d'âge indéterminé : le

[1] A l'Est de Mandalay, Noetling a reconnu du silurien inférieur, analogue à celui des provinces baltiques. Plus au Sud, vers l'embouchure du Salouen, des calcaires contiennent des fossiles carbonifères.

[2] Page 328.

[3] P.-N. Bose. *Note on Granite in the districts of Tavoy and Mergui* (Rec. Geol. Surv. India, XXVI, p. 102-105).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tout, recoupé par du granite dans lequel se trouvent des veines quartzeuses stannifères. Les calcaires sont discordants sur les schistes. Ils ont néanmoins, eux aussi, au contact des roches éruptives, subi, d'après lui, un métamorphisme très net.

Enfin, les îles de l'étain, Bangka et Billiton, sont également, d'après Verbeek, formées de grès et schistes fortement redressés, sans doute pré-carbonifères, avec massifs granitiques qui les recoupent en les métamorphisant [1].

Les terrains post-carbonifères que l'on a signalés se composent d'un peu de trias marin vers Pahang sur la côte Est [2].

En se bornant aux très grandes lignes, on peut dire qu'il existe deux bandes granitiques principales, dont l'une suit la côte Ouest dans sa partie Nord-Sud, de Ténasserim à Junk-Ceylon et dont l'autre part des îles de Tau et Samui (10°,6 et 9° 45) pour se continuer jusqu'à Singapour, puis de là à Bangka et Billiton. Entre les deux, s'intercale une bande de calcaire qui traverse la péninsule suivant la vallée du Bandon. Bangka et Billiton présentent, au milieu des schistes et quartzites, une série de massifs granitiques formant des taches disséminées, comme sur la carte du Cornwall anglais et dont la direction ne correspond pas toujours à celle des plissements dans les terrains encaissants.

4° PLATEAUX DU SIAM, DU CAMBODGE ET DU LAOS. ANNAM MÉRIDIONAL

Quelque soit au juste le raccordement des plis entre eux, il n'en est pas moins certain que l'ensemble de l'Indo-Chine s'introduit, comme un massif triangulaire, entre l'alignement Nord-Sud des chaînes birmanes et les directions Nord-Ouest du Tonkin : le tout venant se rassembler environ sur le 100e degré par 26° de latitude vers Young-tchang (Pl. VIII). Malheureusement, nos connaissances sur beaucoup de ces régions sont, à l'exception du Tonkin, très sommaires; et certaines tentatives de synthèse prématurées, comme celle de Fuchs en 1882, sont plus nuisibles qu'utiles par tous les éléments imaginaires à l'existence desquels elles peuvent faire croire (existence d'une cordillère granitique dans l'Annam, etc.). D'après un résumé récent de M. Lantenois, on peut retenir les traits suivants [3].

Le Nord du Laos, sur lequel nous aurons à revenir, présente des terrains pré-carbonifères plissés (système gréseux; schistes, grès et calcaires), sur lesquels passent en discordance des calcaires stéphano-permiens (ou même simplement permiens), dont les strates sont le plus

[1] Voir une carte de VERBEEK reproduite dans SUESS, III, 304.

[2] 1900. R. BULLEN NEWTON. *On marine triassic Lamellibranchs discovered in the Malay Peninsula* (Proc. Malacol. Soc., London, IV, p. 130-135.

[3] 1907. *Note sur la géologie de l'Indo-Chine*, loco cit., 48.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

souvent horizontales, mais parfois cependant ondulées. C'est la grande transgression qui a marqué ici, soit la fin de l'époque carbonifère, soit plutôt le permien, postérieurement à un plissement dont l'âge est au moins post-silurien, et probablement post-dévonien d'après les observations faites dans le Yunnan méridional. Ces calcaires à fusulines, analogues à ceux du Tonkin et du Yunnan, comparables aussi à ceux que nous avons déjà trouvés dans les Etats Shan et en Birmanie, sont notamment développés dans la grande boucle que décrit le Mékong au Sud de Luang-prabang, où on les trouve horizontaux. Ils peuvent atteindre au moins 1.000 m. A Luang-prabang même[1], des calcaires analogues, rattachés au permien moyen, s'entremêlent de schistes et passent à une série permo-triasique d'argiles rouges, conglomérats, etc., analogue aux terrains continentaux du Gondwana indou.

Plus au Sud, dans le Siam, on rencontre, en se rapprochant du Cambodge, une grande formation horizontale de grès grossiers rouges assez micacés, qui recouvrent en stratification discordante des strates plissées de calcaires marmoréens blancs et bleus ouralo-permiens. Ces grès, probablement triasiques, avec conglomérats à la base, alimentent de nombreuses sources salées. La même formation continentale à intercalations salifères se prolonge dans le Cambodge vers Khong, Angkor, Chantaboun et la côte Ouest. Là aussi, elle est bien horizontale et contient un certain nombre de nappes porphyriques intercalées, au voisinage desquelles se trouveraient, d'après M. de Lamothe, des filons plombifères et des sources thermales.

Le substratum plissé se montre surtout à l'Est et au Sud-Est. Cependant la présence de l'or à Watana, des rubis à Chantaboun correspond à une réapparition des terrains métamorphiques avec roches cristallines. Dans un autre massif ancien, qui forme le Sud-Est du pays, on trouve des schistes et grès plissés, traversés par le granite comme dans la presqu'île de Malacca et métamorphisés par lui. Ces terrains commencent à l'Ouest du Grand-Lac (Toulé-sop) et se continuent, avec des directions N. N. W., jusqu'à Kampot sur la côte, où il s'intercale, au-dessus d'eux et sous les grès tertiaires, un lambeau de calcaire gris-bleu analogue à la formation permienne rencontrée plus au Nord : calcaire discordant sur les terrains métamorphisés et néanmoins légèrement plissé. Des lambeaux du même calcaire se retrouvent également près de Khong. A l'Est de cette ville, dans le bassin du Sésan et entre le Sésan et le Sékong, les terrains primaires sont représentés par des talcschistes plissés N. W., avec intercalations de diorites pyriteuses qui ont fourni quelques gisements d'or. Dans le Sud-Annam, les quartzites et schistes satinés avec granites et micro-granites se retrouvent, mais sans calcaires superpo-

[1] 1896. Douvillé (C. R. 23 juillet) et Counillon (*ibid.*, p. 1330, avec carte reproduite dans Suess, III, 289.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sés. Enfin, pour terminer cette région, il faut ajouter que des dislocations tertiaires ont donné lieu à quelques épanchements basaltiques : à l'Ouest de Kampot dans le plateau cambodgien ; au Nord de Khong, près de Bassac (plateau des Bolovens) ; à Culao-ré sur la côte annamite ; enfin, près de Saïgon, à Bien-hoa.

En remontant maintenant plus au Nord dans l'Annam, la région de Tourane et Hué comprend encore, à la base, des gneiss et micaschistes, auxquels s'associent des grès et schistes, métamorphisés par des intrusions granitiques : grès et schistes qui semblent être origine de ces couches gneissifiées. Ces terrains, dirigés E.N.E., comprennent, près de Bong-miu, des failles de chevauchement minéralisées par du quartz aurifère. Au dessus viennent encore, dans le Nord, des calcaires massifs, assimilés aux calcaires stéphaniens dont nous avons déjà signalé la grande extension : calcaires qui apparaissent près de Tourane et se développent à l'Ouest de Ha-tinh et de Vinh. Mais la principale série discordante sur les plissements hercyniens des terrains métamorphiques, ce sont les grès et schistes avec lignites et empreintes de plantes rapportées au rhétien par M. Zeiller, où l'on exploite les lignites de Nong-son. Ce terrain contient, à sa base, un poudingue englobant des éléments du substratum déjà métamorphisé : ce qui prouve bien que l'âge de ce métamorphisme est antérieur à lui et vient à l'appui de l'idée d'un mouvement hercynien ayant dominé dans toute cette contrée.

5° TONKIN, LAOS SEPTENTRIONAL ET HAINAN

La géologie du Tonkin commence aujourd'hui à être connue avec des détails stratigraphiques et tectoniques qui nous manquaient dans les régions précédentes[1].

La carte d'ensemble, donnée en 1907 par M. Lantenois (fig. 77), montre bien comment l'éventail des plis hercyniens, dont la Birmanie inférieure, avec sa direction Nord-Sud, forme la branche occidentale, arrive ici à prendre une direction N. W.-S. E. de la Rivière Noire jusqu'au méridien d'Hanoï. Après quoi commence, dans le Sud-Est du Tonkin, un mouvement tournant des plis qui amène progressivement des directions Est-Ouest, puis Nord-Est, conformes à celles destinées à durer dans tout le Sud-Est de la Chine.

En même temps, l'allure des dépôts triasiques devient, autour de Langson qui forme le centre de cet éventail, très tourmentée, très violemment plissée. Et des systèmes de failles, qui prennent une netteté particulière quand on arrive dans le Yunnan méridional, failles à peu près conformes à la direction des plis et découpant des coulisses paral-

[1] La publication des cartes géologiques au 1/100.000e a été commencée en 1907, dans le massif N.-E., par la feuille de That-Khé.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lèles, commencent à déterminer des séries de contacts anormaux. En rapport avec ce changement, la tectonique du Tonkin présente un contraste singulier, dont l'explication n'a pas encore été donnée. Tout l'Ouest est profondément métamorphisé et a subi un retour en profondeur qui se manifeste aujourd'hui même sur des massifs portés à 1.500 ou 1.800 m. d'altitude. On serait tenté de se demander si de grands plis couchés, dont M. Lantenois a peut-être aperçu quelques indices au Nord du Tonkin vers la frontière chinoise, n'auraient pas, venant de l'Est, passé à l'Ouest sur toute une zone, qui aurait été ensuite déplacée verticalement le long d'une fracture à peu près jalonnée par le Fleuve Rouge.

Tonkin. — Stratigraphie. — En ce qui concerne la stratigraphie, ici comme dans les pays étudiés déjà en ce paragraphe, nous avons un ensemble de terrains anté-carbonifères fortement plissés : ensemble comprenant, nous allons le voir, cambrien, silurien et dévonien marins ; puis, en discordance au-dessus, une transgression de calcaires massifs stéphano-permiens, et enfin, après une discordance nouvelle par émersion, des terrains en majeure partie continentaux ou littoraux à types Gondwana, parfois avec lignites, qui présentent, après un peu de trias marin à caractères littoraux, localisé près de Langson, du rhétien à formation charbonneuse exploité à Hongay et Kébao, et du grès rouge rhétien. La fin de la série sédimentaire n'est plus représentée que par quelques taches de pliocène lacustre à lignites, localisées dans une sorte de sillon de fracture suivant la vallée du Fleuve Rouge, où ces terrains ont subi ultérieurement une compression transversale et dans la vallée parallèle du Song-chay à Luc-an-chau. Les roches cristallines se composent de granite ayant métamorphisé les terrains précarbonifères sans pénétrer dans les calcaires ouralo-permiens et de microgranite qui a pénétré, au contraire, sous la forme d'intrusions profondes, jusque dans les schistes triasiques[1]. Commençons par préciser rapidement les caractères stratigraphiques de cette série pour insister ensuite sur la tectonique.

A la base de cette stratigraphie il y a de grands massifs de gneiss micacés et amphiboliques, micaschistes, schistes amphiboliques, leptygnites, etc., d'âge indéterminé qui occupent tout le Nord-Ouest du pays, de la Rivière noire au Fleuve Rouge et de celle-ci au mont Phia-Bioc, ou, en allant au Sud, presque jusqu'à Hanoï. On ne saurait dire actuellement s'il existe là quelques horsts anciens ayant échappé aux mouvements. Les *calcaires massifs pré-carbonifères* forment, il est vrai, une carapace à peu près horizontale au voisinage du Yunnan, près de Pa-kha et vers Hagiang où leur allure fait penser à un charriage. On les dit encaissées dans les gneiss, le long du Song-chay. L'âge de ces terrains métamor-

[1] Voir plus haut, p. 326.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

phiques est indéterminé. On constate, au milieu d'eux, des massifs de granite, dont le plus important est celui qui forme les « Aiguilles » à l'Ouest de Lao-kay et il est facile de voir que le granite a exercé, même sur des terrains probablement dévoniens, tout au moins siluriens, un métamorphisme ayant eu des effets analogues. Mais la série gneissifiée doit être très compréhensive et englober des terrains d'âges très divers. On y observe des niveaux graphiteux dans les micaschistes. C'est à une partie au moins de cette série que correspondent les terrains notés x par M. Zeil dans le Haut-Tonkin (région de That-khé, schistes, grès, grès calcarifères et calcschistes).

On ne connaît pas le *Cambrien* qui, au Yunnan, est séparé du dévonien par une forte discordance. Puis vient le *silurien* fossilifère (Mo-nhai, Van-linh, Cao-bang, etc. à l'Ouest et au N. W. du Langson), commençant par des schistes à Spirifer, continué par des calcschistes, passant ensuite en concordance à des calcaires dévoniens qui sont particulièrement développés dans le Haut-Tonkin. Dans la région littorale, au contraire, les terrains pré-carbonifères ont habituellement un facies schisteux ou gréseux. A la base, ce sont les schistes, parfois ardoisiers avec quartzites et poudingues de Mon-cay; au dessus, les grès et quartzites de Do-son, généralement presque horizontaux, dont on croit retrouver l'équivalent à Hainan (dévonien?).

Après une lacune qui doit comprendre le dinantien et le moscovien, l'on observe un niveau très important de calcaires massifs, soit *ouraliens*, soit plus généralement *permiens*, qui représentent la même transgression que nous avons déjà rencontrée en Birmanie, au Cambodge, dans les Etats Shan, etc.

C'est le calcaire d'Haiphong, reconnu carbonifère (13) et celui du plateau karstique de Bac-son (entre Hanoï et Langson), déterminé permien (14). Ce calcaire est en stratification nettement discordante sur les terrains antérieurs, qu'on voit parfois reparaître au-dessous de lui dans le fond de cirques d'érosion. Il présente à un haut degré les phénomènes de grottes, rivières souterraines, dispositions ruiniformes, etc., comparables à ceux du Karst en Istrie que l'on trouve également dans les Etats Shan, en Birmanie, dans le Yunnan, etc., pour les mêmes formations. Nous reviendrons sur son allure.

Le *trias* de Langson comprend surtout des schistes avec quelques intercalations de calcschistes. On y observe, entre Langson et Loc-binh, des poudingues représentant manifestement une ligne de rivage voisine. Ce terrain doit être littoral, M. Lantenois le considère comme marquant une courte transgression après une régression permienne. On peut tout au moins remarquer que les dépôts permiens sont les derniers franchement marins que renferme le Tonkin, comme les régions contiguës de la Chine. L'émersion continentale paraît avoir commencé vers l'époque permienne pour s'accentuer pendant le trias. Des mouvements qui ont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plissé fortement ces couches triasiques ont pu déterminer les intrusions de microgranite qu'on y constate nettement.

Après quoi vient le *rhétien* charbonneux (20), nettement plissé lui aussi[1], occupant une longue bande anticlinale, parallèle à la côte : bande dont nous allons avoir l'occasion de reparler pour en décrire les gisements charbonneux.

Après cette formation continentale est venue une grande formation de grès rouge, également rhétienne, dont l'étendue est beaucoup plus grande que celle du rhétien charbonneux et que l'on a dès lors considérée comme représentant une transgression. Il semble que ce soient plutôt des dépôts continentaux analogues à ceux du Gondwana indou, formés dans un bassin de sédimentation dont on connaît à peu près le centre vers An-chau, où apparaissent, avec des grès exceptionnellement fins, quelques schistes et dont on a signalé également des zones littorales marquées par les poudingues. Vers le Nord, on voit ces grès rouges dériver progressivement du trias, sans interposition de couches à charbon.

Enfin il existe dans la vallée du Fleuve Rouge, et dans celle du Song-chay, trois ou quatre petits bassins indépendants d'âge *mio-pliocène* que l'on peut comparer aux lacs tertiaires du plateau central : dépôts de schistes et grès à lignites avec quelques poudingues, ayant donné lieu à une tentative d'exploitation à Yen-bay.

Tonkin. — Tectonique. — Passons maintenant à la tectonique de cet ensemble. Les faits, brutalement résumés, se ramènent à ceci que tous les terrains représentés, y compris le pliocène de Yen-bay, présentent des plissements, en sorte que la première idée est de penser à une région nettement comprise dans la zone des plissements d'âge alpestre. Cependant, si on regarde mieux, on remarque que les terrains pliocènes plissés, terrains lacustres, se présentent dans des conditions très particulières, le long d'un ou deux sillons de fractures parallèles aux anciens plis : sillons, sur lesquels a pu s'exercer un effort de compression transversale, différent des plissement proprement dits. D'ailleurs on n'observe pas, dans les périodes antérieures à un tel mouvement, ces dépôts marins qui précèdent, en général, les grandes phases de plissements. La sédimentation paraît avoir été complètement interrompue au Tonkin depuis le rhétien ; et, dès le trias, elle affecte un caractère, d'abord littoral ou lagunaire, ensuite plus nettement continental. En réalité, les derniers terrains franchement marins de la région sont les calcaires massifs permiens. On est donc, dès lors, tenté de placer, vers cette période permo-triasique, le mouvement essentiel de la région.

D'autre part, si l'on envisage les plis qui affectent tous les terrains

[1] Le rhétien est horizontal à Nong-son, en Annam, où il renferme aussi des gisements charbonneux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du pays, on remarque, entre ceux qui appartiennent à divers âges, une concordance ordinaire, que l'on a parfois considérée comme une règle générale et qui nous semble, au contraire, un cas relativement exceptionnel, propre aux régions où les derniers mouvements ont eu le caractère de plis posthumes, sans indépendance accusée, n'arrivant pas, (comme, par exemple, l'Himalaya contre la péninsule indoue) poussés par une force orogénique de direction toute nouvelle après une longue période de repos et de consolidation. En outre, tous ces plis n'ont pas le même caractère. Tandis que les terrains pré-carbonifères ont été, pour la plupart, fortement plissés, le calcaire ouralo-permien n'offre, sauf au voisinage de ses flexures, que des plis à large ondulation. Et, si les schistes triasiques de Langson, qui correspondent manifestement à un point particulier, ont été, pour une cause quelconque, eux aussi, plissés avec violence, les grès rouges rhétiens n'accusent que des ondulations très amples. Il s'intercale, il est vrai, entre le trias et ces grès rouges, la formation charbonneuse de Hongay, zone très locale, où les plis sont nets, mais plis accompagnés de véritables failles, dont l'une limite brusquement leur zone au Sud. Il semble donc, en résumé, que les plissements aient diminué d'intensité depuis le début du permien jusqu'à la fin du trias. Et c'est dans ce sens que l'on peut considérer le Tonkin comme représentant une zone hercynienne spéciale, sur laquelle les efforts orogéniques se sont prolongés très longtemps et répétés même dans une phase presque contemporaine, avec des caractères posthumes. C'est ce que nous allons tenter de mieux définir.

Toute la région Ouest du Tonkin est relativement simple. On y observe des couches très redressées à direction Nord-Ouest très régulière et cet état de choses se poursuit encore au delà du Fleuve Rouge et du Song-chay. L'Est est, au contraire, très compliqué. On voit là un substratum plissé de terrains pré-carbonifères, sur lesquels reposent un certain nombre de nappes constituées par le calcaire ouralo-permien, généralement affecté de plis à large envergure ou même horizontal, sauf sur les bords d'un certain nombre de failles ou de flexures. Le contraste avec les terrains sous-jacents serait tout à fait frappant si M. Lantenois n'attirait pas notre attention sur deux faits intéressants. Le premier, c'est que les calcaires pré-carbonifères sont, eux aussi, fréquemment horizontaux au milieu de zones plissées, en sorte qu'on est tenté de penser à une influence physique mécanique exercée par la nature d'un terrain massif, qui s'est moins prêté que les schistes à la production de plis multipliés. Le second, c'est que le long du trias de Langson, le trias schisteux est en couches presque verticales à côté des calcaires permiens (donc antérieurs) presque horizontaux.

Les plissements de toute cette vaste région dessinent, autour d'Hanoï ou d'Yen-bay comme centre, une sorte d'éventail largement ouvert occu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pant une zone triangulaire dont la frontière chinoise forme la base[1]. M. Lantenois est tenté d'y voir l'effet d'un affaissement qui aurait affecté, à l'époque tertiaire, toute la région située entre deux flexures ou failles : l'une suivant le littoral, au Sud du rhétien charbonneux ; l'autre longeant le massif calcaire de Bac-son. Ce serait cet affaissement qui aurait protégé la région centrale contre l'érosion. Cette région centrale est encadrée entre deux zones de terrains pré-carbonifères, portant en discordance, comme nous l'avons dit, les calcaires ouralo-permiens. Dans le triangle intermédiaire, on trouve, en partant du Sud : d'abord, un anticlinal Est-Ouest de rhétien charbonneux, limité au Sud par faille ; puis, au Nord, une vaste formation de grès rouges rhétiens, à strates très faiblement ondulées, qui repose transgressivement sur les terrains à charbon et forme une sorte de grand synclinal, divisé en deux par l'îlot plus ancien saillant au Nord-Ouest de Moncay. Au Nord, ce synclinal de grès rhétiens, au lieu de reposer sur le rhétien charbonneux, recouvre le trias schisteux, qui se relie à lui par un passage progressif, assez singulier.

Nous ajouterons seulement quelques mots sur les déplacements horizontaux et les cassures, qui ont dû jouer un rôle dans les métallisations.

Les déplacements horizontaux semblent avoir eu une influence notable dans tout le Nord-Est du Tonkin, où leur étude donnera peut-être la clef de bien des phénomènes encore obscurs. M. Lantenois a remarqué, par exemple, certains faits, d'après lesquels les nappes horizontales de calcaires pré-carbonifères pourraient représenter des plis couchés : froissement de schistes intercalés et métamorphisme fréquent accusant un retour en profondeur. D'autre part, il a insisté sur les failles incontestables qui découpent la région limitrophe de la frontière chinoise, formant la bordure de certains massifs calcaires, où une limite brusque est marquée par une brèche de friction (qui pourrait toutefois faire penser aussi à la base d'une lame charriée).

Hainan[2]. — Hainan représente, sur la carte, la prolongation directe du Tonkin. Le peu que l'on sait sur la constitution géologique de cette île, correspond assez bien à cette idée. On y retrouve, en effet, dans le Nord, des grès et quartzites, probablement dévoniens, analogues à ceux qui couvrent la presqu'île de Do-son, sur la côte Tonkinoise, au Sud d'Haiphong ; et le Sud de l'île est occupé par un massif de granite avec terrains métamorphisés. Il est impossible actuellement de dire où se poursuit cette zone primaire du Tonkin et du Hainan. L'allure générale

[1] Le métamorphisme est accentué sur les deux côtés de ce triangle : à l'Ouest d'une ligne Cao-bang-Hanoï sur le 104e et le long de la côte.

[2] 1898. Ch. Madrolle. *Etude sur l'île d'Hainan* (Bul. Soc. géogr., Paris, 7e sér., XIX, p. 187-228). — 1905. Bréraut. *Hainan* (Revue Indo-chinoise).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des zones ferait croire à une inflexion vers le Nord, parallèlement à la côte chinoise, dans la direction de Formose; mais ce n'est actuellement qu'une hypothèse très hasardée. Quelques produits volcaniques dans le Nord et l'Ouest d'Hainan montrent simplement qu'on rentre là dans le champ d'action des fractures récentes, par lesquelles a été disloqué tout l'Archipel Malais.

Laos et Annam. — Dans la région qui continue, vers l'Ouest, les conditions générales du Tonkin occidental, région comprenant le Sud-Ouest du Yunnan, le Laos septentrional français et la portion siamoise du Laos, les conditions stratigraphiques restent analogues (Pl. VIII). On a : d'abord, des massifs cristallins métamorphiques, réduits semble-t-il, à de simples auréoles de schistes satinés et quartzites micacés autour des granites; puis des terrains pré-carbonifères plissés, comprenant des grès, poudingues et schistes gréseux (notamment près des mines d'étain de Ban-ta-coua) ou sur le Mékong, en amont et en aval de Luang-prabang, et, au-dessus d'eux, l'habituelle transgression, presque horizontale (parfois cependant ondulée), de calcaires à fusulines permiens, dont le principal développement est à l'Est de Luang-prabang[1]. Il faut ajouter des apparitions locales d'argiles rouges permiennes, calcaires et grauwackes charbonneuses, enfin argiles violettes triasiques, qui ont été signalées par M. Counillon. Du charbon triasique, analogue à celui de Luang-prabang et représentant sans doute une formation du type Gondwana, a été retrouvé en divers points de cette région. Enfin, des indices de tertiaire lacustre à lignites complètent la ressemblance avec le Tonkin.

Tectoniquement, il se produit un fait très remarquable : c'est la divergence des plissements qui, N. N. E. ou N. E. à l'Ouest du 104e degré, environ vers le coude situé entre Pak-hin-toun et Nong-kai, se retournent brusquement dans le sens N. W. ou N. N. W. destiné à prédominer plus au Sud dans tout l'Annam méridional (Pl. VIII et IX). Le changement semble se produire à peu près suivant la frontière du Tonkin septentrional et de l'Annam avec le district de Luang-prabang. Il a pour effet d'envelopper le massif ancien du Cambodge.

Quand on descend au Sud-Ouest dans le Siam, on trouve, entre Paklai et Outaradit, une prédominance de schistes gréseux avec des calcaires. En Annam, la région de Tanh-hoa, voisine de la frontière tonkinoise, comprend : à la base, des grès, schistes et calcaires plissés, avec quelques roches éruptives vertes intercalées dans les schistes : au-dessus, l'habituelle carapace de calcaires massifs. Dans la région de

[1] Voir LANTENOIS, *loc. cit.*, et antérieurement JOUBERT, in FRANCIS GARNIER (*Voyage d'explor. en Indo-Chine*, in-4°, 1893, t. II, p. 95). — DOUVILLÉ (C. R., juillet 1906).

UNIVERSITE DE PARIS - GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Vinh, des quartzites, analogues au dévonien de Do-son sur la côte tonkinoise, alternent, le long du Song-ca, avec des calcaires métamorphisés par du granite et par des microgranites. Plus au Sud, en partant du port d'Ha-tinh, on retrouve des quartzites, schistes et calcaires métamorphisés sous les calcaires puissants qui occupent toute la largeur du Laos de la frontière au Mékong.

En arrivant à la région stannifère de Pak-hin-toun, on rencontre des grès, dont nous parlerons plus loin. Vers Hué et Tourane, des gneiss et micaschistes, visibles à la mine d'or de Bong-miu, sont recouverts par des phyllades et quartzites métamorphisés et plissés que traverse le granite. Ici s'intercale une bande de rhétien avec charbon exploité à Nong-son : terrain resté horizontal, qui contient des fragments du gneiss sous-jacent et qui est donc postérieur au métamorphisme par lequel a été constinué ce gneiss. Enfin, dans tout le Sud de l'Annam, les calcaires disparaissent complètement pour ne plus laisser voir que des terrains très métamorphisés, schistes, grès, quartzites, traversés par le granite.

6° YUNNAN, SÉ-TCHOUAN, KOUEI-TCHÉOU ET KOUANG-SI [1]

Depuis que le Yunnan est entré dans la sphère d'influence française, d'assez nombreuses missions ont exploré cette province, ainsi que les régions limitrophes du Sé-tchouan et du Kouei-tchéou : la mission Francis Garnier, la mission Lyonnaise, la mission Leclère, la mission Lantenois, etc. Si l'on ajoute les travaux des voyageurs étrangers, notamment ceux de Richthofen et de von Loczy, et si l'on complète par les recherches récentes de la mission Bailey Willis, on arrive à se faire une idée d'ensemble de tout ce groupe, que l'on pourrait réserver pour le chapitre où nous étudierons la Chine, mais qu'il nous paraît naturel de placer à côté de l'Indo-Chine, dont il forme le prolongement tectonique immédiat (Pl. VIII).

Malgré l'énormité des régions, grandes chacune comme un pays d'Europe, que nous examinons successivement dans ce chapitre, il est curieux d'y retrouver, dans toutes, les mêmes traits constituants, avec une histoire géologique très analogue. Cela ne serait plus vrai si nous nous écartions davantage en Chine; et déjà, dans les provinces de Kouang-si, Kouei-tchéou, etc., nous allons trouver quelques traits particuliers; mais la plus grande partie du Yunnan répond, presque trait pour trait, au moins si l'on se borne aux généralités, à nos descriptions antérieures.

Stratigraphie. — D'abord la stratigraphie. A la base, c'est la même

[1] Voir la bibliographie au début du ch. XXIV.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

série primaire, témoignant par endroits d'un métamorphisme en rapport avec la mise en place des granites, qui joue pourtant un rôle restreint dans la partie explorée du Yunnan, sauf à se développer sans doute au Sud-Ouest en des pays formant encore une tache blanche sur notre carte géologique. Puis le *sinien* indéterminé de Richthofen apparaît surtout quand on gagne le Kouang-si. Mais, dès le Yunnan méridional, le *cambrien* fossilifère se montre suivant une zone primaire Nord-Sud, qui se prolonge très loin au Nord et au Sud d'Yunnan-sen avec des directions Nord-Est souvent obliques sur cet alignement général. Ce cambrien a été étudié autour d'Y-léang. Le *silurien* authentique n'a pas été reconnu jusqu'ici quoique, plus au Nord, Richthofen et von Loczy en aient signalé un horizon fossilifère sur le Yang-tsé-Kiang et sur les deux bordures du bassin mésozoique du Sé-tchouan. Mais, après ce qui semble être une lacune et ce qui amène en tout cas une discordance, le *dévonien*, à facies marin, apparaît en divers points de la Chine méridionale. Dans le Yunnan, on le voit, sur la même traînée Nord-Sud que le cambrien d'Y-léang, à Lin-ngan sur la frontière française, butant à l'Est, par une faille de même direction Nord-Sud, contre le permien. Plus à l'Est, il est assez développé à la base des formations carbonifères et mésozoiques du Kouang-si. La série dévonienne, que l'on peut rattacher aux formations contemporaines de l'Inde et de la Perse, a laissé des calcaires oolithiques et des schistes, auxquels succèdent, dans le Kouei-tchéou et le Kouang-si, des alternances de phtanites en bancs minces et de calcaires rubanés, souvent fuligineux, puis des grès et schistes, à houille cendreuse, qui représentent le *dinantien* (11) sous un facies continental ou littoral [1]. Cette apparition du dinantien est à noter; car c'est la première région où nous ayons la preuve nette de son existence en Asie Sud-Orientale.

Vers le début du carbonifère et à la base de la série gréso-schisteuse à houille, semblent, d'après M. Leclère, s'être produit des épanchements très importants de mélaphyres microlithiques et porphyrites que l'on trouve au même niveau stratigraphique, à 500 km. de distance, depuis Tali sur le 98e jusqu'au Kouang-si. Cette série, qui paraît avoir une relation métallogénique avec les minerais de cuivre, a certainement continué après le permien d'après des observations précises de M. Lantenois faites dans le Sud du Yunnan [2]. Mais il est possible, en effet, que, suivant l'affirmation très formelle de M. Leclère, ces épanchements aient commencé dès le début du carbonifère, à une époque où des venues de roches semblables étaient abondantes dans le Platean Central français. Si l'on rapproche ce trait du fait que les calcaires

[1] Des fossiles rapportés de Lan-moutchang au Kouei-tchéou par M. Leclère ont été classés par M. Douvillé dans le dinantien (*loc. cit.*, 409).

[2] Voir plus haut, p. 325 et 326.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

déposés pendant la fin du carbonifère et le permien ont généralement, en Chine méridionale, des facies coralliens, on est amené à se représenter la région, pendant ces périodes, comme formée d'un archipel d'îlots à ceintures de récifs coralliens avec phénomènes volcaniques simultanés : quelque chose d'analogue, par conséquent, au spectacle que peut donner actuellement la Malaisie.

Le carbonifère supérieur *ouralien* (13) est, dans tout le Tonkin et le Yunnan méridional, séparé du dévonien par une lacune et par une discordance, qui disparaissent dans les régions de la Chine méridionale moins affectées par les plissements récents. C'est le calcaire à polypiers du Kouang-si, d'Haïphong, de la Baie d'Along. Puis les mêmes formations calcaires se sont continuées, souvent difficiles à en distinguer, pendant le début du *permien*. Les calcaires à productus permiens occupent une grande étendue dans tout le Kouang-si, affectant une disposition tabulaire que les plissements ultérieurs ont fort peu influencée [1].

Après quoi, les facies changent, presque partout, entièrement. C'est l'époque où commence à s'accentuer de plus en plus l'émersion du continent, avec quelques faibles déplacements de la mer dans un sens ou dans l'autre, qui peuvent amener des retours momentanés des sédiments marins. Ainsi, pendant le permien, l'archipel d'îlots et récifs coralliens, qui occupait la Chine méridionale, devait se terminer, vers la côte du Tonkin, par une île plus étendue ou un continent; quand le trias revient, il recouvre en discordance les calcaires ouraliens. Ailleurs, le *trias* marin est représenté par quelques calcaires [2]; mais, généralement, les formations de cet étage sont, ou des grès et schistes avec houille, ou des grès ou argiles salifères (synclinal de Machang) : dans les deux cas, des formations continentales ou déposées très près d'un continent.

Ce caractère s'accentue pendant le *rhétien* (20), puis pendant le *lias* (21), bien qu'à l'époque liasique, on voie encore se constituer, dans le Kouei-tchéou, certains calcaires donnant lieu à des phénomènes karstiques. En moyenne, tout ce groupe, qui va du permien supérieur à l'infralias, est très homogène et caractérisé par une série de formations terrigènes qui, sauf l'abondance plus grande des niveaux salifères, rappellent les phénomènes du Gondwana.

Enfin, toujours comme au Tonkin, l'interruption complète de la sédimentation depuis le *médio-jurassique* ne laisse plus se déposer que quelques terrains lacustres à lignites *pliocènes*. Ces accumulations restreintes de matériaux ayant parfois subi un transport prolongé accu-

[1] Un plateau de calcaire dolomitique à aspect karstique existe à l'Ouest de Ngan-Chuen au Kouei-tchéou (103°30', 26°).

[2] Loczy considère que la mer du trias moyen, constatée seulement avec certitude à Tchoung-tien dans la Chine méridionale, avait une étendue très restreinte.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sent une augmentation du relief, en rapport probable avec les mouvements indous et qui, d'autre part, s'est traduite par des cassures, flexures, enfin par les grandes dénivellations constatées sur les terrains antérieurs.

Tectonique. — Comme au Tonkin, les principales périodes de plissements ont été le début du carbonifère et le trias. Des mouvements se sont également produits, ainsi que nous venons de le remarquer, à l'époque tertiaire ; mais leur effet paraît avoir été différent suivant les régions et beaucoup moins accentué dans tout l'Est (Kouei-tchéou et Kouang-si) que dans l'Ouest du Yunnan et l'Ouest du Sé-tchouan. Le pliocène, qui est plissé à Yen-Bay sur le Fleuve Rouge et dans la région montagneuse du Littang, traversée par von Loczy sur le 30e parallèle, est horizontal dans tous les petits bassins de Yunnan-sen, Sin-chin, Nin-gam, etc. Ce contraste s'accentue et s'étend aux terrains inférieurs quand on se reporte vers l'Est. La plus grande partie de la Chine méridionale offre, dans le Kouang-si et le Kouei-tchéou, un aspect tabulaire qui a frappé M. Leclère. Il y a plissements, à la rigueur, mais plissements à grande amplitude donnant des alternatives de voussoirs et de dépressions du type Mâconnais. Les cartes géologiques sommaires mettent le fait en évidence par la manière dont les terrains, à partir du carbonifère, y apparaissent superposés le long des pentes dans un ordre stratigraphique, seulement troublé par leurs transgressions, régressions et lacunes. Nous avions déjà quelque chose de ce genre dès l'ouralien (13) dans les régions précédemment étudiées (Tonkin, Annam, etc.), mais à un degré bien moindre ; et surtout le caractère plissé se développe beaucoup plus quand on aborde, comme nous le ferons dans un instant, le prolongement Nord des traînées birmanes.

Par suite de ces plissements récents, qui ont en principe épousé la direction des plissements primaires auxquels ils s'étaient superposés, les directions, qui sont d'ordinaire N. S. et N. N. W. dans le Nord-Ouest du pays s'infléchissent au Sud vers le N. E., prenant ainsi une direction conforme à celle qui domine sur le Mékong autour de Luang-prabang, mais perpendiculaire aux directions moyennes de tout le Tonkin dont nous avons déjà vu le caractère anormal.

Ces directions N. S., puis N. W., sont encore accusées, dans le Yunnan méridional, par une série de failles qui semblent avoir découpé les terrains par coulisses parallèles de direction générale conforme à celle des plissements.

On peut en gros, dans le Yunnan, compter un synclinal mésozoïque (dont l'axe serait à Machang) compris entre les deux rides primaires de Tali et de Yunnan-sen. Plus loin, vers l'Est, les transgressions triasiques et rhétiennes dominent les terrains primaires de Yunnan-sen en s'élevant jusqu'à 2.000 et 2.200 m. dans la région d'Oueining, Toung-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tchouan, etc. (104° à 105°, 26° à 27°). Après quoi, les terrains, inclinés d'une pente générale vers l'Est, conduisent aux régions basses du Kouang-si, dans lesquelles ce même soubassement primaire redevient dominant.

La distribution des terrains sur la carte de ces régions a été surtout amenée par l'érosion.

Nous ajouterons seulement quelques mots sur les roches éruptives, auxquelles peuvent se relier des gîtes métallifères.

Le granite est particulièrement développé au Yunnan dans la zone métamorphique qui commence au Sud du Fleuve Rouge, côte à côte avec l'auréole gneissique dont il a été la cause première. Quand on en trouve quelques rares pointements sur le haut plateau, ils y recoupent le trias.

Une autre formation très développée et d'un grand intérêt métallogénique est celle des mélaphyres labradoriques, porphyrites, etc., auxquels se relie la venue du cuivre.

M. Leclère, d'accord en cela avec des observations de M. von Loczy sur le Fleuve Bleu, leur assigne un niveau carbonifère très déterminé[1]. M. Lantenois en a vu des épanchements bien caractérisés, près de Yunnan-sen recouvrir le permien supérieur. Les deux observations peuvent, comme nous l'avons dit, se concilier.

Enfin, au Nord-Ouest de la région ainsi étudiée par les géologues français, il existe, dans la partie Sud-Ouest du Sé-tchouan qui confine au Yunnan, un grand massif montagneux dont les crêtes dépassent 4 et 5.000 m. : massif coupé de vallées profondes, dont toutes les directions sont Nord-Sud comme en Birmanie et qui, d'après le peu que nous en ont appris les explorateurs, notamment von Loczy, est, en effet, constitué par des zones de terrains plissés, alignées parallèlement les unes aux autres dans le sens Nord-Sud. L'itinéraire de von Loczy a traversé les hauts plateaux de Batang et Ta-tsien-lou, au Nord de Young-ning[2]. On y voit, comme on pourrait le faire dans un de nos massifs primaires européens, de longues zones parallèles de granite, gneiss, schistes cristallins (groupe de Woutaï) et calcaires du paléozoïque inférieur, au milieu desquelles s'intercalent des traînées de permo-trias et, plus au Nord, du calcaire carbonifère. Tout l'ensemble est nettement plissé ; mais il y a au moins deux discordances : l'une entre les gneiss et les schistes métamorphiques ; l'autre avant le permo-trias. Au Sud, en gagnant Li-kiang (dans l'Ouest du Yunnan), le long du

[1] M. Leclère remarque, page 420, la présence de la porphyrite au même niveau stratigraphique dans le carbonifère vers Kou-tchéou (105° 26) et Tali (98°, 25°30°) avec des différences de niveau de près de 3.000 m.

[2] *Loc. cit.*, ch. xv, p. 662 et coupes, pl. III. Cette région a été traversée également par les missions Garnier, de la Grée. (Voyage d'exploration dans l'Indo-Chine en 1866-68. Paris, 1873, 2 vol. et atlas ; géologie dans le tome II, et par le prince Henri d'Orléans : cf. 1877, abbé Desgodins (B. S. G. F., 6e sér., t. XIII).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Yang-tsé-kiang (Kin-cha-kang), on suit une grande traînée de calcaire carbonifère fréquemment passé en superposition anormale sur le trias; puis, en allant rejoindre vers Bhamo la région Birmane, on traverse des zones analogues, au milieu desquelles s'intercale, à Young-tchang, un synclinal de silurien et carbonifère.

Tous les terrains sont plissés, à l'exception du tertiaire lacustre qui repose fréquemment sur leur tranche; même les grès rouges à plantes du Sé-tchouan, supposés jurassiques, ont subi des plissements de grande amplitude, analogues à ceux signalés dans le trias et le rhétien du Yunnan.

Les intrusions granitiques dans les calcaires du paléozoïque ancien sont visibles sur divers points dans la région de Batang. Des diabases, avec tufs connexes, abondent entre Li-kiang et Tali-fou. Enfin, à l'Ouest de Young-tchang, on a des épanchements volcaniques récents de basaltes, andésites, etc., autour d'un volcan éteint[1].

COMBUSTIBLES DE L'ASIE SUD-ORIENTALE

Ainsi que nous l'avons fait pour les régions précédentes, nous allons, à la suite de cette étude stratigraphique, ajouter quelques détails sur les formations charbonneuses : richesse minérale, dont le développement est intimement lié à la stratigraphie et apporte, en même temps, à celle-ci un éclaircissement. Les conditions de sédimentation continentale ou littorale qui, nous l'avons dit, ont dominé dans la région considérée à partir du carbonifère, sont favorables au développement des combustibles végétaux; et, en effet, on trouve des charbons minéraux de tous les côtés, on en trouve même avec une abondance qui a causé d'abord quelques illusions industrielles. Mais, parmi ces dépôts charbonneux, ceux de l'époque carbonifère qui, pour une raison mal définie, gardent le privilège d'une qualité supérieure, sont rares. On peut même dire qu'ils le semblent de plus en plus à mesure que, les études se précisant, on renonce à de premières assimilations aventurées. Ce qui domine, avec quelques houilles ouraliennes dans le Yunnan, ce sont les houilles triasiques et rhétiennes, auxquelles viennent s'ajouter des lignites tertiaires. La qualité en est rarement supérieure, bien qu'il existe d'assez nombreux charbons semblables, suffisants pour la métallurgie.

En suivant par ordre d'âge la série stratigraphique, nous commencerons par les houilles carbonifères, qui ne sont encore connues qu'au Yunnan.

[1] Loczy, *loc. cit.*, 771 et coupes pl. IV. Les volcans du Tibet dont il sera question plus tard sont tout à fait indépendants de ceux que nous mentionnons ici.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Houille carbonifère. — Le calcaire carbonifère, très développé entre Lin-ngan et Yunnan-sen suivant l'ancien projet de voie ferrée aujourd'hui abandonné, renferme, à sa base, un niveau stratigraphique intéressant de schistes et grès, pouvant avoir 30 à 50 m. de puissance, dans lequel s'intercalent plusieurs couches minces de houille, parfois exploitées par les Chinois. Ces couches, qu'on a surtout travaillées vers Tong-hai et Kouen-lang, et, plus récemment, à Y-leang, peuvent avoir de 1 à 2 m. d'épaisseur. La présence de cette formation à la base du calcaire prouve que le régime marin n'était pas établi d'une manière stable à l'époque de cette transgression carbonifère qui, en effet, n'a gagné, sur de vastes régions de l'Indo-Chine, que plus tard, à l'époque permienne.

Comme nous l'avons déjà vu, la direction générale des plis est Nord-Ouest. En moyenne, les strates calcaires sont, d'après les coupes de M. Lantenois, peu inclinées, avec seulement de larges ondulations et des flexures qui, localement, les rendent à peu près verticales le long de failles. Cela explique les réapparitions successives d'un niveau qui a des chances pour être partout le même.

Dans le groupe de *Tong-hai*, on exploite une couche de 0,20 m. à 1 m., interstratifiée dans une passée schisto-gréseuse de 10 ou 20 m. de puissance, intercalée elle-même au milieu d'une formation épaisse de calcaires noirs. Les strates sont, par exception, très inclinées sur l'horizon.

Plus au Nord, à *Pé-tchen*, il existe une mince couche inutilisée dans une passée schisteuse intercalée en plein calcaire carbonifère, à peu de distance des quartzites qui forment sa base.

Le même niveau se retrouve encore à *Eul-kai* dans le groupe de *Kouen-lang*, où il prend un peu plus d'importance. La passée schisteuse, de 30 à 40 m., contient quatre couches de charbon dans un intervalle de 4 à 5 m. Deux d'entre elles ont 1 m. et 1,7 m. Il est probable que la formation se continue dans le massif calcaire vers Yunnan-sen. A Y-léang, à l'Est de cette ville, on exploite les gîtes d'Eul-long-si-chou et Si-yang-tang. Le niveau stratigraphique, analogue à celui des mines précédentes, comporte une passée de schistes argileux à la base des calcaires carbonifères : passée renfermant deux couches ayant respectivement 1 m. et 2,50 m.

Les analyses de ces charbons carbonifères, données par M. Lantenois, correspondent à des teneurs en matières volatiles allant de 14 à 20 p. 100, avec des proportions de cendres généralement très fortes, de 10 à 25 p. 100 et un pouvoir calorifique d'environ 2.000 calories. Les charbons d'Eul-kai, qui ont pu être examinés de plus près, tiennent, en moyenne, 14 p. 100 de cendres et donnent alors 6.200 calories. Avec une exploitation européenne, on pourrait réduire un peu (un peu seulement comme nous l'avons vu) cette proportion de cendres. Mais le charbon du Yunnan a un autre défaut grave, il est presque toujours très friable et donne une forte proportion de menu.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

C'est un niveau plus élevé, paraît-il, mais placé dans des conditions stratigraphiques analogues qui est exploité pour la distillation du mercure, près de *Lan-mou-tchang* et *Mei-tong-chan* au Kouei-tchéou vers 1,400 m. d'altitude. Une veine de 1,50 m., à faible plongement Sud-Est, se trouve là dans une passée schisteuse au milieu de calcaires rapportés au permien moyen, sous lesquels on trouve les calcaires bleus ouraliens, des schistes dinantiens et un autre calcaire dévonien. Un niveau analogue a été signalé à *Ouei-ning*, par M. Duclos.

Houille permienne. — Il existerait, d'après M. Leclère, au Kouei-tchéou, un niveau de houille permienne, que les dernières missions n'ont pas retrouvé au Yunnan.

Houille triasique et rhétienne. — Les houilles secondaires du Yunnan avaient été rapportées au rhétien par M. Leclère, en se fondant sur leur assimilation avec les charbons du Tonkin. Il semble plutôt qu'elles appartiennent au trias supérieur : terrain qui, en principe, apparaît transgressif ici, comme à Langson et à Luang-prabang, avec intercalations de dépôts terrigènes, où se trouve la houille, dans des couches marines littorales. Elles sont donc stratigraphiquement inférieures aux houilles rhétiennes du Tonkin et nous allons commencer par en parler [1].

Les houilles triasiques du Yunnan sont concentrées dans la zone où ce trias se développe, de Mong-tzé à A-mi-tchéou, Mi-leu, Toutza, etc. Ces terrains, comme tous ceux de la zone tourmentée et faillée qui va, plus au Nord, vers Y-léang, sont parfois très fortement redressés [2].

En partant du Sud, à *Ni-ou-ké*, près de Mong-tzé, on a trouvé des couches charbonneuses, séparées par 100 m. de grès de niveaux triasiques supérieurs à Ammonites et qui pourraient, à la rigueur, être rhétiennes. Quatre couches peuvent avoir, au total, 3 m. d'épaisseur. Elles sont régulières et peu inclinées. On les exploite pour des briqueteries.

Les gisements de *Tou-tza* et *Mi-leu*, situés sensiblement plus au Nord, au Sud-Est et à l'Est de Lounan, doivent appartenir au trias supérieur [3]. La couche de charbon, qui paraît être unique [4], a une épaisseur de 0,80 m. à 1,50 m. Des couches de porphyrite sont interstratifiées dans la série charbonneuse. M. Zeiller a remarqué, dans la flore que celle-ci a fournie, un mélange de types paléozoïques, comme les *Stigmaria*, avec

[1] Nous rappellons l'existence de veines charbonneuses dans des terrains réputés triasiques autour de Luang-prabang.

[2] Leclère, *loc. cit.*, p. 352. — Lantenois, *loc. cit*, p. 101.

[3] Pour M. Leclère, p. 357, ils étaient carbonifères.

[4] Lantenois, *loc. cit.*, p. 102. M. Leclère (p. 358) parle de 3 et peut-être 4 couches de houille. Nous suivons toujours, quand il y a contradiction entre les deux auteurs, le travail de M. Lantenois qui est postérieur.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des plantes secondaires et, d'autre part, avec un *Gigantopteris* connu seulement auparavant dans le Hounan, à Lui-pa-kou : gisement dont l'attribution au houiller par Richthofen est très contestable.

Parmi ces charbons, sur lesquels on a fondé un certain espoir pour l'industrie métallurgique du pays, ceux de Tou-tza, avec 8 p. 100 de cendres, donnent 6.500 calories ; ceux de Ni-ou-ké, avec 4 p. 100 de cendres (échantillons choisis), n'atteignent qu'à 5.500. La houille de Tou-tza est couramment transformée en coke par les Chinois.

Dans des régions différentes du Yunnan et des provinces voisines, M. Leclère a signalé un certain nombre d'autres gisements charbonneux triasiques ou rhétiens, dont nous dirons quelques mots d'après lui.

Dans la région Ouest, où le Fleuve Bleu trace tour à tour une série de coudes à angle droit, du Nord-Sud à l'Est-Ouest et réciproquement, son cours traverse une transgression secondaire de trias, rhétien et lias, dans laquelle s'intercalent, plus haut que les couches salifères triasiques dont nous aurons à reparler, des niveaux charbonneux d'une certaine importance, à inclinaison parfois assez forte. Ces charbons sont exploités notamment à *Ma-chang*, sous une strate de calcaire dolomitique jaune et, près de là, à *Tai-pin-tchang*. Ils ont fourni des fossiles rhétiens. Ces affleurements, qui paraissent de bonne qualité, se continuent en amont, sur une assez grande longueur le long du fleuve.

La détermination de leur âge, qui semble bien précise, les ferait assimiler avec les charbons rhétiens du Tonkin que nous allons décrire : charbons qui, il ne faut pas l'oublier, sont situés à près de 900 km. de là.

La houille rhétienne abonde également dans toute la région de *Ngan-chuen* au Kouei-tchéou. Ce sont des combustibles brillants et durs, mais maigres, ou seulement un peu flambants, qui conviennent mal à la fabrication du coke.

Ces gisements se prolongent vers *Kouei-yang-sen* et, plus au Nord-Ouest, entre *Ta-ting* et *Ouei-ning*, où ils ont été étudiés en 1896 par M. Duclos. La houille y existe dans un niveau gréseux jaunâtre affleurant dans un ensemble de terrains versicolores, eux-mêmes recouverts par les couches infra-liasiques (schistes et grès avec nids d'hématite) surmontés par un calcaire à aspect karstique atteignant 3.000 mètres à l'Ouest. Les terrains de toute cette région sont à peu près horizontaux avec plongement à l'Est. Le niveau charbonneux affleure dans les vallées vers la cote 1.500 en des points si nombreux que le rayon de vente du charbon ne dépasse pas 10 km.

Ces charbons rhétiens se poursuivent à l'Est de Kouei-yang-sen, représentés par la houille maigre de *Cha-tzé-kang*, située sous le calcaire infraliasique.

Vers le Nord, dans le Sé-tchouan, M. Duclos a également visité des gisements charbonneux, qui paraissent d'une certaine importance et dont l'horizon géologique, mal déterminé, doit être assez analogue.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ces gisements, situés à *Kiating* et *Tsé-lioutsin* (vers 104° et 29°30'), sont au voisinage immédiat de salines, auxquelles ils fournissent des combustibles : rapprochement analogue à celui que nous avons déjà rencontré au Yunnan, vers Hétsin, entre les sels triasiques et les charbons rhétiens. Aux environs de Pien-hin, la production est assez importante et le charbon est utilisé par les Chinois pour la fabrication du coke. On lui trouve associés des rognons de sphérosidérite que l'on extrait également.

Charbons rhétiens du Tonkin et de l'Annam. — Le rhétien forme une zone alignée Est-Ouest de Dong-trieu à Hongay et Kébao près de la côte tonkinoise. Il est intercalé entre les calcaires ouraliens et les schistes ou grès pré-carbonifères au Sud et les grès rouges triasiques au Nord. Une première étude d'une stratigraphie sommaire en avait conclu que le grès rouge était permien, le calcaire du Sud carbonifère inférieur et le terrain charbonneux westphalien. L'étude de sa flore, faite en détail par M. Zeiller, n'a laissé aucun doute sur l'âge rhétien de ce dernier. Sa disposition d'ensemble est celle d'un anticlinal, coupé au Sud par une faille et disparaissant au Nord en pente douce sous les grès rouges du trias qui commencent, dans l'Ouest, par un poudingue à galets de quartz blanc. Mais, sur cette limite Nord, on voit, par endroits, reparaître, entre le terrain charbonneux et le terrain rouge, des calcaires carbonifères.

Ce rhétien est essentiellement formé de grès et poudingues avec nombreuses intercalations de schistes de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur comprenant les couches de charbon, exploitées surtout à Hongay, et, accessoirement, à Dong-trieu à l'Ouest, Kébao à l'Est.

En partant de l'Ouest, à Dong-trieu, les couches, d'une épaisseur moyenne de 10 m. avec nombreuses intercalations schisteuses, forment un anticlinal Est-Ouest, à flanc Sud redressé, à flanc Nord assez adouci. On y a reconnu plusieurs failles.

A *Hongay*, les couches assez ondulées ont une direction N.N.W. ou N.S., qui coupe en biseau (parfois normalement) la ligne de séparation du carbonifère et du rhétien charbonneux. Des failles semblent y exister dans le quartier Ha-tou.

Le rhétien, formé de grès et schistes versicolores, renferme là une couche puissante, affleurant au sommet de nombreux mamelons et exploitée à découvert. Quelques couches inférieures, d'épaisseur moyenne, commencent, en outre, à être exploitées par galeries dans les conditions que nous avons indiquées plus haut. Malheureusement la houille de Hongay, assez pure, est friable et très maigre.

Dans l'île de *Ké-bao*, plus avancée au N. E., la direction des couches est E.N.E ou N.E. Les couches constituent en gros un anticlinal, butant au Sud contre le calcaire carbonifère. Très inclinées aux affleurements, elles deviennent verticales et s'étranglent en profondeur. Avec des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

charbons cendreux, l'exploration, poussée jusqu'à 300 m. de profondeur, a paru peu encourageante.

A l'intérieur du pays, on a signalé, vers 1904, un lambeau rhétien situé près de Ben-mo (feuille de Van-yen). Ce rhétien occupe une dépression, entourée de toutes parts par des escarpements de calcaires paléozoïques. Il est, d'après M. Duclos, plus schisteux que les terrains de même âge du littoral.

Le même étage rhétien, qui contient les houilles du Tonkin, renferme, dans l'*Annam*, des charbons anthraciteux du même genre. Le principal gisement reconnu est celui de *Nong-son*, à 65 km. S.S.W de Tourane, déjà signalé plus haut pour une petite extraction de 20 à 30.000 t. par an. La couche a une épaisseur totale de 10 à 25 m., dont 6 à 12 m. de puissance utile avec intercalations schisteuses. Elle est plissée en forme d'anticlinal et surmontée par une formation de grès versicolores et de conglomérats. Le charbon est de nature anthraciteuse.

On a également fait des recherches sur le prolongement de cette zone rhétienne, qui se poursuit au S.W. dans la chaîne annamitique jusqu'à une distance indéterminée. Aux lieux dits Tolam et Vinh-phuoc, on a reconnu une couche de 0 m. 80, qui a un moment attiré l'attention par sa forte teneur apparente en matières volatiles, sans que cependant le charbon donnât du coke à la distillation. Quand on s'est enfoncé, le charbon est devenu franchement maigre.

Lignite tertiaire. — Après le rhétien ou le lias, nous avons vu que la sédimentation marine s'arrête complètement dans l'Asie Sud-orientale. Et même il ne se produit plus de sédimentation continentale un peu développée. Les seuls sédiments se bornent à quelques petits bassins lacustres disséminés, dans lesquels il est fréquent de trouver du lignite. L'âge de ces bassins est, en général, assez mal déterminé; et c'est une pure hypothèse de les rattacher uniformément à la période mio-pliocène par rapprochement avec celui d'Yen-bay sur le fleuve Rouge, qui est le seul un peu connu paléontologiquement et d'en rattacher l'origine aux mouvements tectoniques, dont le soulèvement Himalayen a été le résultat le plus considérable. Néanmoins, cette hypothèse a, pour elle, quelques vraisemblances.

Au Tonkin, le lignite tertiaire a été surtout étudié à *Yen-bay* sur le Fleuve Rouge. Il y a là des terrains, mio-pliocènes d'après les déterminations de M. Zeiller, qui ont subi des plissements très nets. Le lignite est parfois très bitumineux. La formation de ces petits lacs a été attribuée à un changement tectonique, qui aurait arrêté l'écoulement des eaux. On observe sur les bords, des apports torrentiels à galets roulés, remplacés plus au centre par des grès et schistes.

Dans le *Yunnan méridional*, le principal gisement de lignite tertiaire est celui de *Pou-tchao-pa*, à 25 km. N.E. d'Ami-tchéou. La couche

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de lignite, faiblement inclinée, a environ 20 m. d'épaisseur, avec intercalations nombreuse de bancs marneux durs à Planorbes et Paludines. Cette mine, qui produit dès à présent 2.000 tonnes de charbon, a un certain intérêt local; mais le lignite n'atteint qu'à 3.600 calories pour 6 p. 100 de cendres.

De semblables lignites tertiaires, peut-être pliocènes inférieurs comme ceux du Fleuve Rouge, se rencontrent dans une série de petits bassins disjoints, dans toute la Chine méridionale. Il serait sans intérêt de les énumérer. M. Leclère cite, par exemple, ceux de *Lou-ho* vers 1.200 m. d'altitude sur le plateau permo-triasique entre Yunnan-sen et Tali. A l'Est, on en retrouve dans les parties centrales du Kouang-si et du Kouang-toung.

En quittant le continent, je rappelle seulement ce que nous avons dit[1] sur l'existence de lignites éocènes à Sumatra, Bornéo et Célèbes, et celle de lignites pliocènes à Bornéo[2].

Les lignites de *Sumatra* surtout ont, à Ombilien, une valeur économique dont nous avons déjà parlé. On connaît également, dans cette île, les gisements de Bahangan (Palembang), qui ont produit, au total, depuis 1896, quelques centaines de tonnes. Ainsi que nous l'avons vu, à Ombilien (100 km. NE. de Pahang), on a trois couches de houille d'une épaisseur totale de 10 m. sur 45 m. de hauteur, formées d'une houille sèche à longue flamme d'excellente qualité.

A *Java*, on a exploité un moment les gîtes de Sedan (Rembang) et de Nanggoelan (Djokjakarta). Le gouvernement songe à utiliser celui de Bantam.

A *Bornéo*, on fait quelques petits travaux à Kotta-Baroé, sur l'île de Laoet (côte Sud-Ouest) et, dans l'Ouest, à Louise, Mathilde, Nomy, Poeloé Miang, Oost-Borneo (Kotéi). Une ancienne exploitation a été faite, de 1856 à 1869, dans les environs de Martapoéra, et a dû s'arrêter par suite de conditions commerciales défavorables.

Aux *Philippines* on a également reconnu un certain nombre d'affleurements ligniteux, dont quelques-uns, surtout depuis l'occupation américaine, ont paru valoir la peine d'être exploités.

La division d'Abra possède deux mines de charbon, l'une à Lagangilang (Bacooc) et l'autre sur Bangued (Mount Tayab). La province de Sorsogon a des dépôts de charbon. En la province de Surigao, on trouve du charbon dans Sinagahain, Banacan et Taga (Tandag), dans Bisling (Hinuatan) et dans Loreto (Dinagat). Le gouverneur de Zambales a signalé récemment l'existence du lignite à Ilba et celui de la province d'Albay a fait connaître le développement de dépôts de charbon, spécialement ceux de l'île Batan.

[1] Pages 132 et 341.

[2] 1891. Hooze. *Coalfields of Malaysia.* — Pour la houille de Sumatra. Voir Z. f. p. G. 1899, 375.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XIX

GÉOLOGIE DE LA CHINE ET DE LA CORÉE (1)

LES COMBUSTIBLES

La Géologie de la Chine, nous a été longtemps presque uniquement connue dans son ensemble par les travaux préliminaires de Kingsmill, de Pumpelly et par les explorations de Ferdinand von Richthofen, résumées dans l'ouvrage *China*. Plus récemment, sont venus les travaux du Comte Széchenyi (Reise in Ostasien, géologie par von Loczy), l'ouvrage russe d'Obroutchev sur l'Asie centrale, le Nord de la Chine et le Nan-chan (deux volumes parus, un annoncé), les travaux français de la Mission Lyonnaise et des Missions Leclère et Lantenois sur les régions limitrophes de nos possessions indo-chinoises, qui ont été utilisés déjà pour le chapitre précédent, les recherches des Russes sur les parties occupées par eux en Mandchourie, etc. Enfin, en 1909, un document important est venu s'ajouter à ceux-là, c'est le compte rendu de l'expédition Carnegie en Chine, expédition conçue par le Dr Charles D. Walcott, exécutée en 1903-1904, par Bailey Willis, Eliot Blackwelder et R. H. Sargent [2].

D'après ces divers documents nous allons essayer de nous faire une idée sur la géologie chinoise, abstraction faite des provinces touchant à l'Indo-Chine que nous avons déjà étudiées, en examinant, d'abord l'histoire stratigraphique de la Chine, puis sa tectonique et considérant enfin plus spécialement ses divers gisements de combustibles.

Histoire stratigraphique de la Chine. — Stratigraphiquement, un des traits les plus frappants de la géologie chinoise est l'émersion très ancienne de la plus grande partie de cette région. Nous avons déjà remarqué que ce trait se reproduit dans une grande partie de l'Asie et entraîne des conséquences intéressantes pour la distribution des combustibles comme pour le développement de certaines séries pétrographiques, presque toujours liées à l'existence de continents émergés, avec production de minerais connexes, parmi lesquels domine le cuivre.

[1] Quoique, politiquement, la Corée se rattache au Japon, pour la tectonique elle fait partie intégrante du continent chinois.

[2] Je n'ai pas à raconter ici l'exploration géographique de la Chine, que l'on trouvera par exemple dans l'ouvrage d'Elisée Reclus, ou dans celui de Tiessen, et je me borne aux travaux principaux de géologie proprement dite dont on trouvera la bibliographie au chapitre XXXII concernant la métallogénie chinoise.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Et, sans doute, les explorations ultérieures combleront beaucoup d'apparentes lacunes actuelles dans la série stratigraphique. Cependant il n'en subsistera pas moins ces faits frappants : 1° que l'émersion, déjà accentuée en Mongolie avant le cambrien, a gagné peu à peu vers le Sud le Yang-tsé-kiang pendant le paléozoïque moyen ; 2° que, dans la suite, une grande partie du jurassique est représentée par des facies continentaux et 3°, que le crétacé et le tertiaire marin font à peu près défaut. Si bien qu'un géologue ayant étudié seulement en Chine pourrait supprimer de l'histoire géologique les périodes qui jouent, au contraire, le rôle essentiel dans la constitution du sol français.

Tectoniquement, nous verrons tout un massif important former horst depuis les temps les plus reculés et les plissements, après avoir traversé l'Asie centrale avec une direction Est-Ouest dominante, s'infléchir nettement au N.E. dans la plus grande partie de la Chine, à l'exception d'une zone moyenne située vers le 33e degré, qui, jusque dans le Honan, prolonge les directions du Tibet (Tsing-ling-chan, etc.).

Résumons les principaux faits dans leur ordre historique[1]. Les terrains, dits *archéens*, existent, dans le Nord-Est de la Chine, avec des caractères analogues à ceux qu'ils affectent autour du Lac Supérieur, et présentent des indices de plissements intérieurs et de dislocations réitérées, montrant que, déjà pendant cette première période antérieure aux formes vivantes connues jusqu'ici, cette région a été l'objet de nombreux bouleversements orogéniques. Comme au Lac Supérieur, comme dans tous les massifs coréens, une discordance nette sépare l'archéen chinois du *précambrien*, ou protérozoïque (1).

Celui-ci, qui vient ensuite, témoigne partout, par son métamorphisme, de phénomènes ayant eu pour effet de le ramener à une grande profondeur dans l'écorce terrestre. Il est infiniment probable que, dès lors, il s'est produit de véritables chaînes montagneuses, dont la destruction ultérieure a donné les masses de sédiments terrigènes que l'on trouve plus haut dans la série, quoique ces chaînes aient été totalement emportées par l'érosion. L'une des séries caractéristiques du précambrien chinois présente cette succession de sables quartzeux, puis d'argiles schisteuses, puis de calcaires, qui, dans les phases postérieures, correspond à un cycle d'érosion, pendant lequel une chaîne s'est détruite, en même temps que les côtes se fixaient peu à peu et que les eaux, où la sédimentation se poursuivait, devenaient plus calmes. Cette chaîne de plissement s'était déjà formée sur l'emplacement même où devaient, longtemps après, pendant le tertiaire, se dresser les chaînes actuelles du Tsing-ling-chan ou du Nan-chan.

Nous avons à noter, dans le précambrien du Chansi, des quartzites à magnétite analogues à ceux du huronien nord-américain, qui s'inter-

[1] Voir : 1909, L. De Launay, *L'Histoire géologique de la Chine*. (La Nature, 12 juin.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

calent ici dans une série de micaschistes, marbres siliceux, jaspes et conglomérats quartzeux.

Le précambrien chinois (séries de Ou-tai, ou Wou-tai et de Houto) est surtout connu au S.W. de Pékin et doit former une zone partant du fond du golfe de Pétchili pour aller se raccorder avec le Tsing-ling-chan et le Nan-chan, au Nord du Kouen-lun vers le bassin du Tarim. Puis, entre le précambrien (1) et le cambrien (2) qui commence la période dite sinienne (2, 3), on constate plus précisément que la chaîne antérieure avait été complètement érodée, rabotée, détruite et transformée en une pénéplaine. C'est sur celle-ci qu'est revenue, à l'époque *sinienne*, une transgression marine, un peu plus récente que celle de la Sibérie cambrienne, mais à peu près contemporaine de celles de l'Amérique du Nord et de l'Europe, si bien qu'on a voulu voir là un phénomène « eustatique » général, une phase historique où l'exhaussement du fond dans les grandes masses océaniques aurait partout refoulé les mers sur les continents. Le sinien commence souvent par un conglomérat, qui implique des eaux troublées sur une côte instable et se continue par des couches rouges, dont la couleur laisse supposer de grande masses de terrains ferrugineux remaniés dans des conditions d'oxydation spéciales (réfrigération et aridité?). C'est à ce niveau que M. Bailey Willis a trouvé, à Nan-tou, sur le Yang-tsé-kiang, un conglomérat glaciaire à galets nettement striés, qui devait se trouver presque au niveau de la mer d'après les dépôts dont il est accompagné.

Nous donnons une carte des mers siniennes (fig. 12). On y voit, autour de l'île du Tibet, les deux bras d'une mer intérieure, d'une Méditerranée qu'on appelle la Téthys et qui est un des géosynclinaux les plus anciens, les plus persistants du globe. En ces eaux siniennes se sont déposées des vases calcaires passant, dans la partie haute, à de grandes masses de dolomie de 750 m. de puissance (*Ordovicien*, 3). Les caractères sont ceux de mers peu profondes et instables (néritiques).

Après quoi, la Chine septentrionale est sortie progressivement des eaux et le continent du Nord a gagné jusqu'au Yang-tsé-kiang (paléozoïque moyen, 8). Dans l'Est de la Chine, le silurien, le dévonien et le dinantien font défaut. On ne trouve, entre l'ordovicien et le carbonifère supérieur, que la formation schisteuse de Sin-tan sur le Yang-tsé-kiang, épaisse de 550 m. et assez localisée, qui représenterait à elle seule tous les étages 4 à 12. Le moscovien (12) du Chan-toung repose directement sur l'ordovicien (3) raviné. Pendant cette phase (4 à 12), il ne paraît pas y avoir eu, dans cette région Est, de plissements, de saillies orogéniques, mais simplement des déplacements verticaux de compartiments soulevés ou abaissés les uns par rapport aux autres, comme cela s'est reproduit sur une si grande échelle dans les temps tertiaires. Non seulement les sédiments marins antérieurs au carbonifère (12) manquent; mais on ne peut même admettre qu'ils aient d'abord été déposés, puis emportés par

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'érosion ; car, nulle part, on ne voit la place où se seraient logées les masses de sédiments détritiques qui auraient dû en résulter. Pendant le paléozoïque moyen il ne se produit, en Chine septentrionale, ni grands dépôts marins, ni dépôts continentaux, ni forte érosion.

Le *dinantien* calcaire, très bien représenté sur le Yang-tsé-Kiang, vers I-tchang, se retrouve dans le Tsing-ling-chan. Ailleurs le *carbonifère supérieur* (13) arrive directement sur le sinien (2, 3) et le contact des deux terrains se fait, en bien des points, par une formation tout à fait curieuse, absolument caractéristique des altérations à l'air les plus

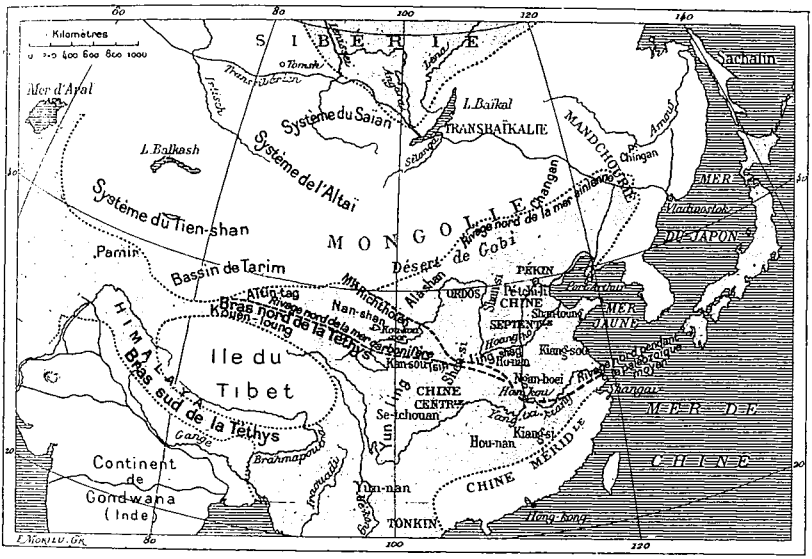


Fig. 12. — Carte des mers paléozoïques en Chine, montrant leurs reculs progressifs. Le grisé figure la mer cambrienne (sinienne), dont on a indiqué, plus au Sud, les rivages aux époques suivantes (dévonien et carbonifère supérieur.)

récentes. On voit parfois, dans la région charbonneuse du Chansi, le haut du calcaire sinien profondément fissuré, caverneux et renfermant des poches d'argile rouge avec de véritables minerais de fer, cela sous un carbonifère supérieur concordant, dans des conditions rappelant donc tout à fait ce qui existe pour les minerais de fer tertiaires du Berry recouverts par le calcaire sannoisien (46).

Cet ouralien (13) présente deux zones tout à fait distinctes : l'une, au Nord de la Téthys, à dépôts continentaux, lacustres ou fluviatiles avec rares intercalations marines, caractérisée par l'accumulation des végétaux terrestres, qui a produit d'importantes mines de houille; l'autre, au Sud, marine, avec une immense formation calcaire qui se prolonge, nous l'avons vu, en Birmanie, dans la péninsule malaise, etc. A cette époque (13), des différences marquées s'introduisent, soit dans le cli-

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mat, soit dans la faune, entre des provinces qui se trouvent différenciées par ces conditions orographiques. Dès lors, l'Asie orientale est presque entièrement devenue un continent, tout au moins au Nord du 35° parallèle. Puis les saillies carbonifères, produites d'abord sans plissement, ensuite fortement plissées, ont commencé à être détruites pendant le *permien*, le *trias* et l'*infra-jurassique* (14 à 24), sans qu'il y ait démarcation nette du paléozoïque au mésozoïque, rattachés l'un à l'autre par leurs faunes comme par leurs sédiments. Dans certaines régions, on observe une concordance absolue du carbonifère au jurassique (moyen Yang-tsé-kiang). Ailleurs, au contraire, entre le stéphanien (13) et le lias (21), il s'est dressé momentanément des montagnes que l'on peut qualifier d'hercyniennes, sur l'emplacement du Tien-chan, du Kouen-lun, du Tsing-ling-chan, venant fermer la Téthys du Nord. Et ces mouvements ont été accompagnés par des intrusions de granite et diorite qui, dans le Tsing-ling-chan, recoupent le trias en le métamorphisant. La destruction de ces chaînes a donné lieu aux sédiments permo-triasiques et jurassiques d'Asie.

Dans le centre du Chan-toung, le carbonifère est recouvert par des grès rouges, probablement permiens, sur lesquels viennent des schistes de couleurs variées, avec abondantes coulées de basalte prouvant un centre volcanique, dont l'activité a dû commencer à la fin du paléozoïque et durer dans le mésozoïque; et, au-dessus du tout, arrive le jurassique. De semblables grès rouges sont abondants, à ce niveau, dans le Nord-Ouest de la Chine.

Le *jurassique* proprement dit est développé dans le centre, le Sud et le Nord-Est de la Chine, généralement sous la forme de dépôts continentaux avec charbon, renfermant des conglomérats, etc.

Quand a commencé le *crétacé* (32), les montagnes hercyniennes avaient complètement disparu; mais la Chine aplanie, transformée en pénéplaine, émergeait pourtant presque tout entière. Le crétacé n'est connu dans l'Empire Chinois qu'au Tibet. Le peu d'érosion qu'a pu subir cette pénéplaine a sans doute trouvé son chemin vers la Téthys du Sud, où il est allé former les grès albiens (35), dits de Giumal.

C'est avec l'*éocène* (41) qu'ont commencé à se dessiner faiblement les mouvements, destinés, en s'accentuant, à produire le plissement, puis la surrection de l'Himalaya et des chaînes connexes. Pendant l'*oligocène* et le *miocène* (47 à 42), la Téthys du Sud est fermée à son tour et les hautes chaînes asiatiques montent peu à peu, donnant lieu au fur et à mesure à d'énormes érosions. Mais, suivant une loi dont j'ai essayé autrefois de montrer la généralité, on voit bientôt se transformer l'allure de ces mouvements, qui prennent décidément l'allure de failles, de déplacements verticaux relatifs, par suite desquels ce qui était auparavant une pénéplaine a fini par acquérir des dénivellations relatives de 6.000 m. Ces mouvements, qui se sont continués pendant le *pléistocène*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et qui sont donc en partie contemporains de l'homme, ont laissé horizontales les couches pliocènes et pléistocènes de l'Asie septentrionale ou centrale. Des mouvements à peu près simultanés, que l'on peut interpréter en les assimilant à l'introduction d'un coin en profondeur, ont déterminé l'énorme exhaussement vertical de l'île si anciennement marquée du Tibet, ou celui (préparé par des plissements) de l'Himalaya.

Enfin, dans les périodes tout à fait récentes, et qui se continuent parfois encore, il s'est accumulé, en Chine, une énorme formation argileuse atteignant parfois 400 m., dont on peut rattacher l'origine, à la fois à l'action intense des vents et à l'intensité de l'érosion, du ruissellement, sur un continent émergé à si hautes saillies. C'est ce qu'on appelle le loess ou la terre jaune : formation de fine argile homogène et non stratifiée, qui a été à son tour attaquée, comme les terrains plus anciens, par l'érosion actuelle de la Chine, arrivée à un degré si extraordinaire en raison de l'universel déboisement[1].

En ce qui concerne les formations métallifères, on peut retenir que les époques critiques de l'Asie ont été le milieu du précambrien (chaînes huroniennes), le siluro-dévonien (chaînes calédoniennes), le permo-trias (chaînes hercyniennes) et la post-éocène (chaînes alp-himalayennes). Le champ d'action des mouvements s'est progressivement restreint.

Tectonique de la Chine. — Comme on vient de le voir, la série stratigraphique chinoise est, surtout dans la Chine du Nord, réduite à son minimum : régime continental accusé dès le carbonifère moyen ; émersion définitive au moins depuis le début du jurassique ; tout le reste de la série manquant à l'état de dépôts marins. Le contraste est frappant avec notre Europe occidentale, que les mers ont sans cesse balayée de leurs flux et de leurs reflux jusqu'aux époques les plus récentes. La Chine est, pour le géologue, comme pour l'historien, un vieux pays et un univers à part, dont l'histoire est à peu près complètement distincte de la nôtre, si ce n'est par les invasions parties de là-bas qui ont pu envahir notre continent. La tectonique de la Chine, à laquelle nous passons maintenant, est, comme toujours, solidaire de sa stratigraphie. Un pays, depuis longtemps émergé, est aussi un pays où les mouvements de plissement se sont depuis longtemps arrêtés, remplacés par les dislocations et les fractures, qui sont la forme ordinaire des mouvements orogéniques sur les parties stabilisées des continents. En fait, nous allons voir une grande partie de la Chine septentrionale constituée par un môle primitif, dans lequel tous les terrains représentés depuis les derniers mouvements précambriens sont restés horizontaux ; puis, autour de ce môle, ou dans ses interstices, nous trouverons des zones plissées plus restreintes, qui vont en s'accentuant, en même temps que leur âge paraît

[1] Voir plus loin, p. 438.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de plus en plus récent, à mesure que l'on se rapproche de la zone plissée tertiaire de l'Himalaya et de l'Asie centrale. Dans ces zones plissées, il est souvent difficile de préciser l'âge des derniers mouvements, puisque la série statigraphique ne comprend pas le plus souvent de termes postérieurs au primaire; mais le fait seul que les terrains marins postérieurs au carbonifère font défaut dans une région est déjà à lui seul un indice que les ondulations du sol ne s'y sont pas activement perpétuées au delà de cette période, puisqu'elles n'ont pas amené l'invasion des eaux marines qui en est ordinairement connexe. Une grande partie de la Chine, où le carbonifère est plissé, a des chances pour appartenir à la zone hercynienne; elle est enveloppée par une zone tertiaire que nous avons déjà rencontrée en étudiant, au chapitre XVIII, les régions voisines de l'Indo-Chine.

Les mouvements récents se sont traduits par de faibles compressions tangentielles amenant des ondulations à large amplitude, très différentes des plis serrés antérieurs; elles ont eu surtout pour effet de déterminer, par une série de dislocations, l'accentuation du relief, la disposition en échelons, en gradins, de la Chine, depuis le littoral jusqu'à l'Asie centrale : par exemple, de provoquer la grande cassure oblique, la muraille si caractéristique qui sépare la Chine littorale de la Chine intérieure, de Pékin à I-tchang, et de déterminer, en même temps, à l'intérieur de ces marches successives, la production de compartiments, les uns surélevés, les autres effondrés, qui ont fait la topographie actuelle du pays.

Nous allons, comme d'habitude, essayer de distinguer diverses provinces tectoniques, qui seront, en même temps, des provinces métallogéniques, et nous étudierons, à cet effet : d'abord les diverses régions du faîte primitif; puis les chaînes plissées périphériques (Pl. V).

Faîte primitif[1]. — Le faîte primitif comprend, avec des aspects distincts sur lesquels nous allons revenir, la Corée, le Liao-toung, une partie du Pétchili, le Chansi, le Chensi, le Chan-toung.

Ces régions nous apparaissent très différentes suivant la nature des terrains supérieurs qui occupent la superficie. Dans tout le groupe de l'Est, par exemple (Corée, Liao-toung, Chan-toung), le soubassement primitif archéen ou précambrien est fréquemment visible, sous un manteau horizontal et tabulaire de cambrien. On a alors l'impression tout à fait typique du faîte primitif. Il en est encore de même en allant vers l'Outai-chan, au Nord-Est de la grande zone carbonifère du Chansi. Au contraire, tout le Chansi et le Chensi sont occupés, sous la couverture de loess, par du terrain carbonifère qui en constitue l'élément essentiel : carbonifère horizontal, au milieu duquel s'intercale, comme un horst

[1] Voir les planches V et VIII; cf. SUESS, II, 309.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

entre deux failles, la crête gneissique Nord-Sud de l'Ho-chan. Ce compartiment du Chansi est coupé de failles, tracées en gros d'après Richthofen sur la planche V, qui ont pour effet général de relever progressivement la partie Ouest intérieure par rapport à la partie Est extérieure. A ce plateau carbonifère du Chansi s'accolent des compartiments disloqués à strates également horizontales, dont le principal est celui du Honan, au Sud du Hoang-ho.

Puis viennent des régions comme les plateaux du Sé-tchouan, où les strates horizontales ou faiblement inclinées comprennent les grès rouges du jurassique et rappellent ainsi certains traits du continent sibérien.

Etant donné l'âge anté-cambrien des derniers plissements dans les régions considérées ici, il faut nécessairement, pour que ces plissements apparaissent, que le socle précambrien (1) se soit trouvé mis à nu par l'érosion; partout ailleurs, le sol présente un aspect tabulaire. Les plissements anté-cambriens semblent eux-mêmes devoir être divisés en deux groupes, dont le premier affecte seulement les gneiss les plus anciens, avec une direction Nord-Ouest très constante dans le Chan-toung, le Liao-toung, etc. et dont l'autre, intermédiaire entre le précambrien et le cambrien (2), offre, au contraire, une direction presque orthogonale sur la première : direction Nord-Est, qui est éminemment typique du système sinien [1] et qui, dans la suite, s'est répercutée sur beaucoup des mouvements postérieurs, imprimant leur direction générale à la plupart des failles elles-mêmes. On observe, dans ces régions de horsts archéens, un caractère très habituel aux régions analogues; c'est la discordance entre les directions des plis très anciennes et les saillies orographiques d'origine très récente : par conséquent, l'existence de ce qu'on appelle des « chaînes diagonales », au lieu des chaînes orographiques, produites par les derniers plissements eux-mêmes, qui constituent les régions récentes.

Pour nos études métallogéniques, les régions dont nous commençons par nous occuper ici présentent ce caractère commun de manifester au jour un socle d'aspect archéen métamorphique, sur lequel s'accusent toutes les minéralisations et métallisations qui résultent ordinairement d'un retour en profondeur. Nous pourrons, dès lors, y trouver des imprégnations aurifères, des filons-couches plombo-zincifères, des oxydes ou des sulfures de fer reliés à la mise en place des granites ou des diorites, enfin des minéraux du groupe de ceux qui ont leur gisement ordinaire

[1] Dans les études sur la Chine, on voit souvent reparaître des dénominations tirées de Pumpelly et de Richthofen et correspondant aux idées d'une époque où l'on cherchait encore à systématiser les chaînes de montagnes suivant des directions uniformes à la manière d'Elie de Beaumont. Toute une série de cartes de Richthofen, pl. 3, 8, 9, 11, montrent ces systèmes de l'Asie centrale qui forment le fondement de sa théorie : Karatau ou Altai N.W. ; Tien-Chan N.E.E. ; Kouen-lun S.S.W ; Sinien S.E ; Indo-chinois N.N.W. Il est inutile de faire remarquer combien cette géométrie rectiligne est en désaccord avec nos propres idées sur les courbures constantes des chaînes plissées autour des môles antérieurs et sur les relations des divers systèmes contemporains entre eux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans les granites ou pegmatites. En fait, comme nous le verrons, les régions en question, sans être, ce semble, d'une grande richesse métallifère, sont pourtant les seules de la Chine septentrionale où l'on ait signalé quelques minerais.

Le massif archéen du faîte primitif chinois, coupé en deux par le sillon marin du golfe de Pétchili, constitue : d'une part, la Corée et le Liao-toung[1]; de l'autre, le Chan-toung.

En *Corée,* comme nous venons de le dire, on a, sur un soubassement primitif de schistes cristallins, du cambrien horizontal. On n'y connaît d'autres sédiments plus récents que des couches tertiaires à lignites. Le fondement est analogue dans le *Liao-toung*, où M. Zeiller a reconnu une flore ouralienne (13).

Chan-toung. — La province du Chan-toung a été spécialement étudiée par les géologues allemands, en raison de l'importance qu'elle présente pour eux par suite de leur établissement à Kiaou-tchéou, point d'aboutissement de la ligne de Tsinan-fou.

D'après Richthofen, toute cette province appartient à la zone de plissements précambriens que nous avons qualifiée d'huronienne ; elle est un des éléments principaux du môle primitif sinien. On y trouve d'abord, à la base, une série gneissique plissée dans le sens N. 30° W., comprenant des amphibolites et des filons de quartz ou de pegmatite ; puis une autre série, également plissée, d'au moins 4.000 m. d'épaisseur, mais d'extension restreinte, dans laquelle dominent les calcaires métamorphiques associés avec d'autres amphibolites et micaschistes, sur laquelle apparaît la direction Nord-Est, qui est ailleurs dominante dans tout le Nord-Est de la Chine. Il s'y intercale de grands massifs granitiques, notamment un granite à énormes cristaux d'orthose et nodules de plagioclase analogue au rapakiwi, dont on retrouve également des représentants au Liao-toung et en Corée, et que nous sommes habitués ailleurs à trouver en relation avec les granites à mica blanc. Des pegmatites à tourmaline l'accompagnent. Toute cette formation primitive pourrait contenir des imprégnations aurifères, des filons-couches de plomb, zinc ou cuivre, comme nous avons eu à en signaler dans d'autres pays. Bien que les Allemands, peu gâtés par leurs colonies, aient parfois vanté les richesses métallifères du Chan-toung, ce qu'il peut y avoir de reconnu dans cet ordre d'idées est fort restreint. Les minéraux utiles du groupe précambrien se bornent à quelques amas de magnétite, des marbres, des stéatites associées aux calcaires cristallins et utilisées par les Chinois pour la confection de figurines, des micas, etc., et, prétend-on, quelques échantillons de diamant d'un intérêt purement minéralogique[2].

[1] Pour la Corée, voir la bibliographie, au chapitre XXXII. — Pour le Liao-Toung, voir Bogdanovitch.

[2] Voir p. 144 et 145.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sur le soubassement huronien plissé repose du cambrien horizontal (2), auquel se superpose localement, sans interposition, ce semble, de silurien ni de dévonien, du carbonifère stéphano-permien (13, 14), où se trouve la véritable richesse minérale de la contrée, la houille, dont nous allons avoir à reparler. Ce carbonifère commence par des calcaires et se termine par des sédiments clastiques avec porphyres et tufs porphyriques. Tout l'ensemble du Chan-toung occidental, limité par une grande fracture Nord-Sud suivant le Ouei-ho, a été affecté par des dislocations de directions diverses, qui ont isolé et dénivelé des compartiments indépendants, dont notre carte indique l'allure générale. C'est à ces mouvements d'affaissement accompagnés de flexures, et non à des plissements proprement dits, que l'on attribue les inclinaisons ordinaires des couches carbonifères, inclinaisons atteignant facilement une trentaine de degrés. Il aurait pu y avoir des filons métallifères en relation avec ces fractures ; mais on n'en a pas signalé à ma connaissance jusqu'ici.

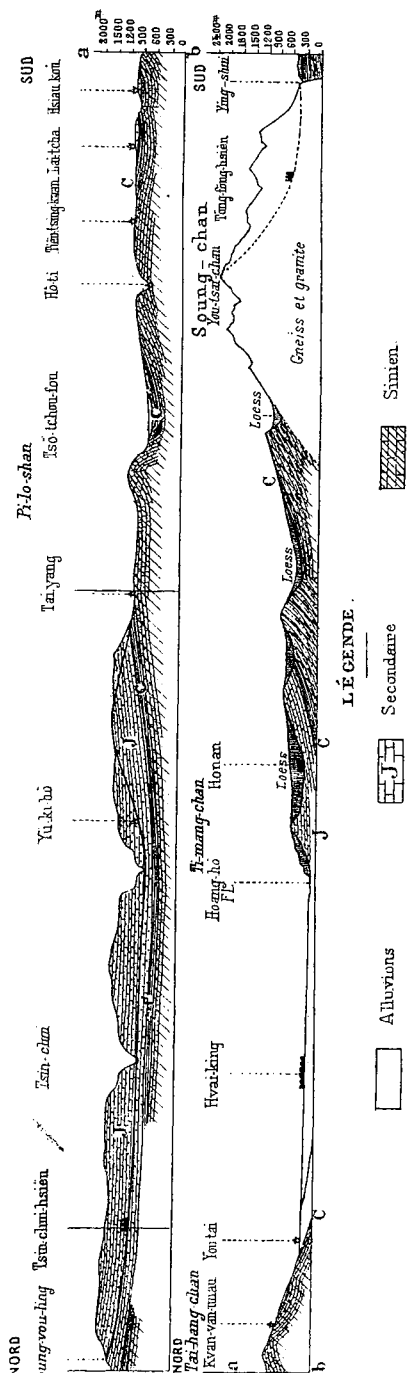


Fig. 13. — Coupe Nord-Sud de la partie Sud-Est du bassin carbonifère du Chansi, suivant le 113e degré, entre les 36e et 34e degrés, d'après V. Richthofen (les deux coupes superposées se font suite). On voit, au Sud, les terrains siniens et carbonifères redressés contre le massif gneissique de Soung-chan. Vers le Nord, les mouvements se bornent à de larges ondulations. La largeur de chaque coupe représente environ 1°.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Enfin, sans aucune trace reconnue de secondaire ni de tertiaire, le loess arrive directement par-dessus le permien.

Vers l'Ouest, nous limitons ce faîte aux bassins carbonifères plissés de la Mandchourie, du Kaiping, etc.; et l'on atteint ainsi la région de Pékin, où se présentent une série de crêtes plissées parallèles, que Richthofen a comparées à un « gril ». Ce gril de Pékin affecte la direction Nord-Est qui, marquée déjà dans les chaînons précambriens (Outai-chan, etc.), a dominé ensuite dans tous les derniers plissements de la Chine orientale et que l'on appelle sinienne; mais des mouvements hercyniens l'ont affecté, au moins en partie et, il sort, par conséquent, de notre zone. Celle-ci reparaît toutefois encore dans l'Outai-chan (113°, 39°), où du cambrien horizontal recouvre de l'archéen plissé et elle s'accentue dans le bassin carbonifère du Chansi.

Tout le *Chansi* et le *Chensi* et surtout l'Ouest du *Ho-nan*, qui présentent une grande importance par leurs immenses étendues de terrain houiller, étudiées plus loin, offrent, d'après Richthofen, une allure analogue à celle des faîtes primitifs. On y voit toutes les couches superposées à l'archéen, y compris le carbonifère, soit horizontales, soit affectées de ces mouvements à grande amplitude qui peuvent s'expliquer, ou par un simple affaissement vertical déterminant des flexures, ou par le contre-coup tangentiel de mouvements lointains. Au-dessus viennent seulement quelques grès supra-houillers. Les terrains, à peu près horizontaux, sont influencés par une série de dislocations dont nous avons, à titre d'indication, reproduit les directions, évidemment beaucoup trop systématisées. Vers le centre, un compartiment Nord-Sud de gneiss et de sinien, le Ho-chan, s'intercale comme un horst dans le plateau fracturé.

Le même régime de plateau faillé se prolonge au Sud jusqu'au Tsing-ling-chan qui est, au contraire, une chaîne plissée et jusqu'à une dernière fracture allant à peu près de Singan-fou à Youn-yang. Il y a, au delà de celle-ci, vers l'Est, une zone du Honan, où le carbonifère supérieur faillé repose directement, en transgression lacustre, sur le cambrien, sans interposition de calcaire dinantien [1].

Vers la limite Ouest de ce faîte primitif, l'Ordos représente, par rapport au Gobi qui l'entoure au Nord, un champ d'affaissement limité par des chaînons obliques sur le cours Nord-Sud du Hoang-ho.

Chaînes hercyniennes de Mandchourie, du Pétchili, de Mongolie, du Tsing-ling-chan, etc. — Nous rattachons hypothétiquement aux plissement permo-carbonifères, que nous sommes convenus d'appeler par extension hercyniens, la couronne plissée périphérique, qui entoure le faîte primitif précédent et qui est venue s'appliquer contre lui, parfois avec renversement sur le bord. L'état actuel de nos connaissances per-

[1] Sur le bord N.-E. du bassin du Chansi, la mission Pumpelly a étudié les plissements de la série précambrienne et de la chaîne d'Outai-chan (Woutai).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

met difficilement de distinguer, parmi ces plissements, la zone exacte qui a été fortement influencée par les plis tertiaires de celle qui en a simplement subi le contre-coup posthume. Cette distinction est d'autant plus délicate que les plissements orogéniques de ces deux périodes ont souvent obéi à la loi de récurrence approximative dont nous avons ailleurs montré le peu de généralité réelle et qui est, par exemple, en Chine même, si nettement contredite par le rapprochement des plis archéens et des plis précambriens, orthogonaux les uns sur les autres, dans le Liao-toung et le Chan-toung. Ici, au contraire, ils se sont superposés les uns aux autres en gardant la même direction.

On peut d'abord, ce semble, rattacher à ces plissements les bassins charbonneux de Mandchourie, disposés par cuvettes localisées, avec des inclinaisons qui dépassent souvent 30°, parfois même, comme à Yentai, avec un véritable synclinal. Il en est de même pour les couches charbonneuses ouralo-permiennes de Kaiping au Pétchili, qui sont presque verticales, sans qu'on puisse expliquer cette disposition par une simple flexure résultant d'une dénivellation entre deux compartiments contigus.

Puis les plissements Nord-Est post-carbonifères se reproduisent dans le « gril de Pékin » (Pl. V).

On a là une série de chaînons parallèles, dont les crêtes comprennent du gneiss, du cambrien et du carbonifère, avec un manteau de permien et jurassique inférieur continental localisé à l'Ouest de Pékin dans une sorte de golfe triangulaire analogue à ceux que forment le stéphanien et le permien dans diverses régions du plateau central français. Les coupes de Richthofen pour cette région accusent une zone plissée où les couches carbonifères des mines situées au Nord-Ouest de Fang-chan, près de Taigan-chan, ont nettement participé au mouvement. L'ouralien (13), conforme au calcaire dinantien (11), forme des synclinaux, dans lesquels on exploite de l'anthracite.

Des plissements analogues doivent affecter le substratum du Nord de l'Ordos et se manifestent tout au moins au Nord de ce plateau par toute la série des chaînes dirigées Nord-Est suivant le système sinien (Mouni-in-chan, Kara-narin-oula), qui recoupent obliquement le cours du Hoang-ho. Ces plis sont accompagnés de failles longitudinales ou de flexures, qui ont pour effet d'abaisser progressivement la région depuis la Mongolie jusqu'à la grande plaine chinoise. C'est la même région plissée qui occupe la crête située à l'Ouest de Ning-sia-fou, entre cette ville et Fouma-fou. Dans toutes ces régions, on voit le calcaire carbonifère, et même les grès supra-houillers, participer aux plissements. La dernière crête de l'Ala-chan, le long du Hoang-ho, présente un anticlinal renversé vers l'Est.

Puis vient toute la région mal connue de l'Ala-chan, du Nan-chan, etc., où les plissements semblent venir s'écraser sur le faîte primitif, en se recourbant et se bifurquant à sa rencontre suivant une formule analogue à celle de l'Oural et dont nous avons déjà essayé de donner le sché-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ma [1]. Le Loung-chan présente du stéphanien avec houille, discordant sur les terrains antérieurs et plissés. Au Sud, il en est de même dans les monts Richthofen, où le carbonifère, et même les grès post-carbonifères d'âge mal déterminé, sont plissés. Ce régime se continue dans le Nan-chan et enfin dans le *Tsing-ling-chan* qui est un peu mieux étudié.

On y trouve, à l'état fortement plissé et en stratifications concordantes, du silurien traversé par du granite qui le métamorphise, du dévonien et du calcaire dinantien. L'ouralien (13) avec anthracite vient par-dessus, également plissé et souvent métamorphisé, mais en discordance. Seuf quelques grès peut-être jurassiques, aucune formation plus récente, à l'exception du loess, n'est connue. On a fait remarquer la présence du silurien et du dévonien concordant entre eux, absents plus au Nord, comme un indice d'un géosynclinal primaire qui aurait ensuite définitivement émergé depuis le carbonifère. Vers le Sud, cette chaîne plissée présente des plis renversés dans le sens du Sud, qui comprennent silurien, dévonien et calcaire carbonifère. Après quoi, on entre, au Sud, dans la grande zone des sédiments continentaux, surtout composés de grès rouge, qui couvrent le « Bassin rouge » du Sé-tchouan, étudié dans les chapitre précédent, et l'on retrouve, en même temps, une zone tabulaire à larges ondulations et flexures avec dislocations, qui peut être envisagée comme un autre compartiment primitif peu ou pas influencé par les mouvements hercyniens ou tertiaires.

Au contraire, dans la direction de l'Est, en gagnant le littoral de la Chine méridionale, on voit dominer les directions Nord-Est, dites siniennes par Pumpelly, qui se poursuivent jusqu'à la côte, par laquelle elles sont coupées diagonalement. A l'Ouest du grand bassin carbonifère du Chensi, un peu au delà de Ping-liang, vers le 106e, le Lopan-chan (Liupin-chan) commence la zone plissée avec participation du calcaire carbonifère aux mouvements Sud.

Chine méridionale [2]. — La Chine méridionale, au Sud du 28e degré, c'est-à-dire sauf le Nord du Tché-kiang et du Kiangsi, est restée à peu près en dehors des itinéraires de Richthofen, qui a seulement suivi la route directe et bien connue de Hankéou à Canton. Von Loczy n'a fait, de son côté, que la route de Hankéou à Nankin et à Nan-tchan et ne nous renseigne guère que sur les environs de Chang-hai, Nankin et du lac Poyang. Il nous manque donc, sur ces régions, nos sources habituelles de renseignements.

Nous noterons seulement que la région de Nankin présente des plissements post-carbonifères d'une grande netteté.

[1] Fig. 11, p. 334.

[2] 1875. Abbé A. David. *Journal de mon troisième voyage d'exploration dans l'empire chinois*, Paris. — 1869. Kingsmill. *Notes on the geol. of China, with more espec. reference to the Prov. of the Lower-Yang-tse* (Quart. Journ. of the Geol. Soc. of Lond.,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Formations charbonneuses en Chine[1]. — Parmi les terrains représentés en Chine, nous insisterons spécialement, comme d'habitude, sur ceux qui contiennent de la houille. Nous nous sommes, d'ailleurs, trouvé parler des principaux affleurements houillers dans le chapitre consacré à l'industrie minière chinoise[2], et nous rappelons, d'autre part, que tout ce qui concerne les provinces méridionales, limitrophes de nos possessions françaises (Yun-nan, Sé-tchouan, etc.), a été traité au chapitre XVIII.

D'une façon générale, quand on s'est trouvé, pour la première fois, en présence des grands bassins charbonneux chinois, la tendance a été de les rattacher, par assimilation, avec ce qui se présente en Europe ou aux États-Unis à l'étage carbonifère. La plupart des études plus précises, qui ont été faites dans la suite, ont eu pour résultat de rajeunir ces bassins, les uns jusqu'au stéphano-permien (14), les autres jusqu'au secondaire, et le dernier mot dans ce sens n'est probablement pas encore dit. Ainsi que nous l'avons fait remarquer, les conditions continentales propices à la formation des dépôts charbonneux se sont prolongées en Chine, comme en Sibérie, comme dans l'Inde, pendant de très longues périodes allant depuis le carbonifère moyen jusqu'au jurassique moyen, et il en est résulté la superposition stratigraphique de gisements charbonneux analogues, dont l'âge ne peut être déterminé avec certitude que par une étude approfondie de leur flore. Là où cette étude n'est pas suffisamment avancée, il y a toutes les chances pour que le premier mouvement ait été de vieillir les terrains plutôt que de les rajeunir. Cette restriction enlève beaucoup de son intérêt à une description des étages houillers classés d'après leur niveau précis, étude prématurée qui a été pourtant esquissée précédemment, et nous préférons ici adopter un ordre de description géographique par provinces.

t. XXV, p. 119 à 138. — 1869, 1871. RICHTHOFEN (Verh. d. k. k. geol. Reichs, 1869, p. 131-137 et Shanghai budget and weekly courier, 1871, p. 547). — LOCZY. *Loc. cit.*, p. 315 à 395, avec deux cartes géologiques des environs de Nankin et de ceux du lac Poyang.

[1] Voir, ch. XXXI, la bibliographie générale des provinces chinoises et limitrophes de l'Indo-Chine française, et ch. XXXII, la bibliographie générale des mines de Chine, particulièrement les ouvrages de VON RICHTHOFEN et VON LOCZY. Consulter en outre : 1882. VON RICHTHOFEN. *China*, t. II, passim : notamment p. 99, 119, 149, 185, 202, 253, 327, 409, 497, et résumé d'ensemble, p. 783 à 792. — 1898, KURITA, ANDREL. *The coal and iron deposits of Eastern China* (Engineering, avril, p. 491) ; cf. Z. f. p. G., 1898, p. 267. — 1899. *Charbon des provinces Hupeh et Kiang-shi* (Z. f. p. G., p. 342). — 1899. C.-D. JAMESON. *Steinkohlen und Eisenerze im Ostlichen China* (Z. f. pr. G.). — 1900. DRAKE. *The Coal fields around Tse-Chou, Chansi* (Am. Inst. of M. E. Washington meeting, févr. 17 p. C. R. I. Z. f. p. G. 1900, 348). — 1901. DRAKE. *The Coal fields of north eastern China* (Tr. Am... Richmond meeting, 21 p.). — 1901. ZEILLER. *Note sur la flore houillère du Chansi* (Ann. d. M. 9e, t. IX, p. 431-453). — 1902. LIEBENAM. *Die Kohlenfelder im nordöstlichen China* (Z. f. p. G., p. 43, p. 84). — 1902. *Age des charbons chinois* (Z. f. pr. G., p. 138). — 1904. HEURTEAU. *Les charbons du Japon, du Petchili et de la Mandchourie* (Ann. d. M., 10e, t. X, p. 193).

[2] Pages 142 et suiv.

UNIVERSITÉ DE PARIS - SORBONNE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Mandchourie[1]. — Les gisements charbonneux ont été surtout reconnus en Mandchourie le long de la ligne Karbin-Dalny, dont la proximité leur donnait une valeur industrielle. Ils se prolongent évidemment ailleurs. Dans le pays, les affleurements commencent au Nord, près de Karbin. Puis, on en trouve à l'Est de Lalin, entre les deux lignes de Vladivostok et de Pékin. D'autres sont sur la haute Soungari, vers Yo-

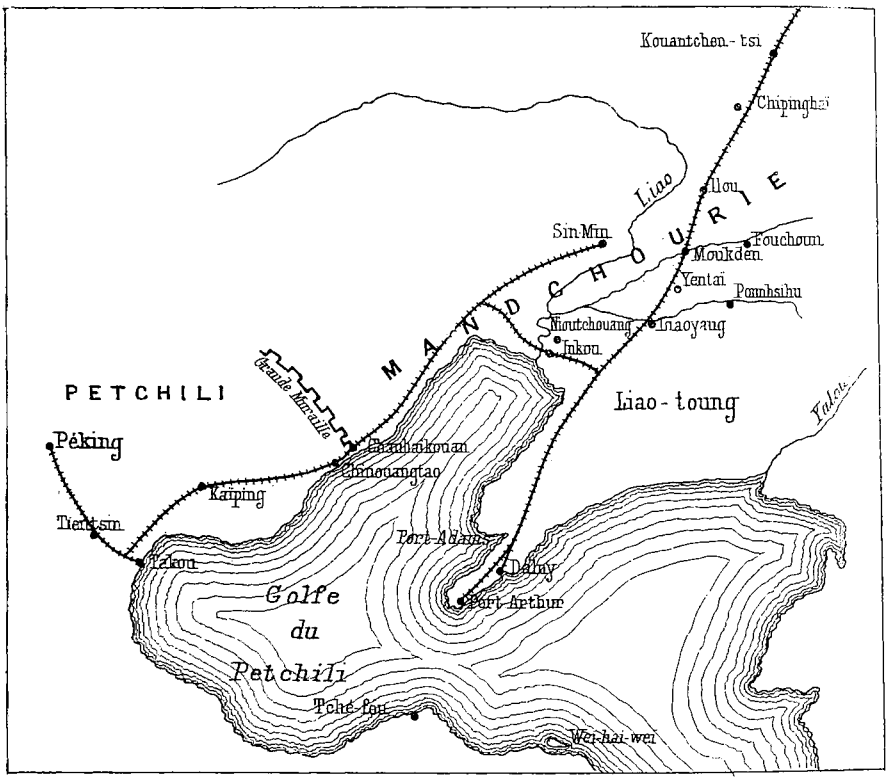


Fig. 14. — Carte des charbonnages de Mandchourie d'après M. Heurteau. (Échelle au 1 : 7.500.000.)

man. Puis, après les lignites de Kouang-tcheng-tsi (Tchang-tchoun), viennent Chipinghai, Ilou, Fouchoun (à l'Est de Moukden), le plus important de tous pratiquement, Yentai (Makiakou) et Ponnhsihu plus à l'Est, enfin, dans le Liao-toung, Niou-tchouang et Inkou.

Ces divers gisements forment une série de cuvettes à dépôts permo-carbonifères reposant, soit sur du calcaire dinantien, soit directement sur le sinien.

[1] Richthofen. *China*, t. II, p. 102, 582 et 783. — 1904. Heurteau. *Les charbons du Japon, du Pétchili et de la Mandchourie* (Ann. des mines, 10e, t. X, p. 193.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A *Ilou*, on a, sur les deux bords d'un synclinal large de 30 km., deux couches minces, qui sont peut-être à assimiler avec celles que l'on exploite au Sud-Est, à Fou-choun. Ces couches, dirigées Est-Ouest, sont inclinées de 30° vers le Sud. L'inférieure, très cendreuse, n'a que 0,40 m. d'épaisseur; la supérieure, au contraire, offre un affleurement de 6 m. en beau charbon gras.

A *Fou-choun* (35 km. Est de Moukden), on a également deux couches Est-Ouest, dont la supérieure seule est importante; celle-ci a 30 m. d'épaisseur à l'affleurement et semble conserver cette largeur au moins jusqu'à 20 m. de profondeur. La couche inférieure, située à 100 m. de la première, a 4 m. d'épaisseur en charbon sale. L'affleurement se poursuit sur 15 km. de long, coupé en trois tronçons. Le charbon, très gras, contient 40 p. 100 de matières volatiles et 10 p. 100 de cendres. Ainsi que nous l'avons vu, c'est le gisement de cette région donnant le plus de promesses.

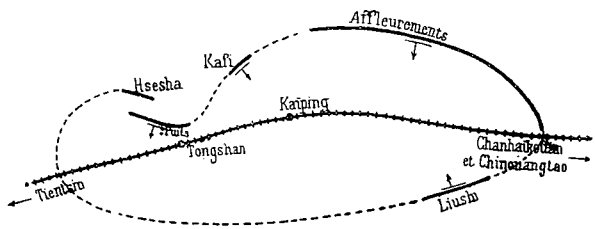


Fig. 15. — Carte du bassin de Kaïping, d'après M. Heurteau.

Yentai (*Makiakou*), situé à 20 km. Sud de Moukden, comprend un petit bassin de 4 à 5 km. de long, dans le sens Nord-Sud, sur 1 km. de large. L'inclinaison des couches aux affleurements est de 30°. On en connaît une dizaine, dont une seule dépasse 1,20 m. C'est celle que l'on a le plus exploitée, bien qu'elle fournisse du charbon sale. Ce charbon est maigre et anthraciteux.

Plus à l'Est, à *Ponnhsihou*, Richthofen a signalé autrefois un bassin que l'on a peu exploré jusqu'ici en raison de son éloignement de la voie ferrée, mais auquel il attribuait de l'importance en raison des amas de magnétite que l'on exploite depuis longtemps à 30 km. Sud. Il y aurait là, d'après lui, 5 ou 6 couches minces de moins de 1 m., à charbon friable et sale mais pouvant donner du coke.

Pétchili, (Kaiping). — Le bassin houiller de Kaiping, dans le Pétchili est, jusqu'ici, comme nous l'avons dit [1], le seul en Chine sur lequel une grande exploitation moderne ait réussi à s'établir. On a là un bassin presque fermé, de 50 km. de long sur 10 à 15 de large, formé, comme

[1] Voir page 142.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les précédents, d'ouralo-permien (13) reposant sur du sinien (2, 3) métamorphique et dont les conditions de gisement rappellent, par conséquent, beaucoup celles de la plupart des bassins sibériens, de Kouznetsk en particulier.

Comme le montre la figure 15, les affleurements sont surtout visibles au Nord, où la région est montagneuse; au Sud, ils sont masqués par les alluvions. De nombreux rejets les disloquent dans la partie Ouest. Les couches de charbon, au nombre de 17, ont un pendage très redressé et arrivent à être presque verticales à Tong-chan. Nous ne revenons pas sur les qualités du charbon, qui est flambant et très chargé de matières volatiles, mais très friable[1].

Mongolie. — Les environs d'Ouroumtchi (Urumtschi) (88°, 44°) dans le Tien-chan, contiennent toute une suite de gisements houillers qui ont donné naissance à des légendes de montagnes en feu. On les trouve sur tout le versant Nord du Tien-chan du 84e au 90e degré[2] (Pl. IX).

Ces gisements, sans importance actuelle, pourront tirer un jour un intérêt pratique de leur position sur le bord Sud de la Dzoungarie, cette grande route naturelle d'Asie reliant la dépression du Balkach à la Mongolie, qui, un jour ou l'autre, livrera certainement passage à un transcontinental asiatique.

Chansi, Chensi et Honan. — (*Houille et fer*). — La province du Chansi (ou Shansi) et celle, contiguë à l'Ouest, du Chensi (Shensi) comprennent un bassin carbonifère, dont l'extension, masquée en grande partie par la terre jaune ou simplement par les grès superposés au carbonifère (trias probable), semble énorme d'après les cartes de Richthofen et von Loczy (Pl. V.). Un premier petit bassin commence à l'Ouest de Pékin avec une direction N.E-S.W au milieu des terrains siniens. Puis vient une autre zone qui, avec une interruption, couvre près de 10° de latitude. Cette zone commence par 114° 30' suivant le méridien de Kaifong, à la grande ligne de relief orographique si marquée, qui sépare les provinces littorales de la Chine des provinces centrales. Les directions de flexures, mises en relief par la crête cristallophyllienne du Ho-chan à l'Est de Pinygang, y sont N. N. E. au moins jusqu'au Hoang-ho. Elle se continue à l'Ouest jusqu'au 104e degré. Une coupe donnée plus haut (fig. 13, p. 377) a déjà mis en évidence l'allure générale de ces terrains qui reposent en principe horizontalement, mais néanmoins avec des flexures locales, dont la direction est presque partout parallèle à la bordure N. N. E. du bassin, sur un soubassement paléozoïque.

[1] Richthofen. *China*. II, p. 102, 582, 783. — 1904. Heurteau. *Les charbons du Japon, du Petchili et de la Mandchourie* (Ann. d. mines, 10e, X, 186).

[2] A l'Ouest d'Ouroumtchi on parle, en outre, de nappes de sel et d'un lac d'asphalte près de Chikho.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En partant du Nord, on trouve, à l'Ouest de la faille de *Ta-toung-fou*, un premier bassin à charbon d'âge sans doute permo-triasique[1], dont le charbon est renommé pour sa pureté et son pouvoir calorifique, mais que sa situation excentrique, par rapport aux grandes voies de communication, réduit à des applications locales. Les couches y sont multipliées et leur faisceau principal a jusqu'à 8 et 10 m. d'épaisseur. Richthofen lui attribue environ 120 km. de long sur 25 de large.

Mais le bassin colossal du Chansi est celui que les cartes du même géologue figurent un peu plus au Sud, sur 700 km. de long et 400 de large : c'est-à-dire que, transporté en France, il y couvrirait à peu près un rectangle allant de Paris à Perpignan et de Poitiers à Nancy.

Cet immense bassin est divisé en deux parties par les gneiss du Ho-chan, et c'est le bassin de l'Est qui a été surtout étudié.

Entre la crête gneissique N. S. du Ho-chan à l'Ouest et les failles bordières du Tai-hang-chan à l'Est, s'y étend le grand bassin à anthracite du Chansi, abordable au Nord par Ping-ting-fou, situé maintenant sur une voie ferrée, et par Lo-ping. Il y a là, vers une altitude moyenne de 7 à 800 m., un haut plateau, dans lequel les terrains à combustibles sont très loin d'apparaître partout, mais où on peut supposer, d'après les indices superficiels, leur continuation régulière. Ces terrains à charbon reposent sur un substratum de calcaires et sont souvent recouverts par les grès bariolés et les argiles schisteuses blanches des terrains post-carbonifères. L'anthracite y a été de longue date exploitée au Sud de Lo-ping, dans une zone N. S. parallèle à la bordure du plateau, qui passe à *Ho-choun-hsien*, *Liaou-tchou*, *Wou-hsiang-hsien*, *Hsiang-yuen*, et arrive ensuite au grand centre industriel (charbon et fer) de *Lou-ngan-fou*. Cet ensemble représente 36.870 km^2. Richthofen a admis, d'une façon nécessairement aventureuse, sur toute cette étendue immense, l'hypothèse d'une épaisseur moyenne de 12 m. de houille, évaluée d'après les points où le charbon apparaît. Il est arrivé ainsi au cube colossal de 630 milliards de tonnes, que l'on trouve reproduit depuis lors dans toutes les publications concernant la région. Avec les conditions d'exploitation faciles que comportent des couches à peu près horizontales, il a naturellement conclu au plus remarquable avenir industriel[2], d'autant plus que des niveaux de minerai de fer s'intercalent, paraît-il, dans le même bassin. Tout en remarquant combien sommaires ont été les observations, d'après lesquelles une simple multiplication a produit cette évaluation, on est cependant en droit d'en retenir le développement extraordinaire des formations charbonneuses dans cette région, que l'on a souvent comparée au bassin pennsylvanien.

[1] Richthofen, *loc. cit.*, II, p. 356-359.

[2] *Ibid.*, p. 404 à 405 ; 437-440 ; sur la tectonique, p. 456-463 ; sur la valeur économique, p. 472-477.

[3] « *Eine unberechenbar grosse Zukunft* ».

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Au S.E., ce bassin déborde un peu sur la province du Honan, où l'on retrouve, plus au Sud, quelques petits bassins indépendants.

A l'Ouest de la crête du Ho-chan, le reste du bassin figuré sur la carte, et situé dans le Chensi, est occupé par du carbonifère à charbon bitumineux, dont on ne connaît l'existence précise que sur la bordure Est. Les couches y sont également à peu près horizontales, mais souvent disloquées par les failles. La puissance moyenne serait (toujours d'après Richthofen) de 8 m.[1] Des mines existent sur ce bord Est, depuis Tai-yuen-fou jusqu'à la région de Ping-yang. L'évaluation, pour laquelle les renseignements sont, d'après Richthofen, un peu insuffisants, conduirait, suivant lui, au moins au même cube que pour l'anthracite.

Minerais de fer du Chansi. — La valeur des anthracites du Chansi est très accrue, dans les appréciations sur l'avenir du pays, par la présence contiguë de minerais de fer abondants. On produit du fer à Tai-yang, Nan-tsoun, Lo-ping, etc. Le fer du Chansi, qui alimente toutes les régions voisines, est nommé dans le commerce local : fer de Ping-ting-tchou et de Lou-ngan-fou. La production est évaluée à 160.000 t. par an.

Bien que l'industrie soit très localisée, Richthofen croyait à une formation ferrugineuse presque aussi étendue que celle de houille[2] et c'est pourquoi nous la mentionnons à cette place. Il ne semble pourtant pas, d'après ses descriptions très brèves, qu'on ait affaire à de véritables niveaux sédimentaires intercalés dans un calcaire et contemporains des terrains encaissants.

Il décrit, en effet, les gisements comme formés de carbonate de fer, plus ou moins transformé en hématite rouge ou brune. Les minerais seraient, paraît-il, liés à la présence d'un niveau dolomitique qui s'intercale entre les calcaires marins dinantiens et les grès et schistes à anthracite, le fer étant toujours au-dessous du charbon (Tai-yang, Po-chan, etc.). Les exploitations qui consistent en de petites fouilles à découvert, recherchent surtout les minerais les plus fusibles et ne permettent pas de bien connaître la constitution originelle des gisements. On peut penser à un rapprochement avec les carbonates de fer intercalés, par substitution, à un niveau analogue, dans les calcaires carbonifères du Cumberland, ou encore dans le dévonien de la Styrie.

Chan-toung[3]. — Le Chan-toung se divise, d'après les descriptions de Richthofen, en deux régions distinctes : l'une à l'Est, assimilable au Sud

[1] *Loc. cit.*, II, p. 475.

[2] *Loc. cit.*, II, p. 477.

[3] 1892. A. Fauvel. *La province chinoise du Chan-Toung. Géographie et histoire naturelle.* in-8°, 313 pages, Bruxelles (Géologie, p. 98-238). — 1898. F. v. Richthofen. *Der geologische Bau von Shantung (Kiautschou), mit besonderer Berücksichtigung des nutzbaren Lagerstätte* (Z. f. pr. G., VI, p, 73-84) et *Shantung und seine Eingangspforte Kiautschou*, in-8°, 2 cartes, Berlin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de Liao-toung, où le carbonifère n'est pas représenté et où, d'autre part, les dislocations manquent ou se manifestent peu; l'autre, à l'Ouest, fortement disloquée, qui présente certains caractères du Chansi, et sur laquelle se trouvent les gisements de houille. Les principaux de ceux-ci sont, de l'Ouest à l'Est : Tchang-kiou près de Tsinan-fou, Po-chan, Lin-tchi et Ouei. C'est dans cet ordre que nous allons les décrire; mais, industriellement, comme nous l'avons vu page 144, le principal est celui de Po-chan.

Tchang-kiou. — A 50 km. Est de Tsinan-fou et à peu près à la même

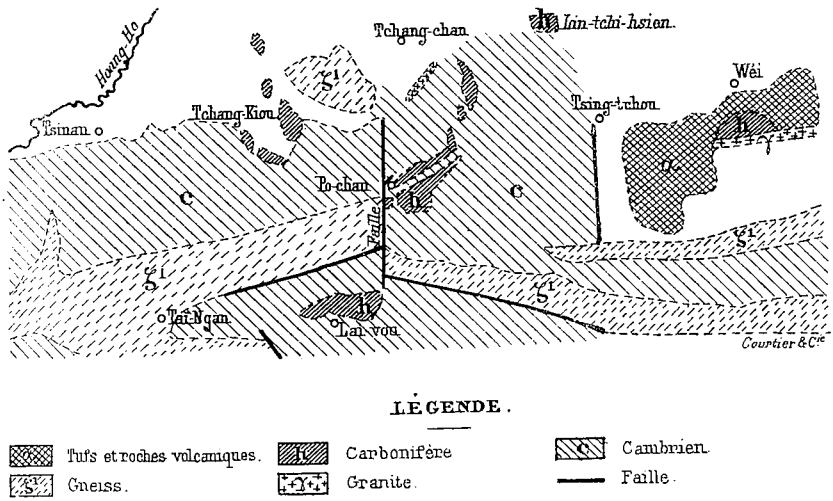


Fig. 16. — Carte des bassins houillers du Chantoung d'après les documents de von Richthofen. (Echelle au 1 : 2.250.000).

distance N. W. de Po-chan, se trouve une zone assez étendue de terrain carbonifère, présentant des couches de grès et de schistes faiblement inclinées vers le Nord sous un manteau de loess. On a travaillé sur deux couches, l'une de 1,30 m., l'autre de 2 m.

Po-chan. — Au Sud de la ville se trouve une formation charbonneuse, divisée en deux par le Hsiaou-fou. La coupe donne, de haut en bas : 1° Loess; 2° Grès post-carbonifères rougeâtres; 3° Grès stérile; 4° Couches à charbon du mont Heichan; 5° Couches du Po-chan-maou; 6° Calcaire carbonifère. Toute cette série est régulièrement inclinée, avec une pente maxima de 25 ou 30° vers le Nord, ou le N.E. La principale couche a 1,50 m.

Ouei-hsien. — Les charbonnages sont au Sud de la ville, recouverts en partie par une formation de tufs volcaniques. Les couches ont un très faible plongement vers le Nord. Leur épaisseur est de 1 à 2 m.

Itchou-fou. — Tandis que les gisements précédents sont sur le versant Nord du Chantoung, Itchou est sur le versant Sud, où les terrains

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

archéens sont brusquement coupés par une faille qui les a fait disparaître en profondeur. Les couches charbonneuses doivent au voisinage de cet accident une pente relativement forte et atteignant 30°. La série sédimentaire comprend un complexe de schistes plus ou moins calcaires, de calcaires sombres bitumineux, de grès plus rares, avec diverses intercalations charbonneuses qui ne semblent pas correspondre à la réapparition d'une même couche, ramenée au jour par des rejets. Les terrains carbonifères, qui appartiennent déjà à la zone de transition au permien, sont masqués en partie par des tufs porphyriques.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XX

GÉOLOGIE DU JAPON [1]. — COMBUSTIBLES.

La métallogénie du Japon nous offrira bientôt l'occasion intéressante d'étudier, sur le continent asiatique, des types analogues à ceux qui prédominent dans l'Ouest américain et qui en font la fortune minière. Cet alignement d'îles incurvées représente, en effet, avant tout, une cordillère plissée, poussée et déversée dans la direction du Pacifique : cordillère montrant, à côté de terrains secondaires et tertiaires, d'importants noyaux anciens et sur laquelle des actions éruptives, dont le début remonte au moins au crétacé, se sont exercées avec une intensité bien connue [2].

Quand on examine une carte géologique du Japon, ce qui attire d'abord l'attention, c'est le développement exceptionnel des manifestations éruptives récentes, dont beaucoup sont encore en activité, le nombre des volcans et la superficie occupée par leurs laves ou par leurs cendres, qui est environ 19 p. 100 de la superficie totale. Ces volcans mettent en évidence, comme le montre notre figure 17, un certain nombre de zones faibles, formant des arcs reliés les uns aux autres : zones faibles qui, suivant une loi générale, ne sont pas marquées par des fractures continues et des lignes de failles, comme on aurait pu le croire au premier abord, mais se montrent seulement jalonnées par les perforations ayant fourni les évents volcaniques.

Malgré le développement du volcanisme au Japon, nous ne nous y

[1] Publications du *Geological Survey of Japan*. — Voir Imperial geological Survey of Japan, with a catalogue of articles (pour le Congrès géol. de Saint-Pétersbourg, Tokyo). — 1885. E. Naumann. *Ueber den Bau und die Enstehung der japanischen Inseln*, Berlin. in-8°, 91 p. — 1890. E. Weinschenk. *Beiträge für Petrographie Japans* (N. J. f. Min. Beilage, Bd. VII, p. 133-151). — 1890. E. Naumann und M. Neumayr. *Zur Geologie und Paleontologie von Japan* (Denk. K. AK. Wiss. Wien. Mathem. Naturw. Cl., t. VII, p. 1-42, 5 pl.). — 1892. K. Jimbo. *General geological sketch of Hokkaido, with special reference to the petrography*, in-8°, 79 p., Satporo. — 1893. E. Naumann. *Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans* (Gotha. 45 p., Petermanns Mitt. Erg. Heft, n° 108). — 1894. *Unsere geolog. Kenntnisse von der Insel Hokkaido* (Verh. d. Russish k. min. Ges., Saint-Pétersbourg, 2e sér., XXXI, p. 305-311). Voir, en outre, la bibliographie insérée en notes dans l'ouvrage de Suess, II, 287-300 ; III, 175 à 186. — 1902. *Outlines of the geology of Japan. Description, texte et carte au* 1 : 1.000.000. Tokyo, 252 p. — Sur Formose, voir : Kotô. *Notes on the geology of the dependent Isles of Taiwan* (Journ. Sc. Coll., XIII, Tokio, 57 p.).

[2] V. ci-contre les fig. 17, 18 et 80 et la pl. X (Carte des principales mines du Japon).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

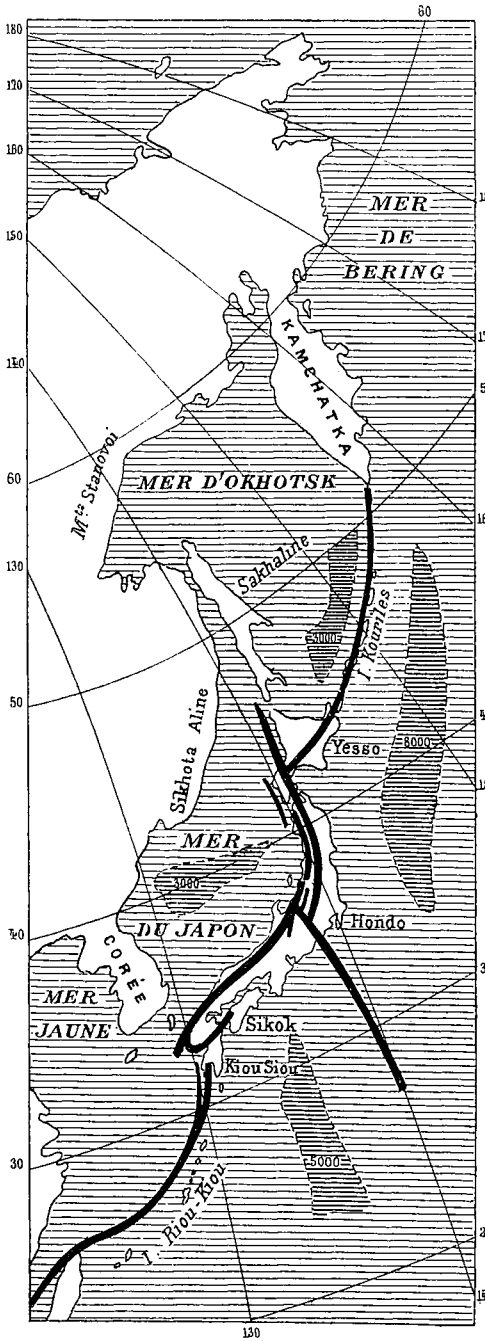


Fig. 17. — Carte des zones volcaniques du Japon.

arrêterons pas ici. Nous avons eu assez souvent l'occasion de répéter comment, à notre avis, les manifestations volcaniques actuelles ne jouent à peu près aucun rôle dans la métallogénie des gisements qui nous sont abordables. Elles constituent sans doute, actuellement encore, en profondeur, des gisements analogues à ceux qui se sont antérieurement formés et que nous exploitons ; mais ces gisements trop profonds sont, pour nous, comme s'ils n'existaient pas ; et seules, des périodes géologiques ultérieures en pourront voir la mise à nu après l'action d'une très longue érosion.

Mais il n'en est nullement de même pour les manifestations éruptives plus anciennes, qui se sont produites à la fin du crétacé ou au début du tertiaire. Un grand nombre des régions puissamment métallisées du globe, de celles notamment où les métaux précieux abondent, présentent ainsi des manifestations éruptives de la fin du secondaire, dont la zone relativement profonde, favorable à la cristallisation de ces métaux, s'est déjà trouvée mise à nu. Tel est le cas pour tout l'Ouest américain, pour le Mexique, une grande partie de la Cordillère des Andes, ou, en Europe, pour les Carpathes :

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

régions, avec lesquelles nous allons voir combien le Japon présente d'analogies. Nous devrons donc parler de cette catégorie de roches : liparites, andésites et basaltes tertiaires.

Si l'on fait abstraction des épanchements laviques et, plus générale-

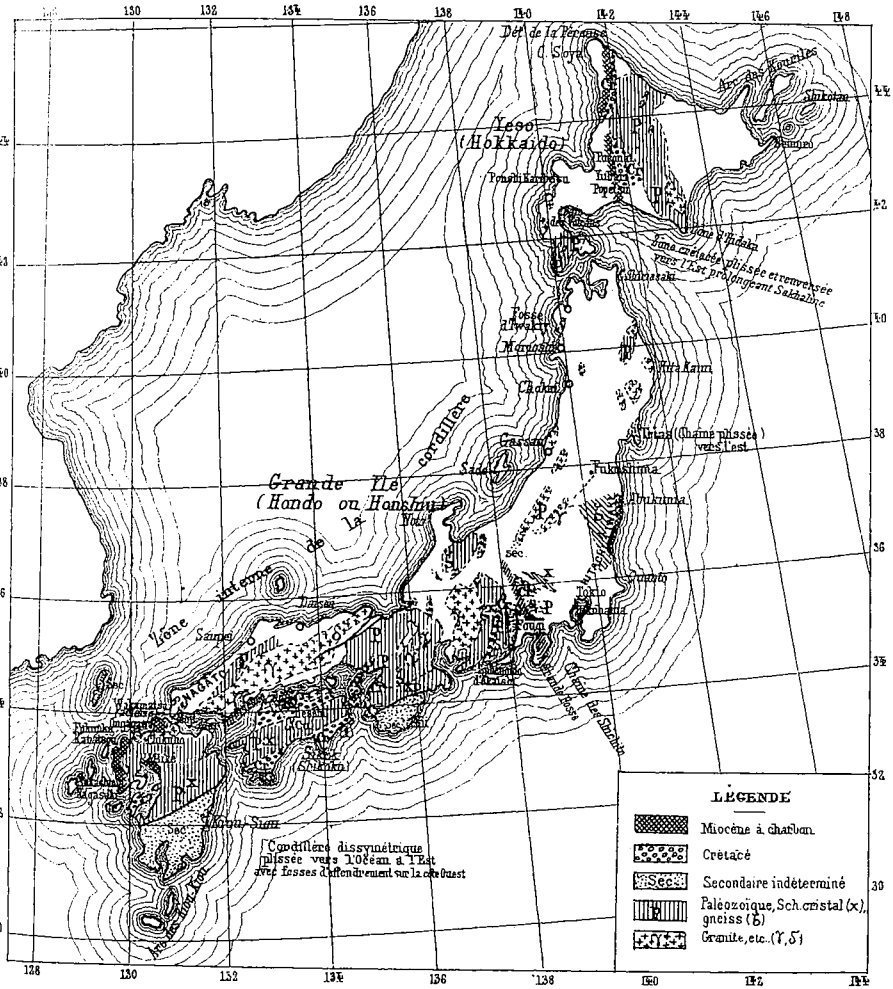


Fig. 18. — Carte géologique du Japon. (Echelle au 1 : 15.000.000.) On a laissé en blanc les épanchements volcaniques récents et le tertiaire, à l'exception des terrains miocènes charbonneux.

ment, des manifestations éruptives à structure fluidale, un autre trait de la géologie du Japon attire ensuite l'attention, et celui-là est à retenir pour nous : c'est le développement considérable des granites et autres roches de profondeur ou de demi-profondeur, ainsi que des terrains

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

métamorphisés par un retour en profondeur. Quel est l'âge de ces granites : variable sans doute comme partout et en rapport avec les diverses phases où s'est produite de préférence l'ascension des magmas internes. Il en est peut-être d'archéens et de paléozoïques, mais il en est surtout de crétacés (probablement de daniens (40), qui nous intéressent tout particulièrement pour notre étude comme étant à rapprocher des granites californiens, en relation avec les filons d'or.

Ainsi donc, comme terrains sédimentaires, une série dans laquelle le paléozoïque et les terrains cristallins sont beaucoup plus représentés que ne le ferait croire d'abord la notion sommaire d'une cordillère tertiaire ; comme roches, d'abondants granites, avec des épanchements laviques couvrant des étendues énormes, voici les traits principaux de la stratigraphie et de la pétrographie japonaise, sur lesquels nous allons avoir à revenir. D'autre part, l'histoire tectonique de ce pays comprend, comme celle de la plupart des cordillères tertiaires : un premier plissement plus ou moins ancien, probablement d'âge hercynien ; puis une série de plissements tertiaires, avec dislocations, qui se sont progressivement accentuées à mesure que le temps s'écoulait et qui, finalement, ont prédominé presque exclusivement sur les plissements.

Politiquement, la *Corée* et l'extrémité Sud du *Liao-toung* se rattachent aujourd'hui au Japon. Géologiquement, ils en sont tout à fait distincts. Ce sont, comme nous l'avons vu[1], deux tronçons d'un faîte primitif qui n'ont pris aucune part aux récents plissements japonais.

Stratigraphie du Japon. — La série stratigraphique du Japon, dont les termes datés avec précision ne commencent qu'au carbonifère supérieur, est, depuis ce moment, relativement complète, et quelques-unes des lacunes qu'on y signale encore peuvent être dues à un simple défaut de nos connaissances. Il y a donc là contraste absolu avec ce qui se passe sur le continent asiatique, où l'émersion définitive a été si anciennement réalisée, et l'on pourrait tout d'abord être tenté de voir, dans ce fait, une application restreinte de la loi des géosynclinaux permanents sur l'emplacement d'une future chaîne plissée, à la condition bien entendu de limiter la permanence de ce géosynclinal à la période ultérieure au carbonifère moyen. Même ainsi restreinte, cette déduction ne serait pas absolument exacte ; car un examen plus attentif des terrains secondaires, représentés (d'ailleurs sur une assez faible étendue) au Japon, montre qu'un grand nombre d'entre eux, au lieu d'être marins, ont une origine terrestre, continentale ou lacustre et prolongent le type des formations à plantes du continent sibérien, de la Chine ou de l'Inde.

D'après les études les plus récentes du service géologique japonais,

[1] Page 376.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la série commence par des *gneiss* réputés archéens (ζ) et des schistes cristallins (2) (série de Sambagawan) avec amphibolites et serpentines connexes. Ces groupes de terrains forment surtout une longue et large bande, qui traverse l'île de Kiou-siou, celle de Sikok et le Sud de la grande île, avec un alignement général parallèle à la longueur des côtes japonaises et à laquelle on attribue un rôle prépondérant dans le dessin extérieur de ces côtes. Remarquons aussitôt qu'une des principales mines de cuivre japonaises, celle de Besshi, se présente, sous la forme d'un amas pyriteux, au milieu de ces schistes cristallins (x de notre carte).

La constitution de ces roches est celle que l'on rencontre un peu partout, notamment dans le Nord de l'Amérique et qui caractérise beaucoup plus un état de métamorphisme qu'un âge réellement déterminé. Les gneiss comprennent des gneiss à mica noir et d'autres à amphibole, des gneiss-granites, des micaschistes, des amphibolites et de fréquentes intercalations de cipolins ou de leptynites. Les schistes cristallins, dits de Sambagawan, sont des phyllites, avec séricite, chlorite, épidote, etc., analogues aux terrains que nous appelons en France précambriens et contenant des serpentines et gabbros, mais pas de granites. Il est à remarquer que l'âge de ces deux séries métamorphiques n'est nullement connu et peut, en réalité, être, comme dans nos Alpes, beaucoup plus récent, tout au moins beaucoup plus compréhensif qu'on ne l'a admis d'ordinaire. Les schistes cristallins passent à du paléozoïque analogue, formé d'amphibolites, pyroxénites et phyllites graphiteux (série inférieure du Chichibu) et, dans ce qu'on appelle le paléozoïque lui-même, la série datée avec précision par des fossiles ne commence qu'au carbonifère supérieur, avec la série supérieure de Chichibu (calcaires à fusulines superposés à des schistes à radiolaires.

Le *carbonifère* marin (13) occupe une assez grande extension au Japon. Du même âge approximatif semblent être des dépôts continentaux dits de Kobotoké, formés de schistes, grès, grauwackes et conglomérats, avec empreintes de plantes indéterminables.

Vers la fin de la période primaire, un mouvement de plissement, sur lequel nous insisterons, semble avoir constitué l'ensemble de l'archipel japonais et avoir déterminé l'émersion d'une saillie continentale, ou, tout au moins, d'un archipel d'îlots. Le *secondaire* n'occupe qu'une étendue restreinte, environ 7 p. 100 du total, et souvent il est représenté par des termes saumâtres ou lacustres. On y distingue, comme nous allons le voir plus en détails, du trias supérieur (juvavien, 19), du rhétien (20), du lias (21 à 24) et du médio-jurassique (25-26). Puis le supra-jurassique semble faire défaut, et l'on passe au néocomien (32) (série de Ryoseki). Après quoi, une nouvelle lacune, peut-être destinée à être comblée par le progrès des études, conduit au supra-crétacé : cénomanien (36), sénonien (39) ou danien (40). L'éocène est rare, mais a

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pourtant été reconnu, et il existe du miocène (48 à 53) et du pliocène (54 à 56).

Toute cette série assez continue est, comme nous l'avons dit, loin de présenter des types constamment et généralement marins. L'étude des terrains charbonneux du Japon a montré qu'il s'était reproduit, à bien des reprises, depuis le trias, des formations analogues à plantes terrestres, ainsi que cela a eu lieu, vers le même moment, avec plus de généralité, sur le continent asiatique. C'est un point, sur lequel nous allons insister en reprenant maintenant la description de cette série secondaire.

En partant de la base, le *trias* marin apparaît dans les monts de Kitakami, le bassin de Sakawa, etc., dans un certain nombre de synclinaux contenant des schistes et grès à cératites ; mais celui de Nariwa renferme, avec des lits de tuf porphyritique, de l'anthracite[1]. On retrouve de l'anthracite dans le *rhétien* (20) marin de Nagato, à l'Est de Shimonoseki. Le lignite de Kaga est *médio-jurassique* (25), et toute une série à plantes jurassiques, dite de Tétori, montre l'étendue restreinte de la mer dans cette période, en préparant sans doute l'émersion du *supra-jurassique*. De même, dans le *néocomien* (32), où reparaissent des niveaux marins, les couches à plantes terrestres abondent en même temps (série de Ryoseki), donnant un ensemble analogue au Weald et au Potomak. La série à empreintes végétales de Sikok est du même âge. Au contraire, plus au Nord, la série de Hokkaido, allant du cénomanien (36) au sénonien (38), paraît plus franchement marine. Elle est fameuse pour ses ammonites géantes qui se trouvent dans des lentilles de marnes au milieu d'une formation de schistes, grès et conglomérats.

Dans le tertiaire, l'*éocène* (41 à 45) n'a été reconnu jusqu'ici qu'en un point sous la forme de tufs à nummulites (îles Bonin).

Le *miocène* marin ne paraît pas non plus très abondamment représenté (48 à 53). Au contraire, la faune *pliocène* et *pléistocène* est assez abondante. Dans cette période encore on retrouve des types continentaux, notamment des mammifères de la faune des Siwalik et des plantes (flore de Mogi) analogues à celles du pliocène inférieur français.

En principe, la série tertiaire du Japon, que nous allons examiner du Sud au Nord, comprend deux termes distincts : le plus ancien, miocène, formé de terrains plissés et durcis ; le second, pliocène, de strates meubles restées à peu près horizontales et directement couvertes par le pléistocène.

[1] 1883. NATHORST. *Contribution à la flore fossile du Japon*. — MATAJIRO YOKOHAMA. *Jurassic plants from Kaga, Hida and Echezen* (Journ. Coll. of Sc. Imp. Univ. Tokyo, III, p. 1-65). — 1890. A. G. NATHORST. *Beiträge zur mesozoischen Flora Japan's* (Denks. K. Akad. Wiss. Wien. Mathem. Naturw., Cl. LVII, p. 43-60). — 1891. MATAJIRO YOKOHAMA. *On some fossil Plants from the Coal-bearing Series of Nagata* (Coll. of Science. Imp. University, Tokyo, p. 239-246). — 1895. M. YOKOHAMA. *Mesozoic Plants from Kozuke, Kii, Awa and Tosa* (Journ. coll. of Sc. Imp. Univ., Tokyo, VII, p. 201-231). — 1902. *Outlines of the geology of Japon*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Au Sud-Ouest de Kiou-Siou, se trouve, d'abord, le gisement fameux de plantes de Mogi près Nagasaki, dont les plantes du pliocène inférieur ont été étudiées par Nordenskiold, Nathorst et de Saporta.

Dans le Nord de la même île, un grand nombre de gisements charbonneux décrits plus loin appartiennent au tertiaire, soit à découvert, soit sous un manteau de laves.

Une des régions tertiaires les plus intéressantes à cet égard, en raison des grandes exploitations qui se sont constituées sur ses dépôts charbonneux, est celle que nous avons déjà signalée précédemment [1] dans cette région, au voisinage de la porte étroite donnant accès dans la mer intérieure. Là se trouvent notamment les terrains du bassin de l'Ongagawa, tels que ceux des provinces de Chikusen et Buzen (fig. 19). Ces dépôts occupent des dépressions N.W.-S.E, qui traversent les formations plus anciennes et les roches éruptives. L'effort orogénique post-tertiaire a donné à ces couches l'allure de synclinaux, dont l'axe est généralement près de la bordure Est et dont les couches charbonneuses sont, pour la plupart, sur le flanc Ouest.

Le grand charbonnage de Miiké est situé sur des terrains dirigés Nord-Ouest dans le Nord, Nord-Sud dans le Sud et comprenant des grès, avec une couche de charbon de 2,30 m., recouverte par des schistes.

Dans le Sud de la grande Ile, le tertiaire existe surtout dans l'intérieur. A Totomi et Suruga, on retrouve la même division : miocène plissé avec pétrole à Haibaragori ; pliocène peu déplacé.

Dans le Nord-Est de la grande Ile, le tertiaire est souvent représenté par ses termes supérieurs non plissés. Ainsi, autour de Tokio, on a une faune assimilée à celle du krag anglais. Un peu plus au Nord, des couches horizontales du même âge occupent la région de Quanto ; mais il y a là aussi des couches inclinées à faune ou à flore miocène, quelquefois avec lignite. De même, un peu plus au Nord, sur la côte Est, le plateau d'Abukuma contient de minces couches de lignite.

Dans le Nord-Ouest d'Honshiou, le tertiaire est très important par la présence du pétrole et celle de nombreuses veines métallifères. Là, notamment, on peut vérifier la subdivision ordinaire du tertiaire en deux termes, dont l'inférieur, (miocène plissé et disloqué), est celui qui contient les couches de houille et que traversent les filons métallifères, tandis que le plus récent (pliocène resté presque horizontal et meuble), est stérile. Dans le miocène, on a des nodules de phosphates et des intercalations éruptives d'andésites, basaltes, liparites, etc. Là se trouvent les mines d'Ani (Ugo), d'Aburato (Uzen), de Nakaji (Echigo).

Enfin, à Hokkaido, le tertiaire prend un développement énorme, mais se distingue malaisément du crétacé. On rencontre là un certain nombre de gisements charbonneux miocènes, tels que Yubari, où le dépôt des

[1] Page 158.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lignites a dû commencer dès le crétacé et où les plus anciens de ceux-ci sont accompagnés de couches à ammonites. L'épaisseur des formations qui renferment le charbon atteint 1.300 m. à Sorachi et 1.150 à Yubari. Les couches à lignite sont généralement dirigées Nord-Sud et très redressées. Des plantes miocènes ont été trouvés aux charbonnages d'Ishikari et de Kushiro. C'est le commencement de la zone qui se développe à Sakhaline.

Tectonique. — Il est impossible de rien dire sur l'histoire tectonique du Japon avant le carbonifère, puisqu'aucun terrain antérieur à cette période n'a été encore reconnu avec netteté. Mais le mouvement hercynien paraît caractérisé, ou tout au moins il s'est produit des mouvements du début du secondaire, qui peuvent être rattachés à cette phase hercynienne. Le crétacé est fréquemment discordant sur le paléozoïque, notamment dans le bassin d'Hokkaïdo. L'existence, pendant tout le secondaire, de zones continentales pouvant être attribuées à un effort orogénique précédent, est d'ailleurs prouvée par les caractères des terrains secondaires et par l'apparition si fréquente de formations terrigènes ou même continentales venant s'y intercaler dans les formations marines.

La fin du secondaire marque, pour l'ensemble du Japon, une période de grands mouvements orogéniques, à laquelle on doit rapporter, pour la plus grande part, la structure actuelle, le plissement accompagné de compressions et de ruptures, avec production connexe de montées éruptives et de manifestations métallogéniques, que nous aurons à décrire. Des intrusions éruptives s'intercalent dans le crétacé et se continuent pendant le miocène, à la fin duquel les accidents paraissent avoir atteint leur paroxysme. Un grand nombre de filons métallifères dans le Nord-Ouest de la grande île traversent le miocène sans atteindre le pliocène.

Postérieurement au miocène, l'activité interne ne s'est pas ralentie ; elle a pris, au contraire, une intensité plus grande ; mais sa forme est devenue différente. Ce n'est plus l'époque des plissements, mais celle des dislocations, des déplacements verticaux et des éruptions volcaniques.

Gisements charbonneux [1]. — Comme nous l'avons vu précédemment [2], bien que le Japon renferme quelques charbons d'âge secondaire, parmi lesquels il en est d'anthraciteux, la presque totalité de la production est fournie par des couches tertiaires, ou plus rarement supra-crétacées (à Hokkaido) : pour la plupart, de qualité bitumineuse.

[1] 1900. *Les mines du Japon* (Exposition universelle du Japon, 1 vol. in-8° de 530 p.). — 1900. *Charbons d'Hokkaido et Kiushiu* (Z. f. p. G, p. 56 ; 1902, 159). — 1901. Nardin. *Notes on the Takasima Coal mines Nagasaki* (Trans. Australas. I. M. E., t. VIII, part. I, p. 81-91). — 1902. *Outlines of the Geology of Japan, Descriptive text.* (Tokyo. Geological survey, 1 vol. in-8° de 252 p.). — 1904. Heurteau. *Les charbons du Japon, du Pétchili et de la Mandchourie* (Ann. des mines, X°, t. VI, p. 151).

[2] Page 158.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Classés par rang d'âge, les charbons japonais sont à rattacher aux étages suivants :

Trias et infra-jurassique. — Mine-gori (Nagato) et Kawakami-gori (Bitchu).
Jurassique. — Tanimura (Echizen), Shitaka (Tango) et Tsukiki (Tamba).
Crétacé. — Amakusa (Higo) et Miyai (Kii). Couches inférieures de Ryoseki (Tosa) et du bassin de Katsura-gawa (Awa).
Tertiaire (miocène). — Dans l'île de Kiou-Siou, charbonnages de Chiku-ho (Chikuzen et Buzen) et de Miiké. Dans la grande île, charbons inférieurs de Iwaki et de Hitachi. Dans l'île d'Hokkaido, province d'Ishikari (Yubari, Poronai).

Mais la plupart de ces gisements ne valent pas une description.

Comme anthracites, nous nous contenterons de signaler le bassin secondaire de *Nagato*, dans le Sud-Ouest de la grande île, où des lentilles d'anthracite, n'excédant guère 1 m. d'épaisseur et fortement redressées, se trouvent dans le trias et le lias, ou encore le bassin crétacé de *Shimojima* dans les îles d'Amakusa (province de Higo), à l'Ouest de Kiou-Siou, dans lequel les principaux charbonnages sont ceux d'Onuki et de Shiki (production totale en 1899 : 33.211 t.). On a là plusieurs couches, d'ordinaire trois, plongeant de 30 à 50° et d'allure très troublée, qui peuvent atteindre respectivement 2,60 m., 0,30 et 0,60 d'épaisseur et que traversent des dykes assez nombreux de liparite, au contact desquels se sont produits des cokes naturels.

Les charbons bitumineux supra-crétacés et tertiaires sont d'un tout autre intérêt, et nous allons les passer en revue, en examinant successivement les trois îles d'Hokkaido, Honshiou (grande île) et Kiou-Siou.

A **Hokkaido**, les couches charbonneuses se trouvent sur les deux flancs de la chaîne Nord-Sud qui traverse l'île, mais spécialement à l'Ouest, où une zone importante, dirigée Nord-Sud, va de Hidaka à Teshio. Le service géologique a évalué à 600 millions de tonnes le cube de charbon compris dans ces gisements. La qualité est bonne : charbon très gras et assez pur. La région comprend des charbons d'âges divers : de minces couches jurassiques, des charbons du crétacé supérieur à Yubari, Ikushumbets et Poronai ; enfin des couches tertiaires à Sorachi, Ikushumbets et Poronai. Nous avons déjà fait remarquer que, dans ce bassin, il y a passage progressif, sans démarcation nette, du supra-crétacé au tertiaire, comme cela se produit, avec une extension plus grande, pour les bassins charbonneux du type Angara ou Gondwana.

Le principal bassin charbonneux d'Hokkaido, pour la qualité du charbon comme pour l'extension, est celui de l'Ishikari, situé sur la rive Est du fleuve du même nom, entre le Sorachi-gawa au Nord et le Yubari-gawa au Sud, sur 80 km. de long. La direction ordinaire des couches est Nord-Sud, avec des plongements variables. On a un anticlinal à flancs inclinés de 20 à 50°, sur lequel se trouvent, du Nord au Sud, les districts miniers de Sorachi, Ikushumbets, Poronai, Yubari. Les failles sont fré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quentes. Le charbon est meilleur et plus abondant à l'Est. Du Nord au Sud, les mines sont les suivantes :

Sorachi. — La série charbonneuse, épaisse de 1.300 m., consiste en schistes et grès alternants, avec intercalation de 8 à 13 couches de houille ayant plus de 1 m. d'épaisseur. L'épaisseur moyenne utilisable comprend trois couches de 2 m. chacune. L'inclinaison est forte et le système très faillé.

Ikushumbets. — Quatre couches y représentent 13 m. d'épaisseur. L'inclinaison est vers l'Ouest, dépassant 40°. Les conditions sont les mêmes à *Poronai.*

Yubari. — Ce charbonnage, situé au Sud du bassin, est un des meilleurs du Japon et sa production dépassait déjà 260.000 t. en 1900. Deux couches principales ont : l'une 4,50 m. et l'autre 1,30. La couche supérieure fournit à elle seule tout le charbon.

Grande île (Honshiou). — Le seul bassin charbonneux de cette île ayant de la valeur est celui d'Iwaki-Hitachi, situé sur la côte Est des deux provinces qui portent ce nom (Pl. X). Sa longueur est de 40 km. Il commence au Sud à Tomobé (Itachi) et, longeant à l'Est les monts Abukuma, aboutit au Nord à Nogami (Iwaki). Les couches atteignent leur maximum d'épaisseur dans la région à l'Est de Yuno-také et de Akai-daké, où deux couches de 1 m. et 1,80 m. sont séparées par 35 m. de stérile. On a là une alternance de schistes tufacés et de grès appartenant au miocène, avec une direction Nord-Sud et un plongement ordinaire vers l'Est. Le charbon est du lignite, très inférieur en qualité à ceux de Kiou-Siou et d'Hokkaido et très chargé d'eau. On en a extrait 317.500 t. en 1899. Les charbonnages principaux sont ceux d'Ojoda, Shiramizu, Iwaki, Iriyama, etc.

Kiou-Siou. — Nous avons déjà vu quelle est l'importance industrielle tout à fait prépondérante de l'île de Kiou-Siou, dans la production houillère japonaise. A l'exception des charbons d'Hokkaido, la presque totalité des charbons exportés par le Japon sont fournis par la partie septentrionale de cette île. Il y a là un certain nombre de bassins miocènes indépendants les uns des autres, qui s'alignent suivant des synclinaux de la chaîne tertiaire. Un groupe principal de ces synclinaux dirigés ici N. N. W. occupe le bassin dit de Chikuho [1], ou de l'Onga-gawa. A lui seul, Chikuho a produit, en 1905, 6.000.000 t. Le service géologique japonais a estimé son cube total à 87 millions de tonnes ; cela ne représenterait donc qu'un avenir assez restreint. Vers le Sud-Ouest, un autre bassin, dont les affleurements ont à peu près le même alignement Nord-Ouest, est dit, du nom de son port d'embarquement, bassin de Karatsu. Plus au Sud-Est, le bassin de Miiké, dans la préfecture de Saga, avec port à Omuta, tient une place prépondérante dans le com-

[1] Ne pas confondre avec la province de Chikugo.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

merce des charbons japonais par la qualité de ses charbons. On le cube, comme nous le verrons, à 100.000.000 t. Enfin, plus à l'Ouest, sur la côte Ouest de l'île, se trouvent, dans de petites îles, les gisements très secondaires de Matsu-shima et de Taka-shima : ce dernier ayant eu momentanément une certaine importance par sa situation privilégiée dans la rade de Nagasaki, mais semblant décliner très rapidement.

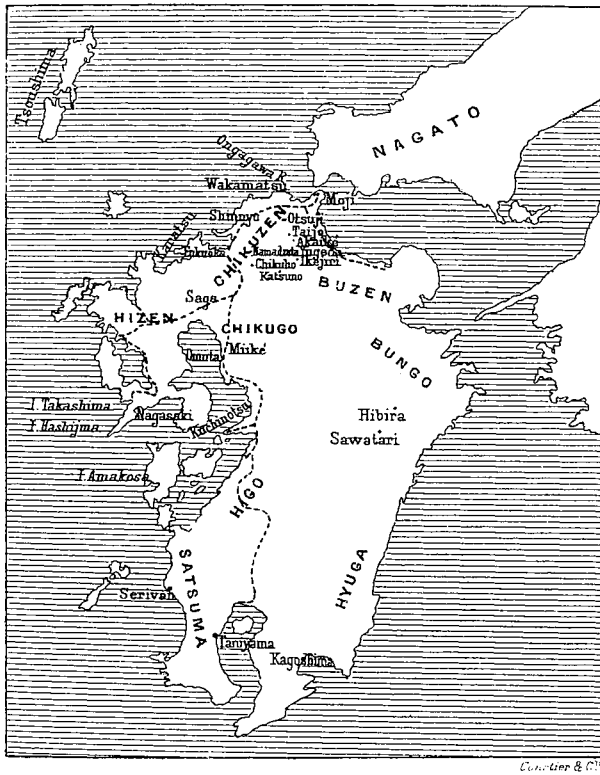


Fig. 19. — Carte des charbonnages de Kiou-Siou. (Échelle au 1 : 4.560.000.)

Tous ces gisements, dont l'âge n'a pas encore été déterminé avec une entière précision et qui peuvent, en réalité, s'espacer sur une période un peu plus prolongée, de la fin du crétacé au pliocène, présentent ce caractère commun de contenir des couches plissées, ayant subi la pénétration d'assez nombreux dykes éruptifs, qui ont fourni du coke naturel au contact. Les charbons, malgré leur âge récent, sont souvent susceptibles de donner du coke.

Bassin de Chikuho. — Le croquis, figure 20, donne la disposition générale des synclinaux de Chikuho.

Les couches tertiaires qui renferment le charbon se présentent là suivant un certain nombre de synclinaux, dirigés N. N. W. sur un sou-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

bassement de roches anciennes. La longueur totale de l'ensemble est de 35 km., la largeur de 15. La plupart de ces synclinaux ont un flanc Ouest à pente très douce de 12 à 15°, sur lequel se trouvent les couches de charbon régulières, et, au contraire, un flanc Est très abrupt, qui

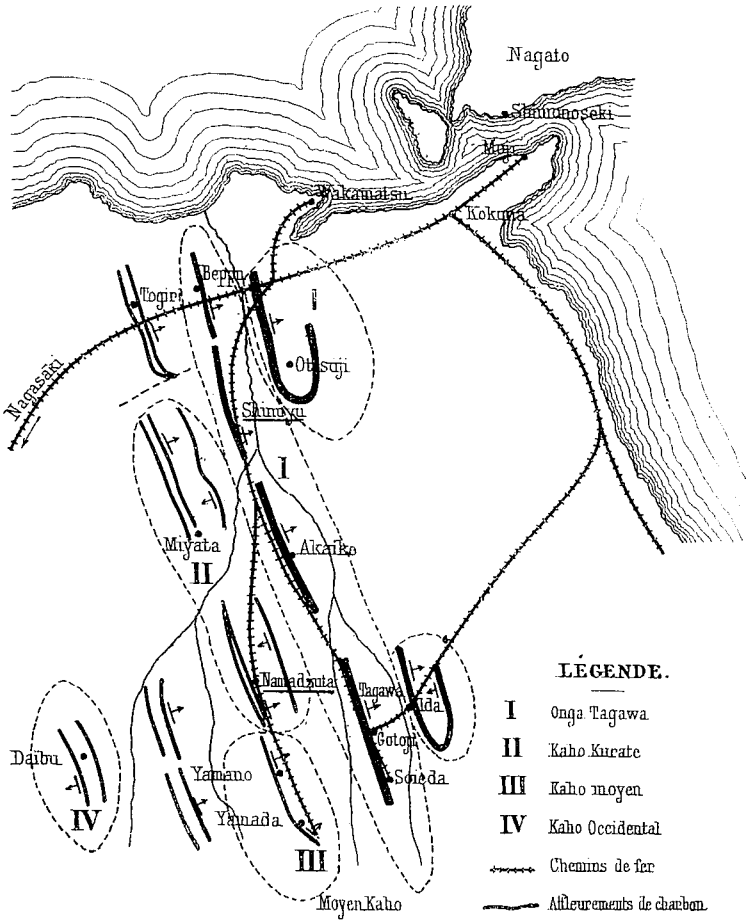


Fig. 20. — Carte de détail des charbonnages de Kiou-Siou (bassin du Chikuho), d'après M. Heurteau. (Echelle au 1 : 500.000.)

ne présente le charbon qu'en lentilles disloquées, rarement utilisables. Il en résulte que, pratiquement, le charbon se trouve sur un certain nombre d'affleurements, ou de tronçons d'affleurement (raccordés entre eux d'une façon plus ou moins hypothétique), avec plongement ordinaire vers l'Est. Il y a une dizaine de couches, dont les plus exploitées sont, à peu près partout, au nombre de deux : la couche inférieure, épaisse de 1 m. à 1.50 m., avec charbon pur et sec ; la supérieure, de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1,50 à 2,40 m., avec charbon d'ordinaire assez sale, souvent transformé en coke naturel ou en senseki (sorte d'anthracite) décrépitant au feu, au contact de dykes d'andésite. En moyenne, les charbonnages de Chikuho peuvent fournir d'assez bons charbons bitumineux, souvent susceptibles de donner du coke. Nous avons déjà signalé les charbonnages principaux, tels que Namadzuta, exploité par l'aciérie de Wakamatsu, qui en tire son coke, Shinnyu, Akaiké, Nara, etc. Les détails sur ces diverses mines se trouvent, soit dans la publication officielle du Survey japonais, soit, plus résumés, dans le mémoire de M. Heurteau. Nous croyons inutile de les reproduire ici, et nous nous bornerons à quelques observations.

La description japonaise distingue quatre régions naturelles (fig. 20) : Onga-Tagawa, Kuraté Kaho, Moyen Kaho, Kaho occidental. L'Onga-Tagawa suit le cours de l'Onga-gawa et de son affluent principal, l'Akaiké-gawa en traversant le milieu d'Onga-gori, l'Est de Kuraté-Gori et le Tagawa-gori. Il comprend, du Nord au Sud, les mines de Beppu, Shinnyu, Akaiké, Tagawa, Gotoji, Soieda. A l'Ouest, se trouve la région de Kuraté-Kaho, avec la grande mine de Namadzuta. Le moyen Kaho en forme le prolongement Sud avec les mines de Yamano, Yamada, etc. Enfin, au Sud-Ouest, Daibu est dans le Kaho occidental. Il faut ajouter, à l'Est, les synclinaux d'Otsuji et d'Ida, dont le charbon est peu apprécié.

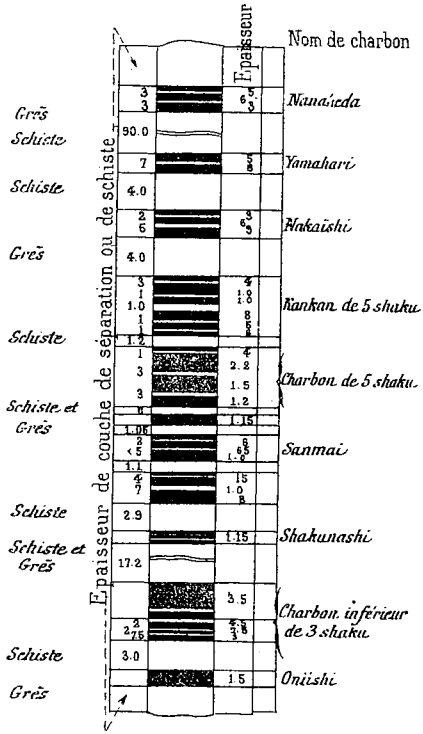


Fig. 21. — Coupe des gisements de Shinnyu.

Le long de la rivière Onga et sur sa rive gauche, il existe, sur 32 km. de long, un affleurement charbonneux, coupé par de nombreuses failles, qui forme le flanc Ouest d'un synclinal, dont le flanc Est n'est pas connu et peut, comme nous le dirons, être très éloigné. Les couches de charbon ont une pente faible de 10 à 12°. Elles sont au nombre d'une dizaine, dont deux utilisables, qui ont reçu à Shinnyu (fig. 21), le nom de couches de 3 shakus (pieds) et de couches de 5 pieds, mais sont moins épaisses dans le Sud, où il s'intercale parfois entre elles une autre couche. Dans cette région Sud, les couches de Gotoji à plongement Est semblent passer sous le synclinal d'Ida, bien marqué plus à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'Est et qui pourrait constituer l'axe relativement superficiel de leur thalweg.

D'une façon générale, l'examen des coupes détaillées de ces diverses mines, dont nous donnons figure 21 un spécimen, montre un très grand nombre de veines minces charbonneuses, séparées par des schistes ou grès stériles d'épaisseur comparable, et dont le groupement en couches utilisées est plutôt industriel que géologique, ainsi que les assimilations d'une mine à l'autre.

A l'Ouest de cet affleurement, des terrains stériles (secondaire au Nord, calcaires et schistes cristallins au Sud), le séparent d'un autre synclinal disloqué, bordé d'autre part par de nombreux pointements granitiques, sur lequel se trouve la mine de Namadzuta. Ce synclinal, parfois très étroit, a ailleurs 3 km. de large. On y a retrouvé quelque peu arbitrairement les deux mêmes couches de 3 et 5 pieds qui existent dans le bassin précédent. A Namadzuta, on a, à la base, une couche de 1,5 m. qui est presque d'une seule tenue et fournit un charbon réputé. A 1 m. au-dessus se trouve une couche de 1,60 m. généralement assez sale. Puis, 15 m. encore plus haut, est la couche supérieure de 2,50 m., qui présente 1,20 m. de bon charbon au mur, 0,30 à 0,60 de schistes très durs et encore 0,60 à 1 m. de charbon. Les couches sont là recoupées par des andésites.

Hizen septentrional (*bassin de Karatsu*). — Des couches tertiaires, renfermant des veines charbonneuses minces mais d'assez bonne qualité, se présentent en divers points de la province d'Hizen (fig. 19). Les charbons de Nishi et Higashi-Matsura-gori sont connus sous le nom de Karatsu (leur port d'exportation). Ce sont les meilleurs du groupe. Les charbons d'Ogi et Kishima-gori sont exportés à Nagasaki. Il y a là une série de petites exploitations sans grande importance, dont 41 ont produit au total 139.000 t. en 1899.

Taka-shima. — Ce bassin, situé près de la baie de Nagasaki, et qui a dû à cette situation un moment d'importance, a pour mines principales Ha-shima et Taka-shima. A Taka-shima on connaît 13 couches, dont l'une comprise entre 2,60 et 3,30 m. La production a beaucoup baissé dans ces dernières années (158.000 t. en 1900).

Miiké. — Ce bassin est estimé contenir, jusqu'à 500 m. au-dessous de la mer, 100.000.000 t. Les puits (qui sont les plus profonds du Japon), y dépassent déjà 350 m.

Un affleurement de 4 ou 5 km. de long est compris entre Omuta, au bord de la mer, où une faille le limite à l'Ouest et un noyau granitique. Les couches, dirigées N. W.-S. E. près d'Omuta, deviennent Nord-Sud en approchant du granite. Il y a, dans un grès tertiaire, 8 couches plongeant seulement de 6 à 8° vers le Sud-Ouest. A l'Est, le tertiaire vient buter directement contre le granite. La couche dite 8 pieds (2,40 m.), qui atteint parfois 6 m., est la meilleure comme qualité. C'est elle qui

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fournit le charbon commercial de Miiké, très bitumineux et à pouvoir calorifique élevé, mais assez friable et très sulfureux.

Ce charbon, gris plutôt que noir, est très estimé sur le marché asiatique comme producteur de gaz et de coke, ou comme charbon pour machines. Les principales mines sont Oura, Miyanoura, Nanaura et Kachidaté. La production, qui a atteint 744.000 t. en 1899, 719.000 en 1900, 954.000 en 1902, tient la tête de l'industrie charbonneuse japonaise.

Sakhaline[1]. — La grande île de Sakhaline, aujourd'hui partagée entre la Russie et le Japon, est formée, comme Hokkaido, de zones paléozoïques et supra-crétacées dont la principale prolonge la crête Nord-Sud, sur laquelle se trouvent les charbonnages d'Hokkaido. Mais une différence essentielle est, d'autre part, introduite entre les deux pays par le fait que les alignements volcaniques du Japon passent à l'Est de Sakhaline pour suivre les traînées des Kouriles, en sorte que, sauf sur la côte Ouest, il manque ici les roches tertiaires et les gîtes métallifères connexes.

En dehors de cette zone principale qui part du détroit de la Pérouse pour aboutir à Doué, sur la côte Ouest, où elle contient de la houille, on retrouve, à Sakhaline, un certain nombre d'autres zones parallèles, les unes paléozoïques, les autres crétacées ou tertiaire.

La partie japonaise de l'île de Sakhaline nous est connue par un rapport récent de Kawasaki. Cette île comprend topographiquement une dépression médiane, occupée au Nord par la rivière du Poronai, qui se jette dans la baie Terpenja ; au Sud, par le Naibuchi et le Susuya. Sa géologie est très analogue à celle d'Hokkaido, sauf un développement beaucoup moindre des roches volcaniques récentes qui apparaissent néanmoins sur la côte Ouest. Les termes géologiques les plus importants sont, en partant de la base : un système métamorphique de schistes à séricite, à graphite et à chlorite, puis une formation paléozoïque analogue au Chichibu japonais, formée de grès, schistes, conglomérats, calcaires, tufs de diabases et pyroxénites. En fait de roches cristallines, on n'y trouve guère que du granite, entouré par une auréole de métamorphisme. Puis vient directement le crétacé (grès, conglomérats et argiles schisteuses avec nodules marneux). Du cénomanien (36), du turonien (37) et du sénonien (38) se présentent, renversés sur le tertiaire.

[1] Voir plus haut, p. 92, sur la partie russe de l'île et la bibliographie citée en note dans Suess, *loc. cit.*, II, 297, note 2 ; III, 182. — 1873. Fr. Schmidt. Ub. die Petref. d. Kreideform. von der Ins. Sachalin (*Mém. Acad. St-Pét.* 7e, t. XIX, 3, 37 p. 8 pl.). 1890. L. Batzévitch. *Sources de pétrole de Sakhalin* (en russe) (Gornyi Journal, t. III, p. 429-450 et pl. VII). — 1907. G.-M. Glasanapp. *Die Reichthümer Sachalins.* Rigasche Industrie Ztg., p. 98. — 1907. Kawasaki H. *Preliminary Report on the Geology and Mineral Resources of Saghalien.*, p. 147, 16 cartes géologiques et profils dans le texte, 8 photographies. Carte géologique au 1 : 1.000.000.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ce tertiaire comprend divers termes, dont l'inférieur est, comme à Hokkaido, important par ses couches de lignite. La série la plus récente renferme également un peu de lignite sur le plateau Korsakoff, au Sud des monts Susuya ; mais ce combustible est là de très faible qualité.

Les richesses minérales de Sakhaline sont des alluvions aurifères provenant du paléozoïque, notamment dans les rivières des monts Susuya et dans la presqu'île de Shiretoko (au Sud-Est) ; puis le charbon tertiaire, dont il existe divers affleurements. Le principal est celui de Katayama et du cours supérieur du Naibuchi. On a là, paraît-il, une couche de charbon dépassant 15 m. d'épaisseur.

Les terrains supra-crétacés et tertiaires, qui renferment des lignites, ont été par endroits redressés jusqu'au renversement.

Dans le Nord, des grès tendres, contenant de la cornaline et de la calcédoine, se montrent plissés et, sur un de leurs anticlinaux, suinte du pétrole.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXI

LES FORMATIONS SALINES ASIATIQUES. DÉPÔTS DE CHLORURES, SULFATES, CARBONATES, NITRATES, BORATES, ETC.

Préambule. — **Problèmes posés. Facilités offertes par l'Asie pour leur étude.** — Nous nous proposons de grouper, dans ce chapitre, les renseignements de tous genres, géologiques et industriels, relatifs à un certain nombre de matières salines présentant ce caractère commun d'avoir été concentrées par un phénomène d'évaporation plus ou moins ancien : les divers sels de soude, chlorure, sulfate, carbonate, borate, etc., avec quelques sels analogues de potasse, de chaux et de magnésie. Ce nous sera un moyen de rapprocher les uns des autres les traits communs à ces divers gisements disséminés et de montrer à quelles conditions géographiques et géologiques ils correspondent. Peut-être arriverons-nous ainsi à éclaircir quelques-uns des problèmes, très nombreux et très essentiels pour la géologie, que leur examen soulève sans toujours permettre de les résoudre.

Rappelons d'abord en quoi consistent ces problèmes; nous verrons ensuite quelles facilités particulières l'Asie peut nous offrir pour en aborder la solution.

Problèmes posés, origine des gîtes salins et des variations dans leur composition. — Le premier grand problème qui se pose, et cela va presque de soi, est relatif à l'origine même des gisements salins, répartis, englobés dans la série géologique. Peu de questions ont été plus discutées, plus étudiées et semblent, dans leur ensemble, plus complètement résolues. Nous-même venons de faire allusion, dès les premiers mots, à la théorie courante en admettant la concentration progressive de dissolutions évaporées. Mais, ici comme en bien d'autres cas, le problème n'apparaît résolu et n'est susceptible d'affirmations précises que si on se contente de l'envisager dans son ensemble, sans y regarder de trop près, et nombreux sont, en réalité, les points d'interrogation qui subsistent : notamment en ce qui concerne les conditions géographiques, météorologiques ou encore tectoniques, dans lesquelles se sont constitués jadis des dépôts salins, dont l'épaisseur est absolument hors de proportion avec ce qui se produit maintenant sous nos yeux, comme leur composition minéralogique laisse supposer souvent des températures supérieures à celles d'une évaporation normale à l'air libre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En ce qui concerne l'épaisseur étonnante des couches salines, qui peut atteindre des centaines de mètres, la théorie adoptée a été longtemps celle dite de la « barre » : un bassin fermé, séparé d'une large mer par un seuil sous-marin, de telle sorte que l'eau concentrée y tombait au fond sans pouvoir s'échapper, constamment remplacée à la surface par un nouvel apport d'eau de mer plus diluée. On admet plus volontiers aujourd'hui l'évaporation de lagunes désertiques que celle de lagunes marines ; mais alors la difficulté relative à l'épaisseur du sel se pose de nouveau. Nous nous demanderons bientôt s'il ne faut pas y voir l'effet d'un affaissement tectonique progressif, concomitant de l'évaporation, analogue à celui qui, ailleurs, a dû provoquer la formation de sédiments lacustres ou marins tous semblables sur des épaisseurs également considérables et nous établirons un certain rapprochement, à cet égard, entre les bassins salins et les sédiments lacustres à lignites du type Angara ou Gondwana qui, également avec de grandes épaisseurs, se sont déposés pendant de longues périodes géologiques sur d'autres parties plus littorales des mêmes massifs continentaux.

Une seconde question, qui est, elle aussi, moins tranchée qu'on ne l'imagine, est celle des raisons précises pour lesquelles la composition chimique des divers amas salins, leur coupe verticale et la succession de leurs dépôts sont si différentes d'un point à l'autre, avec des conditions extérieures semblant au premier abord analogues. On a vite fait de répondre que l'on se trouve, suivant les cas, dans un stade d'évaporation plus ou moins avancé et d'invoquer, avec les lois de Van t'Hoff, des modifications successives (d'ailleurs probables), dans les conditions d'évaporation réalisées sur un même bassin. Mais, outre que l'ordre de succession réel, même quand il s'agit seulement du gypse, du sel marin et des sels potassiques, n'est pas toujours celui qu'exigerait la théorie simplifiée, il reste à expliquer pourquoi on rencontre, suivant les points, une telle prédominance d'éléments, qui, ailleurs, n'existent qu'en faible proportion : pourquoi ici des borates, là des carbonates, ailleurs des glaubérites, des nitrates, du gypse ou de l'anhydrite, etc...

Autrefois, on avait, pour de tels phénomènes, une explication très facile ; on supposait les substances salines diverses apportées de la profondeur par des sources thermales, réputées volcaniques ou geysériennes, dont on ne cherchait pas à connaître la provenance ni à expliquer la minéralisation, si ce n'est par un emprunt à des roches cristallines, ou encore en fusion, ou refondues ; et l'existence, dans la composition de telles roches, de tous les éléments chimiques possibles suffisait pour expliquer les apports de chlorures, sulfates, etc., vers la superficie. Ce rôle direct des phénomènes internes semble devoir être réduit au minimum, sinon à zéro, les gisements salins des temps géologiques n'ayant aucun rapport de proximité avec les phénomènes volcaniques de l'époque correspondante et, pour expliquer certaines éleva-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tions de température qui paraissent souvent nécessaires, on préfère admettre l'intervention de réactions chimiques, soit entre les sels dissous, soit entre ces sels et les parois du bassin encaissant : réactions modifiées par les conditions et le degré de saturation, la composition chimique de ces roches encaissantes, etc. C'est ainsi que des parois calcaires ont pu transformer des chlorures en carbonates, que des roches à forte teneur en bore, comme il en existe dans certains massifs éruptifs, ont pu contribuer à l'abondance des borates. On est également amené à supposer parfois l'intervention des microorganismes, manifeste pour les nitrates, etc... Mais toutes ces explications ne sont pas encore, on doit le reconnaître, entièrement satisfaisantes et tout ce que nous pourrons faire pour les rendre plus complètes aura son intérêt.

Ajoutons-le aussitôt, cette étude des dépôts salins est une des plus suggestives pour la reconstitution de l'histoire ancienne de la terre. Si nous arrivions, en effet, à déterminer d'une façon tout à fait précise ces conditions de dépôt que nous entrevoyons jusqu'ici seulement en gros, nous arriverions peut-être à nous représenter réellement (et non plus seulement par une hypothèse aventureuse) les cycles anciens dont la trace nous apparaît dans certains phénomènes sédimentaires, tels que les alternances d'anhydrite et de gypse, les « Jahrringe » des mineurs allemands. On entrevoit, de ce côté, la possibilité d'une de ces évaluations en années qui sont un des desiderata les plus naturels du géologue et, en même temps, un des moins réalisés.

Facilités offertes par l'Asie pour la solution des problèmes. — Pour résoudre des problèmes du genre de ceux qui viennent d'être rappelés, nous n'avons, à notre disposition, comme dans toute question géologique, que deux méthodes : d'une part, examiner les conditions exactes dans lesquelles se présentent les gisements anciens sur des cas aussi multipliés que possible et, d'autre part, analyser en détail les phénomènes actuels donnant des effets comparables. Dans cette double voie, l'Asie nous ouvre un champ d'observation très fécond, dont sans doute on retrouverait l'équivalent en d'autres parties du monde, mais jamais avec plus de facilités d'études.

Il est, en effet, à noter que, suivant toutes vraisemblances, l'étude des évaporations salines se rattache à l'étude des formations continentales et se différencie par là totalement de l'étude ordinaire des sédimentations marines, qui occupe la presque totalité des recherches stratigraphiques. En principe, comme nous l'avons fait remarquer ailleurs [1], les formations continentales ont d'autant plus de chances pour être rares qu'elles sont plus anciennes : ce genre de dépôts, relativement superficiel, ayant dû être enlevé assez rapidement par les progrès de l'érosion. Et c'est pourquoi, tandis que nous connaissons relative-

[1] *La Science géologique*, p. 212, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment bien les formations continentales de l'époque tertiaire, avec les animaux terrestres dont on a chance d'y retrouver les restes, nos notions sur des formations analogues d'époques plus anciennes sont restreintes et localisées. Mais nous avons déjà vu combien, sur une grande partie de l'Asie actuelle, l'émersion continentale a été anciennement réalisée d'une façon stable. Les dépôts continentaux anciens, qui ont pu s'y former, ont donc échappé aux plissements, au métamorphisme connexe et aux grandes abrasions consécutives des plissements. D'autre part, dans la dernière période de l'histoire géologique, il s'est produit, sur toute une vaste zone traversant l'Asie en écharpe, une large évaporation désertique, particulièrement propre à nous instruire sur le mode actuel (ou presque actuel) de ces concentrations lagunaires. Une longue zone, où les phénomènes d'évaporation s'accomplissent sous nos yeux avec intensité, part de la Lycaonie en Asie Mineure, ou de l'Arabie, passe par la Perse et le Turkestan, se prolonge à travers le Tibet et la Chine ; et, sur ces immenses étendues, partout la même cause, sur laquelle nous reviendrons bientôt, à savoir le desséchement des vents dominants [1], détermine un phénomène d'évaporation, que nous trouvons ainsi en rapport, remarquons-le de suite, avec des conditions météorologiques générales, avant même d'établir son lien avec la structure tectonique, dont le rôle nous apparaîtra malgré tout prédominant.

Etant donnée la double étude géologique et actualiste dont nous venons d'indiquer le programme général, et l'appui essentiel que les phénomènes actuels doivent apporter à l'examen de phénomènes anciens, supposés analogues, il pourrait sembler logique, dans l'exposé qui va suivre, de commencer par l'étude des évaporations salines actuelles, si particulièrement intéressantes pour nous. Mais la période géologique actuelle a elle-même son point de départ dans les temps géologiques antérieurs dont elle est à peu près inséparable ; il faudra donc, pour l'étudier, remonter tout au moins aux phases de grands plissements tertiaires, avec lesquels apparaît indirectement sa solidarité. Dans ces conditions, il nous a paru qu'il valait mieux reprendre l'histoire géologique des formations salines en partant de l'origine, sauf à résumer rapidement au début les conclusions générales qui peuvent découler de toute cette histoire, dans la mesure où nous allons en avoir besoin.

Mode de formation des dépôts salins. — Restant donc dans ces grandes lignes, on peut dire, en deux mots, que la formation d'un dépôt d'évaporation (sel, gypse, etc.) implique, à la fois, l'existence d'un bassin sans écoulement et des conditions de climat désertiques, que le fait d'un bassin sans écoulement contribue lui-même à faciliter par l'écran des montagnes qui arrête tout autour les précipitations.

[1] La sécheresse de ces zones désertiques est caractérisée par une somme annuelle de précipitations pluvieuses inférieure à 25 cm. et par plus de 8 mois secs.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La première condition est celle à laquelle on a pensé d'abord, sauf à imaginer une communication marine, à laquelle nous renonçons maintenant d'ordinaire. Elle n'est pourtant pas, comme on l'a cru parfois, suffisante. Sous un climat pluvieux, les eaux qui s'accumulent arrivent, en effet, assez rapidement, soit à combler le bassin par leurs apports, soit à rompre leur barrière et à se frayer un chemin vers la mer. L'existence de bassins sans écoulement semble d'ailleurs, en principe, même sous des climats arides, ne pouvoir se perpétuer durant de longues périodes géologiques; car les apports, qui ont toujours lieu, en relèvent peu à peu le fond, et leur présence correspond donc le plus souvent, soit à des mouvements orogéniques récents, soit, plus exceptionnellement et d'une manière tout à fait locale, au passage d'une coulée de laves, à un éboulement de terrains, etc. : phénomènes sans importance générale, dont il est inutile de tenir compte dans une étude du genre de celle-ci.

Par exemple, l'histoire récente de l'Asie centrale depuis le commencement du tertiaire va nous montrer, se constituant ou se perpétuant sur de très vastes espaces, des dépressions lacustres, dont l'origine première semble être dans des effondrements disjonctifs, écho lointain des énormes plissements orogéniques qui, plus au Sud, ridaient violemment l'écorce. Ces dépressions lacustres, restées sans écoulement, ont peu à peu donné lieu à des concentrations salines, si bien qu'on a pu les considérer à tort comme des résidus d'anciennes mers. Il est fort probable, comme l'a remarqué Suess [1], que les dépôts du Gobi ou du Han-haï (en chinois, mer desséchée) représentent, non pas une mer disparue, comme l'avait cru von Richthofen, comme on l'avait affirmé ailleurs pour les chotts africains, etc., mais une immense dépression d'eau douce, ayant eu des dimensions comparables à celles de notre Méditerranée, et dont le Koukou-nor et les lacs salés du Tibet seraient les restes. Des lacs d'une telle dimension, accompagnés d'évaporations salines aussi générales, sont de nature à nous faire comprendre la formation, pendant notre permo-trias, de dépôts salés occupant presque toute l'étendue de l'Allemagne.

Mais, si ces conditions topographiques avaient été réalisées dans une zone à grandes précipitations pluvieuses, suivant la remarque précédente, elles n'auraient pu subsister. Ailleurs, où il a certainement existé des bassins du même genre, le long de plissements du même âge (en Europe notamment, dans les lacs alpestres et la dépression lombarde), l'évaporation saline n'a pas eu lieu. Il a fallu aussi un climat désertique et c'est la combinaison seule de ces deux phénomènes qui a produit les effets observés en ce moment par nous.

Si nous revenons au premier ordre de phénomènes (bassins sans écoulement), on a fait remarquer souvent (et précisément dans ce cas

[1] *Loc. cit.*, III, 81.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de l'Asie qui nous occupe), le contraste que présentent, à cet égard, les massifs de très ancienne consolidation comme la Sibérie, avec les régions à plissements ou à dislocations tertiaires. En principe, dans les premiers, les eaux ont eu, depuis longtemps, la possibilité de se frayer, de se modeler des chemins à pente continue. Le réseau hydrographique est désormais bien développé, et les pentes des cours d'eau sont régulières. Comme cet état de choses est déjà ancien, remonte souvent au moins au carbonifère, on n'a eu là, pendant le secondaire et le tertiaire, que des bassins fluviaux ou lacustres à écoulement libre, dans lesquels il ne s'est plus déposé de sel, mais sur le bord desquels a pu vivre, favorisée par un climat humide, la végétation, dont les débris accumulés dans l'eau douce, ou, plus rarement, dans quelque baie littorale, ont constitué la houille. Les dépôts salins avaient eu lieu antérieurement (pendant le silurien, le dévonien); puis ils ont cessé de se produire. Ici les principales couches de houille sont donc postérieures aux dépôts salifères, consécutifs des plissements primaires. Sur ces anciens continents de l'Angara, du Gondwana, de la Chine, elles commencent à la fin du carbonifère, pour se continuer, pendant de très longues périodes, avec des caractères analogues, souvent jusque dans le tertiaire.

Ailleurs, les conditions semblent tout autres dans les régions violemment influencées par les plissements tertiaires, ou tronçonnées par des effondrements connexes. Ces mouvements récents, qui ont eu pour effet, dans le cas de l'Asie, de refouler au loin les mers suivant un sens Nord-Sud perpendiculaire au régime des vents, ont pu provoquer, en travers des vallées déjà existantes, ou sur le trajet normal des écoulements destinés à se produire, des barrages d'une telle hauteur qu'ils ont mis longtemps à sauter, donnant finalement naissance à des gorges profondes et allongées (cas de l'Himalaya), ou même que, sous un autre climat (Asie Centrale), ces barrages persistants ont amené une concentration récente ou actuelle des matières salines. Là, s'il avait existé de la houille dans les terrains primaires, houille en rapport avec une phase géologique tout à fait différente, cette houille est antérieure au sel. Les dépôts à charbons, dont la place, dans cette nouvelle série plissée, serait à rapprocher de celle des combustibles de l'Angara ou du Gondwana, appartiennent encore à l'avenir. Le cas des gorges transversales est celui de toute la zone himalayenne, où l'Indus, le Satledj, le Brahmapoutra en offrent des exemples si caractéristiques. Celui des bassins sans écoulement présente ses meilleurs spécimens dans l'intérieur de la Turquie d'Asie, la zone aralo-caspienne, le Turkestan chinois, le désert de Gobi, etc.

Si l'histoire géologique présente les récurrences qu'il est permis de supposer, dans un temps plus ou moins lointain, quelque déplacement tectonique ou eustatique des mers, peut-être aussi quelque phénomène périodique à causes plus lointaines, modifiera le régime des vents et le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cliviat de ces déserts. La végétation reprendra sur le bord de ces bassins, qui tendront à se combler, à moins qu'un effort orogénique ne les approfondisse au fur et à mesure de leur remplissage et il s'y constituera, en des points d'élection, les accumulations de végétaux dont résulte la houille.

Nous allons maintenant passer en revue l'histoire des formations salines asiatiques : d'abord les dépôts de sel primaires, puis les dépôts permo-triasiques, enfin les dépôts tertiaires ou actuels : chacune de ces séries salines étant, suivant une remarque précédente, consécutive d'une grande phase de plissements. Au premier abord, il semble que la série permo-triasique des dépôts salifères, provoquée par les mouvements hercyniens, série si importante en Europe, soit relativement rare en Asie ; nous en retrouverons cependant des exemples bien caractérisés quand nous aborderons les régions du Sud-Est : Indo-Chine, Cambodge, Yunnan, Sé-tchouan, etc., où ces plissements hercyniens ont joué un rôle principal.

Pratiquement, on peut encore ajouter que, en raison même de ce caractère franchement continental propre aux immenses territoires de l'Asie Centrale, leurs gisements salins offrent, pour les indigènes, qui ne sauraient faire venir du sel de la mer trop lointaine, un intérêt pratique considérable.

GISEMENTS SALINS PRIMAIRES

Sibérie[1]. — Les seuls dépôts gypso-salins d'âge primaire, bien connus en Asie, se trouvent, conformément à une observation précédente, concentrés sur la plate-forme primitive de la Sibérie.

A l'époque ordovicienne (3), nous avons vu que, sur le massif de la Sibérie, les terrains horizontaux renferment des couches gypsifères et salifères avec argiles rouges. On trouve, par exemple, celles-ci très développées, du 63e au 67e, entre l'Iénisséi et la Léna. Puis elles se continuent vers Iakoutsk et spécialement au Sud de Viliouisk, dans le grand coude de la Léna. Les dépôts gypseux forment des bandes Nord-Sud qui traversent la Léna. On les observe également sur la Toungouska moyenne.

Il en est de même en Sibérie pour le dévonien (7,8) dans la région de Minoussinsk à Krasnoiarsk. Des assises argileuses à teintes variées, avec gypse et sel, y représentent la fin du dévonien et peut-être même le dinantien. Les sels que ces affleurements livrent aux eaux contribuent à la salure de tous les petits lacs qui couvrent la steppe.

Existe-il de semblables sels primaires en Chine et dans l'Inde ? Il y a quelques années, on l'eût affirmé sans doute en rapportant à cette période, d'après des observations incomplètes, les plus anciens dépôts

[1] Coll. Ecole des Mines, 2908.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

salifères du Sé-tchouan et du Salt-range. Il semble bien aujourd'hui que l'un et l'autre cas soient à considérer comme beaucoup plus récents. Les coupes autrefois données des sondages salifères du *Sé-tchouan* sont évidemment fantaisistes et nous classons ces sels dans le permo-trias. Pour les sels du *Salt-range*, dont la détermination d'âge a souvent varié suivant les théories géologiques, il semble aujourd'hui qu'un âge tertiaire doive être admis uniformément. On aurait là, comme nous le dirons, une formation saline tertiaire, compliquée par des plissements et des charriages qui en ont amené une partie dans une situation anormale. Cette action mécanique explique l'anomalie, qui semblait si bizarre jadis, de deux gisements de sel presque contigus, sur les deux rives de l'Indus, réputés appartenir, l'un au silurien, l'autre au tertiaire.

SELS PERMO-TRIASIQUES ET LIASIQUES (CHANSI, YUNNAN, SÉ-TCHOUAN, INDO-CHINE, etc.)

La fin des mouvements hercyniens a provoqué en Europe le développement d'une longue zone de lagunes à évaporations désertiques qui, pendant les diverses phases du permien, du trias ou de l'infralias, ont déposé, de tous côtés, des gypses ou des sels. Au début du trias, une telle lagune avec dépôts de gypse et de sel, couvre l'Est de la Russie. Puis, on perd la trace de phénomènes semblables sur la traversée de l'Asie et il faut arriver, dans les provinces sud-occidentales de la Chine ou en Indo-Chine, pour en retrouver l'équivalent, avec un remarquable développement. Nous allons décrire ici, dans un ordre géographique, les principaux gisements à classer dans cette période.

Salines du Chansi[1]. — L'âge des très importantes salines du Chansi, autour de Lou-tsoun, est fort mal déterminé : ces salines étant exploitées à la surface, dans des conditions où toutes les remises en mouvement secondaires ont pu intervenir, et sans aucun sondage profond. Il est possible qu'il y ait là un phénomène récent en rapport avec le lœss. Cependant, si on se reporte à ce que nous avons dit de toute cette région, on doit se rappeler que, sur la série carbonifère à combustibles, on rencontre souvent des grès rouges et schistes bariolés, probablement liasiques, au-dessus desquels vient directement le lœss, sans aucune interposition d'autres sédiments secondaires ou tertiaires. Aux calcaires marins formant la base des couches à combustibles ont succédé des dépôts lacustres à végétaux, puis, suivant un cycle ordinaire, des dépôts désertiques et lagunaires et enfin une longue période d'émersion continentale. Il semble bien vraisemblable que ces terrains du lias doivent être l'origine du sel superficiel.

[1] *China*, t. II, p. 448 ; cf. Richthofen. *Letter on the provinces of Shansi*, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans tout ce pays, il doit y avoir, comme dans le Cheshire anglais, des couches de sel profondes, qui donnent lieu au même phénomène des wiches, ou sources salines. Il s'est, en outre, produit des concentrations, probablement secondaires, dans la terre jaune elle-même.

Les salines principales du Chansi sont (pl. V) dans le coude du fleuve Jaune, notamment auprès de Lou-tsoun, les grands marais salants de Yen-tchi, avec d'autres plus petits à Ping-yang-fou, Tai-yuen-fou, etc., plus au Nord ; elles alimentent toutes les régions voisines de la Chine et comptent parmi les gisements de sel exploités le plus longuement et le plus régulièrement dans le monde. Il y a plus de 4.000 ans, dit-on, à l'époque de Yao, on en retirait déjà le sel en abondance. L'exploitation est toujours sommaire et ne donne que du sel très médiocre.

Le travail consiste à creuser, dans le marais, des entonnoirs au milieu de l'argile gypseuse. L'eau salée s'y accumule et est remontée jusqu'à des aires planes où on la laisse s'évaporer. L'ensemble de la dépression du Lou-tsoun appartient à l'Empereur, et Richthofen évalue à 154.000 t. l'extraction annuelle. Yuen-tching, ou la « Cité des Sources », est le centre principal de l'expédition du sel.

Dans la plaine même du Hoang-ho, les berges en terre jaune sont imprégnées de sel. Les habitants lavent cette terre et font évaporer l'eau pour s'approvisionner.

Sel du Sé-tchouan[1]. — Le grand bassin rouge du Sé-tchouan, contient de très nombreux gisements salifères, en rapport avec les formations rouges infra-jurassiques qui recouvrent ici en discordance les terrains carbonifères plissés.

L'un des plus anciennement réputés est celui de *Tsé-liou-tsin* ou *Tsouliou-tcheng* (Puits de l'eau coulante) à 110 km. au Nord de Souifou sur le Yang-tsé-kiang et environ 100 km. au N.W. de Lou-tchéou sur le même fleuve, où ses produits descendent facilement par un affluent, le Fou-song. Là, d'anciennes descriptions[2] nous montrent, sur plus de 10 km. de large, le sol perforé de trous percés à des centaines de mètres de profondeur, avec des sondages à la corde ayant atteint 1.000 m. Richthofen, vers 1880, parlait de 1.200 puits donnant par an 80.000 à 120.000 t. de sel.

Nous emprunterons une description plus précise et plus récente aux rapports de la mission lyonnaise.

[1] Voir pl. VIII, et plus haut, p. 356. Les salines du Sé-tchouan ont donné lieu autrefois à une description de M. Coldre (*Ann. d. Mines*, 8e sér., XIX, résumé dans Fuchs et De Launay, *Gites métall.*, 1.473), qui doit être considérée comme tout à fait inexacte pour la géologie. D'après ce travail, les sondages auraient traversé toute la série sédimentaire pour atteindre le cambrien.

[2] Imbert, *Annales de la Propagation de la foi*, 1828, 1830. — Mission Lyonnaise, p. 304, 396, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

D'après celle-ci, le Sé-tchouan possède trois grands districts salins qui alimentent les provinces avoisinantes : *Tsé-liou-tsin*, dont nous venons de parler ; *Kia-ting* à 100 km. Ouest du précédent ; enfin la région Nord entre la rivière qui passe à *Mien-tchéou* et celle de *Tsoning*. Ces salines sont exploitées sous le contrôle du gouvernement provincial. A *Tsé-liou-tsin* et *Kong-tsin*, on exploite, par sondages et dissolution, une superficie de 160 km². Généralement, on rencontre le sel vers 450 à 720 m. Quand on a atteint la nappe d'eau salée, celle-ci jaillit rarement. Le plus souvent, il faut pomper avec un tube de bambou à soupape.

Les puits fournissent, soit de l'eau noire (saturée) donnant 1/5 de sel, soit de l'eau jaune, donnant 1/8 de sel. Il y a un millier de puits.

Par exemple, un puits de 720 m. de profondeur, employant 100 buffles, donnera par jour 6 t. de sel.

La dissolution salée est évaporée pour donner du sel de diverses qualités : sel cristallisé, sel en grain, sel en pains.

Ces salines ont environ 6.000 fours, chauffés au gaz. Elles peuvent fournir au total 70.000 t.

En même temps que le sel, on trouve souvent du pétrole, ou un peu de gaz combustible. Le pétrole forme une sorte de nappe au-dessus de l'eau salée dont on le sépare par une décantation sommaire. Les gaz combustibles sont souvent plus bas vers 7 à 800 m. de profondeur. Le puits le plus profond qui en ait fourni (en 1896) avait 1.000 m. On utilise ces gaz pour le chauffage des chaudières.

La région où on les rencontre est surtout localisée dans un périmètre de 4 à 5 km.

Sel du Yunnan[1]. — Une autre grande région salifère de la Chine Sud-occidentale, moins importante que celle du Sé-Tchouan, est, à l'Ouest du Yunnan, la zone mésozoïque comprise entre les zones primaires de Yunnan-sen, Toung-tchouan et de Ta-li à Li-kiang, dans ce que M. Leclère a appelé le synclinal de Ma-chang.

En partant du Nord dans l'ange N.W. du Yunnan, près du fleuve Bleu, la région d'*Youn-pé* contient, sous des calcaires probablement liasiques, des argiles triasiques, sur lesquelles sourdent, à I-tcha, des eaux minérales alcalines, utilisées par évaporation pour la fabrication du carbonate de soude.

Plus à l'Ouest, la région comprise entre Li-kiang et Ta-li, ou, plus exactement *Kien-tchouan*, contient également un niveau salifère et gypsifère intercalé dans le trias. La coupe présente ici, au-dessus des gneiss granitoïdes, micaschistes, etc., avec cipolins et amphibolites, du calcaire à productus permien supérieur, sur lequel repose à son tour

[1] Voir pl. VIII, et, plus haut, p. 358.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

une transgression triasique. La production du sel peut monter à un millier de tonnes. Le gypse de Siao-heou-tsin est utilisé comme produit alimentaire dans la fabrication d'un fromage.

Toute la zone triasique, située à l'Ouest d'Yunnan-sen, est également salifère. On exploite déjà du sel près du fleuve Bleu. Au Sud, la région d'*He-tsin* (99°50′; 25°30′) et *Lang-tsin* y présente un horizon important de cargneules salifères, inclinées à environ 10° vers l'Ouest sous 300 m. de couches bariolées. Les exploitations principales se font à He-tsin, à l'Ouest de Yunnan-sen, par puits verticaux descendant jusqu'à 100 m. On en retire l'eau salée au moyen d'un treuil et on l'évapore. Cette industrie occupe 700 familles. A Lang-tsin on a des pompes sur des descenderies inclinées à environ 35°. D'autres salines se trouvent encore dans le même étage plus près de Yunnan-sen, à *Héou-tsin*. On est là à 1.500 m. d'altitude: l'horizon des sables salifères ayant une pente générale très sensible vers l'Ouest. On exploite simplement par galeries.

La production totale des salines du Yunnan est aujourd'hui de 35.000 t., dont le prix de revient, comprenant le bénéfice des fabricants, est, en moyenne, de 11 fr. la tonne et que la régie vend 105 fr. la tonne dans les pays salifères. Les frais de transport, qui grèvent ensuite cette substance, sont tels que le sel constitue, dans beaucoup de pays chinois, un aliment de luxe. C'est, on le sait, le principal instrument d'échange entre les pays indigènes et les commerçants. On peut estimer à 12 millions d'habitants la population tributaire de ces salines. La consommation ne pourra manquer de s'accroître avec l'établissement des voies de communication et se joindra à la création d'industries chimiques pour fournir un débouché aux salines.

Sel du Cambodge et du Laos. — Un horizon géologique, à peu près du même âge que celui dans lequel nous venons de trouver les gîtes salifères chinois, couvre également de grandes zones de l'Indo-Chine, sous la forme de strates horizontales grèseuses bariolées, discordantes sur leur soubrassement plissé.

Au Cambodge et au Laos, les grès triasiques fournissent, en divers points, des sources ou des efflorescences salées utilisées par les indigènes. Les gisements du Laos sont situés au voisinage du fleuve Mékhong. Du Mékhong vers Korat au Siam, puis à l'Ouest du Cambodge, les mêmes conditions se présentent de tous côtés. Les indigènes se contentent de forer de petits puits, ou même de recueillir les efflorescences naturelles. Il est possible que, par des sondages, on trouve un jour en profondeur des dépôts d'une extension plus intéressante.

UNIVERSITE DE PARIS. GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

GISEMENTS SALINS TERTIAIRES (SEL GEMME, BORATES, ETC.)

Les gisements de sel tertiaires occupent, en Asie, des zones d'une étendue considérable. Il y aurait intérêt à les classer d'après leur âge précis si nos connaissances géologiques étaient partout plus avancées. Dans l'état actuel des études, nous devons nous contenter d'envisager successivement quelques grandes régions géographiques : la Turquie d'Asie, le Turkestan, l'Inde, etc., qui présentent ce caractère commun de suivre les derniers grands plissements tertiaires. Outre les lacunes ordinaires des explorations, on doit remarquer, en effet, que, par leur nature même, les gîtes salifères sont spécialement rebelles aux investigations stratigraphiques et paléontologiques. Les apparences les plus déconcertantes y sont produites par la remise en mouvement des eaux salées et par les recristallisations en masses homogènes de zones disloquées ; et, de plus, les fossiles y font presque toujours défaut. Néanmoins, beaucoup des gisements salins, dont nous allons parler, semblent les représentants d'une même période helvétienne ou tortonienne (miocène, 50, 51), très souvent caractérisée en Europe comme en Asie par ses produits d'évaporation et à laquelle on a donné le nom de *schlier*.

Dépôts salifères de l'Asie Mineure[1]. — L'Asie Mineure et l'Arménie contiennent, comme la plupart des pays dont il va être question ici, des dépôts salifères de deux origines bien différentes : les uns intercalés au milieu des étages géologiques dans les conditions ordinaires aux couches et amas de sel gemme, les autres liés à une période d'évaporation récente et à des phénomènes désertiques. Pour le moment, nous ne nous occuperons que des premiers.

Les gisements de sel tertiaires, très nombreux en Asie Mineure, ont été généralement rattachés par Tchihatcheff au miocène. Comme nous venons de l'annoncer, il est probable qu'ils font partie de cette longue traînée du schlier (helvétien), qui se poursuit, le long des chaînes de plissements tertiaires, depuis l'Europe jusqu'en Perse et que nous étudierons tout à l'heure à propos de la zone aralo-caspienne. Nous pouvons notamment les observer dans tout le bassin du fleuve Halys (Kysil Irmark). Ce fleuve, dont le nom même veut dire sel (en grec ἅλς), était connu dès l'antiquité pour cette richesse salifère qui, aujourd'hui, se traduit déjà, dans la seule nomenclature cartographique, par de nombreuses touzla[2] (ou salines).

[1] Voir la figure 61 et la carte d'Arménie, pl. IX. — 1857. Abich. *Das Steinsalz und seine Stellung im russischen Armenien* (Mem. Acad. Saint-Pétersbourg, t. VII). — Tchihatcheff, *loc. cit.*, II, 270 ; III, 520.

[2] En turc, sel se dit touz ; touzlou veut dire salé : touzla, saline.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A l'Est de l'Halys, des carrières de sel célèbres sont depuis longtemps exploitées à *Dekilo*, à *Tépésidelik*, etc. On exploite le sel de Tchayan un peu au Nord de Soungourlou.

A l'Ouest du fleuve et au Nord-Est d'Angora, les gîtes de Gangra (*Tchangry*), ou Alès gangriné, ont acquis leur réputation au moyen âge, et la mine de Maghara à Balybagh y est encore la principale. Enfin, au Sud de l'Halys (50 km. Nord-Est de Kaisarié), les mines de Pallas et de Touz-koï sont importantes. A *Touz-koï*, on décrit des falaises de sel avec des bancs de sel atteignant 12 à 15 m. La production annuelle formait autrefois la charge de 300 à 400 chameaux. Elle représente encore une valeur de près de 200.000 fr. Plus à l'Est, entre Erzeroum et Erzinguian, Tchihatcheff cite encore, dans la vallée de Mouchlou-sou, des calcaires salifères traversés par des dolérites, qu'il rattache également au miocène.

Dans une région différente, sur la côte de Pergame, il existe des rochers de sel, que l'on a depuis longtemps appelés les roches blanches (Leuké) et qui frappent aussitôt les yeux quand on entre en bateau dans le golfe de Smyrne [1].

Pandermites de Sultan-Tchair [2]. — Les borates d'Asie Mineure constituent un cas particulièrement intéressant de ces évaporations tertiaires dont nous retrouverons tout à l'heure, avec un produit analogue, un exemple tout différent au Nord de l'Inde. Au Sud de Panderma, le bassin de Sultan-Tchair peut avoir 6 à 8 km. de long et autant de large. On le décrit comme encaissé entre les collines de gabbro, granite et schistes anciens. D'après des échantillons provenant de l'ancienne mine Azizié, qui m'ont été autrefois communiqués par M. Coulbeaux, il faut y ajouter des andésites amphiboliques à hornblende et mica noir, avec tufs des mêmes roches [1].

Dans ce bassin se sont accumulés des dépôts sédimentaires, dont la partie supérieure au moins appartient au tertiaire et contient les gisements de borates. Le toit est formé, sur 80 m. d'épaisseur, d'abord par des grès et schistes, puis, en descendant, par une masse gypseuse avec argiles pouvant atteindre 30 à 50 m. d'épaisseur, enfin, encore plus bas, par des bancs calcaires et par un conglomérat. La pandermite est très intimement associée avec le gypse dans un banc d'épaisseur irrégulière, où la teneur peut atteindre 10 à 20 p. 100. On trouve, en même temps,

[1] *Peterm. Mitteil, Erg. Heft.*, 114, p. 36.

[2] 1877. G.-V. Rath. *Ueber Pandermit* (Ges. f. Naturk. zu Bonn). — 1878. Coquand. *Note géologique sur les environs de Panderma* (B. S. G. P.). — 1894. D'Achiardi. *Roccie eruttive del bacino boratifero di Sultan Tchair* (Proc. verb. d. Soc. toscane Sc. naturali, 16 p.). — 1894. D'Achiardi. *Sul bacino boratifero di Sultan Tchair*. ibid., 15 p. — 1890. Fuchs et De Launay. *Gîtes minéraux*, I, 256, et bibl. — 1901. Weiss. *Lagerstätten im westlichen Anatolien* (Z. f. p. 6, 256). — Suess, *loc. cit.*, III, 428. — Coll. Ecole des mines, n° 1038, mine Azizié.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des anhydrites compactes ayant l'aspect extérieur du marbre et un silicate blanc de chaux et de magnésie. Le borate exploité ainsi n'est pas un borate de soude comme dans la plupart des autres gisements boratés, mais un borate de chaux hydraté, auquel on a donné le nom de pandermite, d'après le port de Panderma sur la mer de Marmara, où se fait son exportation. Sa densité atteint 2,5, et il se distingue par là, comme par sa capacité et par sa composition chimique, des borates légers du Chili.

Le couche renfermant la pandermite a, dans l'ensemble, une pente de 5 à 15° vers le Sud, mais avec des ondulations et une allure lenticulaire, dont la figure 22 donne une idée. La puissance, qui atteint

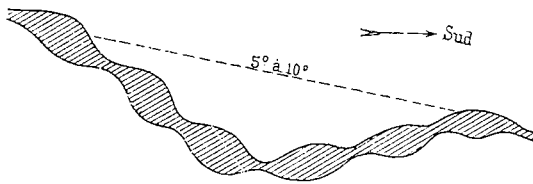


Fig. 22. — Coupe schématique des gisements de pandermite de Sultan Tchair d'après M. Weiss.

parfois 5 m. d'épaisseur, peut tomber rapidement presque à zéro. D'après les exploitants, les parties les plus épaisses seraient, en même temps, celles dont la teneur en pandermite est la plus forte.

Si l'on cherche l'origine de ce borate, il faut évidemment, ici comme à Stassfurt, au Chili ou en Californie, penser à une évaporation qui a combiné l'acide borique avec des bases diverses suivant la nature des roches voisines susceptibles de produire ces bases [1]. On sait qu'à Stassfurt on trouve, dans la partie haute du gisement salin, des boules de stassfurtite (sel double de borate de soude et de chlorure de magnésium) ayant fréquemment 0,25 de diamètre et pesant 10 à 12 kg. En Californie, on a, tantôt de l'ulexite (borate sodique et calcique), tantôt de la pricéite (borate de chaux), avec du chlorure de sodium, du sulfate et du carbonate de soude. Dans tous ces cas, le rôle de la concentration lagunaire n'est pas contestable. Mais il n'en faut pas moins faire comprendre la présence antérieure d'une quantité anormale de bore. Et c'est une explication insuffisante d'invoquer uniquement la présence constante de faibles traces d'acide borique dans l'eau de mer, alors que l'évaporation de l'eau de mer en une foule d'autres régions n'a donné, même à un semblable degré de concentration, aucun borate. Il faut alors se souvenir que l'acide borique est un des produits très caractéristiques de cer-

[1] J'ai eu récemment l'occasion d'aborder la question de l'acide borique à l'occasion des soffioni de Toscane dans la *Nature* du 26 août 1905 et dans la *Métallogénie de l'Italie*, p. 134; cf. la *Nature*, 18 juin 1910, informations.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

taines fumerolles volcaniques, qui, dans l'histoire géologique, ont déterminé la production de nombreuses granulites et pegmatites à tourmaline, formant une auréole à certains granites et spécialement à des granites récents, c'est-à-dire montés par intrusion dans des couches particulièrement hautes de l'écorce. On trouve le phénomène, aussi bien pour les granulites classiques de l'île d'Elbe que pour beaucoup de celles des Pyrénées, et j'ai pu observer ailleurs combien la tourmaline joue un rôle constant dans certaines parties de massifs granulitiques comme celui de Meymac, dans la Corrèze. Il semble donc vraisemblable que l'abondance toute spéciale de l'acide borique en certains points du globe, où généralement les bassins d'évaporation sont encaissés dans des roches éruptives récentes, correspond à une abondance antérieure de fumerolles boratées amenées par ces roches ; ce qui n'empêche pas, bien entendu, de faire intervenir ensuite l'évaporation.

Une autre région asiatique riche en borates, où l'on peut prendre sur le vif le processus actuel de l'évaporation est celle du *lac d'Ourmiah*, en Perse [1], sur laquelle nous allons revenir : région où il existe, d'après Abich, une eau minérale contenant 1/2 p. 100 de borate de soude au contact d'un pointement d'euphotide et serpentine, c'est-à-dire dans des conditions qui rappellent les gisements salins associés aux ophites des Pyrénées par un phénomène d'ailleurs tout à fait adventif. Nous aurons également à signaler plus loin les borates de l'Inde et du Tibet.

Sel tertiaire de Perse [2]. — Dans le Nord-Est de la Perse, une importante zone salifère traverse l'Azerbeidjan. On la trouve ensuite, entre Kaswin et Hamadan, à l'Ouest de Téhéran, entre deux zones d'aquitanien (48). Au Sud-Est de Téhéran, c'est elle qui forme la montagne du Sel (*Kouh-i-Nemek*) et la montagne du gypse (*Kouh-i-Getch*), recouverte ici par de l'helvétien supérieur (50). Dans l'Est du pays, elle constitue enfin, sur le versant Sud de l'Elbourz, près des mines de turquoises de Nichapour et de Cherifabad, une mine de sel, à 9 km. à l'Est de Maiden, près du petit village de *Karakhauch*. La couche a là, par endroits, jusqu'à 130 m. et rappelle donc les conditions de gisement de la Galicie, de la Transylvanie, de la Roumanie, du Donetz. Le sel, en moyenne gris et noir, est, par endroits, très blanc. On en extrait, dit-on,

[1] 1902. Vernadsky et Popoff. *Ueber den Boraxgehalt von Eruptions Producten aus dem Salsengebiet von Kertsch und Taman* (Z. f. p. G. p. 79 à 81).

[2] Voir la pl. IX. — 1851. Nicaise. *Sur les masses de sel de l'île d'Ormuz* (golfe Persique), B. S. G. F., 2e t. 8, p. 275. — 1857. Abich. *Das Steinsalz und seine geologische Stellung in Russischen Armenien* (Mem. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg, 6e sér., t. VII, p. 61-150, 10 pl.). — 1883. Ann. d. Mines, 8e, p. 568. — *Gites métallifères*, 1.516. — 1898 (Z. f. p. G., p. 432 ; cf. 1893, p. 435). — Suess (I, 407 et bibliographie). — Floyer. *Unexplored Baluchistan*. — E. Reclus, *loc. cit.*, IX, 281. — 1908. Olmer. *Rapport sur une mission scientifique en Perse* (Nouv. Arch. des Mis. Scient., 110 p. in-8°.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

750 t. par an. La même formation paraît se continuer dans l'Afghanistan, vers Hérat.

Plus au Sud, une longue zone désertique, dirigée en moyenne N.W.-S.E. comme les plis de l'Iran, occupe la plus grande partie de la Perse orientale, dans le Khorassan, le Kouhistan et le Kirman. Les efflorescences salines de tous genres y sont nombreuses et parfois utilisées. Les terrains gypso-salifères du miocène contribuent évidemment d'une façon continue à leurs formations.

A l'Est de la route de Téhéran à Ispahan, ce désert à efflorescences salines arrive aux portes de Koum et de Kachan. On recueille la terre et on la lessive grossièrement pour en extraire du sulfate de soude. La même région, à l'Est de Téhéran et de Yezd, renferme de nombreuses argiles gypsifères.

A l'Ouest et au Sud-Ouest, on retrouve encore une troisième zone analogue, décrite par Loftus sous le nom de série gypsifère, qui part du Kurdistan, passe à l'Ouest de Chiraz et arrive au détroit d'Ormuz, au débouché du golfe persique.

Le *lac Niris* à l'Est de Chiraz, dans la Perse méridionale, au Sud-Est de l'ancienne Persépolis, présente une salure assez forte pour qu'on y voie parfois flotter, à la fin de l'été, des blocs de sel comme les glaçons des mers polaires. C'est une simple nappe d'inondation sans profondeur, mais qui atteint 100 km. de long.

Enfin, sur le golfe persique, près de *Bender-Abbas*, les mines de sel, au voisinage desquelles se trouvent des gîtes pétrolifères, ont quelque importance. Le sel y est intercalé dans des terrains tertiaires rouges variant du grès à la marne. Les principaux centres sont l'île de Kichm, Ormuz, Larek, Pohal, Jabel, Bostana et Hameran. Le sel se présente en boules rouges ou blanches. Les qualités inférieures rouges sont employées sur place pour saler des poissons; les qualités plus fines sont portées sur la côte d'Arabie à Mascate, d'où on les exporte à Maurice, Zanzibar, Batavia et au Bengale. Ces gisements, comme les précédents, sont exploités par grandes chambres souterraines.

Ainsi qu'il arrive si souvent pour les couches salifères, on a discuté sur l'âge de ces terrains et l'on a quelquefois proposé d'y voir plusieurs niveaux différents. Pour Suess, ce sont des représentants du Schlier (helvétien), qui mettent en évidence l'asséchement caractéristique de cette période, sur lequel nous aurons à insister.

Sel du Turkestan russe[1]. — Nous mentionnerons à cette place, bien qu'ils aient été supposés plus anciens par quelques géologues, les gisements salins du Turkestan russe, qui occupent une position excentrique et plus septentrionale par rapport aux zones salifères dont nous nous occupons en ce moment.

[1] Voir fig. 59 et 60.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On a parfois rapporté à l'époque crétacée ces argiles salifères de Boukharie (Turkestan russe), dont l'âge doit être plutôt tertiaire[1]. On peut rappeler, à ce propos, l'observation faite en commençant sur la difficulté fréquente de déterminer exactement l'âge d'une argile salifère, dans les terrains plissés comme ceux dont il s'agit dans le Turkestan. Les explorateurs ont été amenés ainsi à signaler bien des niveaux salifères distincts qui peuvent être, en réalité, contemporains.

Nous retrouvons peut-être l'équivalent du schlier salifère persan dans la Boukharie, où les argiles salifères, dont nous parlons en ce moment, forment une bande Nord-Est, visible depuis Patta-hissar, point terminus de la navigation sur l'Amou-Daria, jusqu'à Saral, sur le même fleuve, avec réapparition sur le flanc Nord de l'Alaï. Ces gisements de sel contribuent à la formation de lacs saumâtres ou salins, dont quelques-uns sont exploités : *Borobad-soun*, district de Vernoé, *Ebi-nor*, région de Kouldja (à l'Est de l'Issyk-koul) et *Biliou-koul*, district d'Aoulié-ata.

Certains gisements de sel gemme dans le Turkestan ont un grand développement. A l'Est de Khodjent, dans les monts Ak-tchékou, Mouchketow signale plusieurs amas ayant en moyenne 15 m. suivant l'inclinaison, 10 m. suivant la direction et jusqu'à 3 m. d'épaisseur. Dans l'Alaï, vallée de Touz-arass, à 2.600 m. d'altitude, un amas de sel (peut-être plus ancien que les autres), associé avec de l'argile rouge et du gypse, a 40 m. sur 100 et renferme, dans ses parties supérieures, beaucoup de sels magnésiens. Enfin, beaucoup plus à l'Est, dans le territoire de Sémiretchié, à l'Est du lac Issyk-koul, de très grands amas de 40 m. sur 30 m. et 10 de puissance sont dans une argile verte, qui repose sur du gypse et est recouverte par des argiles multicolores. Ce gisement, probablement tertiaire comme les précédents, est exploité par les kirghises. Il peut marquer le prolongement de la zone du schlier vers le Tien-chan.

En rapport avec la formation salifère, on connaît, dans le Turkestan russe, de nombreuses formations gypseuses, dont quelques-unes ont donné lieu, par réduction, à du soufre natif. Des masses de gypse, particulièrement importantes, atteignant 200 m. de puissance, se trouvent, aux environs du village Sangar, district de Khodjent, à 1.000 m. d'altitude.

Sel de l'Inde. Salt-range[2]. — Dans la production saline de l'Inde, nous avons vu qu'il entre environ 100.000 t. de sel gemme extrait dans

[1] M. Levat a attribué au crétacé les argiles gypsifères et salifères qui semblent plutôt, d'après les coupes, postérieures à l'étage de Ferghana lutétien.

[2] Voir pl. VII. — 1868. Medlicott H.-B. *Notes on the Salt of the Salt Range* (Rec. Gov. Ind., LXIV, 146-155). — 1870-1872. Warth H. *Report on the Salt mines of the Punjab Salt Range west of Pind Dadun Khan* (Inland Customs report, 1870-1871, p. 184-213,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cette région Nord-Ouest du Punjab entre l'Indus et le Chenab, que l'on appelle le Salt-range et dans les régions avoisinantes. Cette zone a été très étudiée par les géologues indous et, comme il arrive souvent dans les régions salifères où l'absence de fossiles et la complication des mouvements subis rendent la statigraphie difficile, elle a donné lieu successivement à des interprétations diverses. Il y a quelques années, on classait dans le cambro-silurien certains dépôts situés à l'Est de l'Indus dans le Salt-range proprement dit et qui se trouvaient ainsi constituer les plus anciens gisements salifères du monde, tandis qu'on rattachait au tertiaire la zone la plus importante, développée entre Bannu et Kohat, à la frontière Afghane, à l'Ouest du fleuve. Ces gisements salifères anormaux se trouvent, en effet, à la base de silurien authentique et, par suite, l'on avait établi autrefois, dans le paléozoïque du Salt-range, 5 divisions de bas en haut : marnes à sel (Salt-Marls), grès pourpres, couches à Neubolus, grès magnésiens, zones à pseudomorphoses de sel. Le Salt-Marl, qui semble ainsi former la base du paléozoïque, a été regardé d'abord comme une couche sédimentaire en place. Plus tard, Middlemiss a voulu en faire une intrusion analogue à celles des roches ignées. Puis Holland l'a interprété comme un produit de métamorphisme exercé par des vapeurs ou des solutions acides souterraines, sur des calcaires magnésiens préexistants. Ces diverses théories, que l'on retrouve pour une foule d'autres gisements gypseux ou salins et qui correspondent sans doute à l'obscurité ordinaire de leur stratigraphie, sont, d'après les dernières observations de Noetling, à remplacer par une théorie beaucoup plus simple, où les phénomènes obscurs et les problèmes que présentent ces masses salifères sont interprétés par l'effet d'un charriage du Nord au Sud, ayant amené, au-dessus de couches tertiaires à sel, des couches cambriennes en position anormale.

L'ensemble des gisements se trouve alors rentrer, d'une façon plus logique et plus compréhensible, dans cette grande série salifère miocène que nous avons déjà suivie à travers la Perse.

Un des principaux gisements est, à l'Ouest de l'Indus, celui de *Bhadur Khel* où, sur une longueur de 6 km. de long et 500 à 700 m. de large, s'alignent des carrières. Une étroite vallée recoupe le gisement

— 1873-1874. Tschermak G. *Kalisalz aus Ostindien* (Min. Mitth., 1873, p. 135; Rec. Geol. Surv. Ind., VII, 64, 1874). — 1874. *Potash-salt from East-India* (Rec. India, VII). — 1875. Wynne A.-B. *The Trans-Indus Salt région in the Kohat district* (Mem. Geol. Surv. Ind., XI, pt. ii, 105-298). — 1878. Wynne H.-B. *Geology of the Salt-Range in the Punjab* (Mem. India, XIV). — 1881. Ball. *Economic geology of India*, p. 482. — 1891. *The salts of the Sambhar Lake in Rajputana* (Rec. Ind., XXIV. — 1892. Fuchs et De Launay. *Gites métallifères*, I, 499. — 1896. Noetling (Fr.). *Beiträge zur Kenntniss der glacialen Schichten permischen Alters in der Salt-Range*, Punjab (N. J. f. Min., II). — 1900. *Salpêtre indou* (Z. f. p. G., p. 391). — 1901. Noetling. *Zur Geol. der Saltrange* (N. J. Min. Beil., t. XIV, p. 369-471). — 1902-1903. Noetling (Rep. Geol. Surv. Index, p. 25 et 26) ; cf. Geol. Central-Blatt f. Miner, 1903.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et l'on a des falaises de sel atteignant 30 m. de long. Ls sel constitue là de grandes masses solides et homogènes de couleur blanche ou grise, avec un peu de fine argile bleue ou grise disséminée et des veines gypseuses. Dans le Salt-range, d'après les descriptions de Warth et Wynne, les exploitations, remontant à une époque très reculée, se faisaient, il y a quelques années, à Kewra (Mayo), à Baggi, Sujewal, Sardi, etc., par grandes chambres souterraines, présentant parfois l'aspect le plus pittoresque.

A *Kalabagh*, on exploite à ciel ouvert une série de couches salifères relativement minces ayant 2 à 3 m., au maximum 6. D'une façon générale, le sel est plus impur, plus rouge, en bancs plus minces, plus irréguliers, plus mêlés de gypse que sur la rive Ouest.

FORMATIONS SALINES ACTUELLES DES ZONES DÉSERTIQUES

Nous avons déjà fait remarquer combien l'Asie nous offre des conditions favorables pour étudier, dans sa récurrence actuelle, le phènomène, si souvent renouvelé aux époques géologiques, des grandes évaporations salines. En principe, tout bassin sans écoulement peut donner lieu à des dépôts salins si l'évaporation y est supérieure aux apports et il n'est aucunement nécessaire pour cela de supposer, ni la survivance d'une ancienne mer, ni l'intervention d'un lessivage exercé sur des dépôts salins des époques géologiques. Une eau, qualifiée de douce, contient toujours assez d'éléments dissous pour donner du sel en s'évaporant. Au besoin, la moindre roche cristalline rencontrée lui en fournirait et la salure des océans, que nous avons appelés ailleurs « l'égout universel », n'a probablement pas d'autre origine que cet apport incessant d'eaux légèrement minéralisées amenées, depuis la première consolidation terrestre, par un constant ruissellement. C'est même pourquoi cette salure doit s'accroître progressivement, malgré les « retraits » opérés en diverses occasions sous forme de lagunes évaporées. Il est cependant évident que, là où ces conditions spéciales d'une salure antérieure se présentent dans les terrains, elles doivent accélérer les précipitations salines, et certaines zones désertiques du globe, qui se sont trouvées déjà caractérisées à l'époque tertiaire par des dépôts salins, se montrent par là tout particulièrement bien disposées pour un renouvellement actuel de concentrations semblables. C'est ce que nous allons voir en étudiant, l'une après l'autre : 1° la Sibérie; 2° la dépression Aralo-Caspienne; 3° l'Asie Mineure, la Lycaonie et la Cappadoce; 4° l'Arménie, la Perse, etc.; 5° les déserts du Tibet et de la Chine, du Turkestan chinois, du Tarim et du Gobi.

1° **Formations salines actuelles de Sibérie**. — La Sibérie, dont nous avons déjà signalé les gisements de sel primaires, offre, surtout dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sa partie occidentale, des produits d'évaporation récents, qui forment le prélude des conditions que nous retrouverons, plus au Sud, dans la dépression aralo-caspienne. Nous nous sommes déjà trouvé, d'ailleurs, en dire quelques mots[1].

Comme point de repère historique, nous avons vu que l'alluvionnement aurifère de ce pays est surtout très récent, post-pliocène, bien qu'exceptionnellement on y ait trouvé des couches aurifères sous des basaltes comme en Californie. La période humide, avec probablement débâcles glaciaires, qui leur correspond, doit être très proche de nous. Un climat de froid sec lui a succédé sur de vastes régions et a déterminé une évaporation qui, naturellement, a donné plus vite des produits salins quand le bassin hydrographique asséché comprenait déjà des gisements de sel géologiques comme dans le district de Minoussinsk, mais qui, même sans cette circonstance, a fini par produire des eaux de plus en plus saumâtres et arrivant à la saturation.

Dans toute la Sibérie occidentale, on voit, au Sud du Transsibérien, se développer une zone à lacs salés, qui avait déjà commencé un peu au Nord, mais qui se continue en s'accentuant vers le Sud. Là une steppe extraordinairement plate, où les seuls affleurements géologiques se trouvent dans les terres remuées par les animaux fouisseurs, contient des lacs à salure croissante du Nord au Sud, à mesure que l'on se rapproche de la zone à vents secs persistants, qui occupe la dépression aralo-caspienne.

La Sibérie est presque totalement alimentée en sel par ce district de Semipalatinsk et par la région des steppes du Turkestan : les salines de la région d'Irkoustk n'ayant qu'une faible production. Les lacs de la steppe kirghise et de la steppe de Baraba, qui sont au nombre de près de 700, s'évaporent, en effet, pour la plupart, pendant l'été et donnent des croûtes de chlorure de sodium, parfois avec sels de Glauber, etc. Tous les deux ou trois ans, on peut recommencer une récolte, qui se fait par les moyens les plus rudimentaires en grattant le fond des lacs, lavant sommairement et transportant par charrettes ou par chameaux. L'extraction annuelle est évaluée à environ 80.000 t. Les trois lacs les plus importants affermés par l'Etat sont ceux de Koriakovskoié (17.000 t., 1200 ouvriers), de Karabachskoié, non loin de Sémipalatinsk (4.000 t.) et de Karaçouskoié, près de Pavlodar (1.600 t.). Mais il existe, en outre, un grand nombre d'exploitations libres.

Plus à l'Ouest, la vaste région des lacs de l'Asie occidentale pénètre jusqu'à l'Oural[2]. Une zone, formée par des lacs de steppe souvent sans écou-

[1] Page 250. — Bibl. 1906. Buschmann. J. Ottokar. *Das Salz, dessen Vorkommen und Verwertung in sämtlichen Staaten der Erde. II Band. Asien, Afrika, Amerika und Australien mit Ozeanien* (Leipzig-Engelmann). — 1908. Brecht-Bergen R. *Das Salz und Bitterseengebie wischen Irtysch und Ob.* (Globus, XCIII. n° 9, p. 133-139, avec une carte).

[2] 1897. (Congrès géol. V, p. 7, avec bibl.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lement, précède la zone des lacs de montagne profonds à eau douce, qui sont plus voisins de l'Oural central. Ces lacs de steppe sont au milieu des terrains tertiaires stratifiés horizontalement. L'eau y est parfois assez chargée de sels pour que ceux-ci déposent, soit le chlorure de sodium seul, soit le même additionné de sel de Glauber et de sels magnésiens. Comme lac de grande salure, on peut citer le lac Soroïchi, à 160 km. E.S.E de Tchéliabinsk, où, dans 1 litre d'eau, il tient 125 gr. de chlorure de sodium, 35 gr. de sulfate de magnésie et 6 gr. de chlorure de magnésium : au total 167. L'Ouskowo, dans la même région, contient 4,10 de carbonate de soude et seulement 0,30 de chlorure de sodium, en sorte que les paysans des environs se servent de l'eau pour laver le linge sans savon.

Il s'est formé là des couches de wad de 1 cm. et demi entre des sables et argiles pléistocènes.

2° **Histoire de la zone Aralo-Caspienne.** — La zone aralo-caspienne est une des plus intéressantes pour l'étude des évaporations salines prolongées jusqu'à l'époque actuelle. Ces dépôts salins y sont remarquablement abondants et c'est, en outre, un des points où l'histoire tertiaire se continue le plus directement et sans interruption sous nos yeux.

Là, les deux régions aujourd'hui séparées du Touran (dépression aralo-caspienne) et du Turkestan chinois, semblent deux fragments récemment disjoints d'une ancienne mer, dont on a essayé bien des fois de reconstituer l'histoire[2]. D'autre part, vers l'Est, les gypses et sels du Gobi, que nous étudierons plus loin, ont été, au contraire, considérés comme un simple effet de l'évaporation locale des eaux douces intérieures. Nous trouvons donc, dans une même zone désertique qui prend l'Asie en écharpe, deux cas bien caractéristiques des conditions, dans lesquelles il peut se déposer aujourd'hui du sel et sur lesquelles il convient de s'arrêter un moment.

Prenons d'abord le cas d'une mer évaporée que semble réaliser la zone aralo-caspienne. Cette histoire n'est pas aussi simple qu'on le croirait d'abord. On sait en deux mots, et nous venons de rappeler encore, que la Caspienne, la Mer Noire, la mer d'Aral sont considérées comme les résidus de l'ancienne mer tertiaire d'âge pontien (53), dont les strates apparaissent, en divers points, plissées et déformées. Mais il n'y

1857. ABICH. *Das Steinsalz und seine Stellung im russischen Armenien* (Mém. Ac. Saint-Pétersbourg, t. VII). — 1895. N. SOKOLOW. *Ueber die Entstehung der Limane Südrusslands* (Mem Com. geol. russe, t. X, n° 4). — 1899. OTTO LANG. *Der Adschidarja (Karabugas) als Schauplatz einer Salz und Bitumen Lagerbildung* (Essener Glückauf, p. 68 à 73). — 1899, W. ANIKIN. *Ueber Schwankungen im Salzgehalt der Salzseen des Kaspi-Beckens* (Z. f. p. G., p. 397). — 1899. KUMATOW. *Industrie du sel en Transcaucasie* (en russe) (Tifliski Sistok, n° 10. Tiflis).

[2] Voir fig. 59.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

a pas eu continuité de l'abaissement du niveau. Andrussof a montré que la Caspienne était plus basse à la fin du pliocène qu'aujourd'hui[1]. A ce moment, il s'est produit une grande érosion des couches dites aralo-caspiennes (pontiennes). Après quoi, on a eu de nouveau une grande Caspienne très étendue allant rejoindre l'Aral, allant aussi rejoindre la Mer Noire. Cette Caspienne a laissé, sur le rivage Ouest, des traces à 300 m. au-dessus du niveau actuel et, sur le rivage Est, à 65 m. Le seuil n'étant qu'à 8 m. au-dessus de la Mer Noire et 36 m. au-dessus de la Caspienne, on peut admettre la communication récente de ces trois mers. Après quoi, une dessiccation progressive du climat, dont l'expédition Carnegie a récemment encore retrouvé les traces dans le Turkestan russe et le Nord-Est de la Perse, a déterminé progressivement l'évaporation actuelle, mais non sans oscillations périodiques[2]. C'est cette histoire que nous allons reprendre sommairement, en remontant jusqu'au secondaire, pour en bien marquer les étapes successives.

A l'époque jurassique, le Touran formait une extension de la Téthys, qui, très étendue pendant le jurassique moyen, finit par atteindre alors, en passant à l'Ouest de l'Oural, la Mer Glaciale et par rejoindre ainsi celle-ci à l'Océan indien.

Au centre du bassin du Touran, Sémenov[3] a signalé, pendant le jurassique et le crétacé, des mouvements alternativement positifs et négatifs qui conviennent bien à ce qu'on peut imaginer sur ce compartiment peu plissé, situé à la limite des plissements tertiaires. La continuation de ces mouvements pendant le tertiaire a, comme nous allons le voir, contribué puissamment à l'évaporation saline.

Dans l'ensemble, on peut aussitôt noter que, pendant toute la période commencée avec le sénonien (39) et encore inachevée, cette zone géographique, qui comprend le bassin Egéen, la mer Noire, le Caucase et l'Arménie, la Caspienne et l'Aral, etc., a été et est encore restée une des plus instables du globe, une de celles où les mouvements orogéniques n'ont à peu près jamais cessé d'exercer leur action sous l'une ou l'autre de leurs deux formes caractéristiques, plissements et déplacements verticaux (surrections ou effondrements), auxquels succèdent aujourd'hui les séismes. Les plissements de la zone caucasique ont été étudiés plus haut. Comme déplacements verticaux, rappelons seulement l'affaisse-

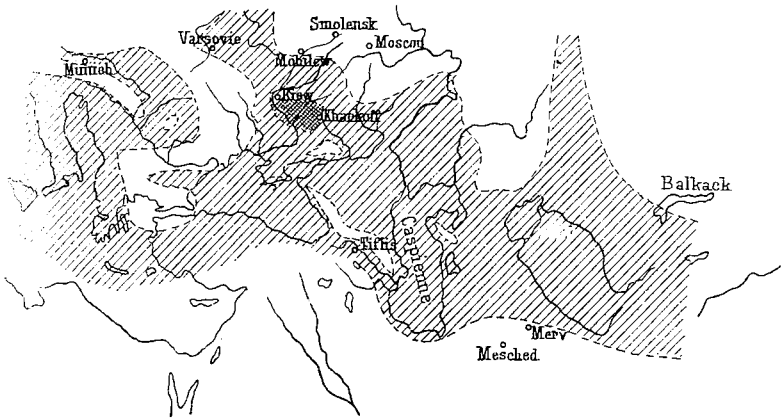
[1] Nous avons eu l'occasion de rappeler, en parlant du tertiaire sibérien, p. 250, note 2, que, dans ces dernières années, l'Aral, le Syr-Daria, etc., ont vu leur fond se relever.

[2] Pumpelly, *loc. cit.*, p. 16 et 25.

[3] 1896. Sémenov. *Faune des dépôts jurassiques de Mangychlak et de Touar Kyr* (en russe) (Trav. de la Soc. des Natur. de Saint-Pétersbourg, t. XXIV, Sect, geol., p. 29-137, 4 pl., et 1899. *Faune des dépôts crétacés de Mangychlak et de quelques autres localités de la province transcaspienne* (en russe, résumé français, ibid., t. XXVIII, n° 5, p. 1 à 178. 5 pl.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment de la mer Egée au début du pléistocène (57), et les changements (également tout à fait récents) qui ont enfoncé, dans la partie Sud de la mer Caspienne, un lambeau du Caucase, ou porté la mer d'Aral à



Carte des mers Aralo-Caspiennes à l'époque oligocène (46). La tache sombre de Kharkoff représente les marnes bleues à spondyles éocènes (45).

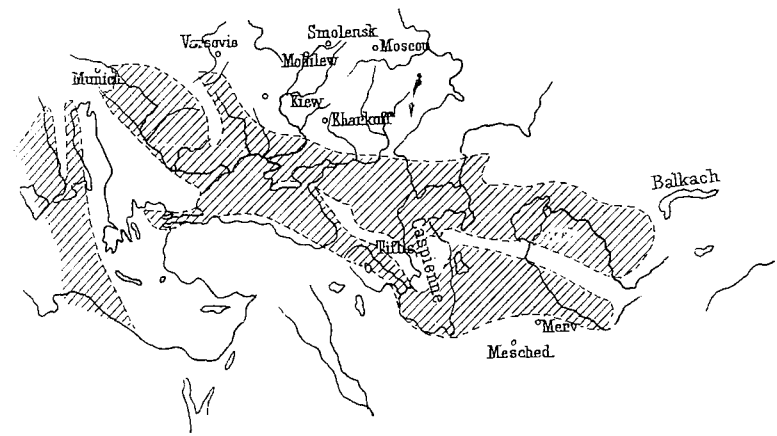


Fig. 23. — Carte des lagunes Aralo-Caspiennes à l'époque sarmatienne (52).

environ 80 m. au-dessus de la Caspienne, avec laquelle elle ne faisait qu'un auparavant. Aujourd'hui encore, en dehors même de l'activité sismique qui est si désastreusement active en Arménie, cette région transcaucasienne est, avec l'Himalaya, une de celles où l'on a cru relever le changement le plus caractéristique dans les altitudes d'un continent.

A ces mouvements divers ont pu se rattacher des évaporations locales de lacs, qui s'étaient trouvés perdre leur écoulement naturel, être séparés par une barrière nouvelle de leur déversoir antérieur : en sorte qu'il n'est pas permis de supposer en principe et sans démonstration, entre

UNIVERSITÉ DE PARIS GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les divers gisements de sel et gypse, une concomitance chronologique qui pourrait être inexacte. Il n'en est pas moins vrai, comme nous le remarquions en commençant ce chapitre, que certaines phases de l'histoire du globe se sont trouvées, précisément parce qu'elles avaient donné lieu à des mouvements orogéniques particulièrement intenses, avoir en même temps déterminé des évaporations de ce genre spécialement actives; d'où l'idée, soutenue avec quelque logique par beaucoup de géologues et parfois directement vérifiée quand l'âge des gisements s'est trouvé déterminable, que ces gisements, dans une même contrée, appartenaient à un petit nombre d'étages géologiques, sinon à un seul.

Il serait sans intérêt pour notre sujet de retracer entièrement, à ce propos, l'histoire compliquée de la Méditerranée orientale, ou même de la mer Noire et de la région aralo-caspienne, à l'époque tertiaire[1]. Il nous suffira d'en étudier rapidement les phases qui ont pu amener, ici ou là, une évaporation lagunaire avec des concentrations salines.

Pendant l'éocène moyen (lutétien, 44), la mer à nummulites part du bassin de Vienne pour occuper le Sud de la Russie et une grande partie de l'Asie Mineure, contourne l'île du Caucase en s'avançant beaucoup plus loin qu'elle ne l'avait fait précédemment, occupe la région aralo-caspienne et s'allonge dans la direction de l'Inde. Cependant les indices d'émersion commencent bientôt à se caractériser de divers côtés avec le début des grands mouvements orogéniques. L'éocène supérieur (45) prend un facies de flysch dans le bassin de la Kvirila, au Sud-Ouest du Caucase. Une partie notable de l'Arménie s'assèche alors, et l'île qui émerge ainsi sépare nettement deux mers très différentes : l'une, au Sud, vers Erivan, chaude, avec coraux: l'autre, au Nord, plus boréale. De même, en Boukharie, à l'Est de la zone représentée sur la figure 23, la jonction entre le Touran et le Turkestan chinois est supprimée à la fin de l'éocène. Par-dessus des marnes à ostracées (du sénonien supérieur) viennent là des marnes à gypse, dont les plus hautes recouvrent l'étage lutétien du Ferghana et contiennent du sel (exploité à Sagri-Datch), puis des grès fins à empreintes végétales, passant progressivement à des poudingues parfois aurifères, qui, quelle soit leur origine réelle (glaciaire comme on l'a dit sans preuve, ou seulement fluviatile), n'en impliquent pas moins l'établissement d'un régime continental et la destruction de ce continent.

Ailleurs, la période oligocène (46) continue d'abord l'état de choses éocène. La mer oligocène, esquissée sur la figure 23, relie toujours la mer Noire et la zone aralo-caspienne par la mer Egée avec la Méditerranée et se prolonge par un bras de mer N. S. sur le versant Est de l'Oural. Des régions situées au Sud du Caucase accusent cependant un élargissement de la zone émergée par quelques dépôts gypsifères et couches de lignite.

[1] J'en ai donné un résumé au ch. XII de la *Science géologique*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A la fin de l'époque oligocène (47), on peut également remarquer la présence d'argiles gypsifères et salées dans la zone sibérienne limitrophe de l'Oural. C'est là assez distinctement l'extinction de la mer éocène, qui, pendant quelque temps, avait réuni l'Aral avec l'Océan Arctique par le versant Est de l'Oural et dont la communication vers le Sud se ferme à partir de l'oligocène.

Ainsi qu'il arrive si souvent, à cette période salifère de la fin de l'oligocène succède une phase décidément continentale, dont les seuls dépôts, dans cette même région de l'Ouest-Sibérien, sont les couches lacustres avec lignite et ambre.

Il est probable que, depuis ce moment, la zone sibérienne a dû peu à peu s'assécher et ses eaux se saturer de sel.

Puis vient, avec le début du miocène (48), la période que l'on a qualifiée de premier étage méditerranéen.

La transgression burdigalienne (49) ou helvétienne (50) passe même sur des régions, comme le plateau arménien d'Ourmiah, qui avaient échappé aux transgressions crétacées. Mais ensuite commence la grande phase d'évaporation, qualifiée plus haut de Schlier, que provoque, dans la zone caucasique, un soulèvement montagneux, accompagné bientôt d'éruptions ultra-basiques tortoniennes (51).

A ce moment, nous l'avons vu, se déposent, sur toute la longueur des premières rides formées dans les Carpathes, les Apennins, dans le Caucase et jusqu'en Perse, des argiles semblables, d'un gris bleu, un peu micacées, peu plastiques, contenant de nombreuses lentilles de sel (d'où le nom caractéristique de Salzthongruppe), et avec lesquelles on a pu supposer également souvent une relation des gîtes pétrolifères. En même temps sans doute que les salines de Galicie, de Transylvanie, de Roumanie[2], ou tout au moins dans des conditions analogues, à une époque presque contemporaine, se forment alors des gîtes salifères, signalés plus haut[3] sur la mer d'Azov, au bord du Karabogaz, en Perse, le long de l'Elbourz et de la Mésopotamie, au golfe persique et probablement dans le Salt-range indou.

En Arménie, M. Oswald rapporte au miocène inférieur (helvétien, tortonien) une zone salifère qui suit la vallée de l'Araxes, à l'Est de l'Ararat (Nakhichevan) et une autre traînée analogue, passant au Nord du lac Ourmiah et de Tabriz, qui contient du sel à Khoi, Marand, près de Tabriz, etc.

Plus au Sud, les mêmes terrains renferment, non seulement du sel

[1] C'est le 1er étage méditerranéen de Suess (voir son *Histoire de la Méditerranée*, I, p. 389 à 453. II, 504 à 508) qui comprend l'aquitanien (48) et le burdigalien (49). Puis vient le schlier, et le 2e étage [(helvétien 50), tortonien (51)]. Après une phase négative (retrait des mers) comprenant le sarmatien (52) et le pontien (53), le 3e étage représente le pliocène (54-56) et le 4e le pléistocène (57).

[2] Les salines du Donetz, bien connues pour leur importance industrielle, appartiennent à un étage tout à fait différent (permien inférieur).

[3] Page 419.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

gemme, mais aussi de la carnallite, à Maman, dans la vallée du Kizil-Ouzen.

La fin du Schlier provoque une émersion plus complète ; et, par-dessus les marnes salifères, les sédiments s'arrêtent, ou deviennent continentaux. Le tortonien (51) a été marqué, en principe, par l'accentuation du relief dans les chaînes que nous qualifions d'alpines. Il n'est donc pas surprenant de voir se produire, à ce moment, un retrait marqué de la mer dans la plupart des régions influencées par ces mouvements, et, notamment, dans celles que nous étudions à ce moment. C'est l'époque sarmatienne (52) qui met en évidence le phénomène. A cette époque, les eaux, dont la figure 23 montre l'extension, ne sont plus, dans toute cette région aralo-caspienne, que des eaux saumâtres et non plus marines : eaux dont on ne saurait affirmer la continuité dans les limites tracées, qui ont seulement pour but d'en marquer l'extension maxima. En de telles lagunes saumâtres, il est naturel de voir se produire du sel et du gypse. C'est le cas également, plus à l'Ouest, en Andalousie, en Italie, en Sicile, où la formation dite sulfo-gypseuse (53) succède aussitôt au sarmatien. En Arménie, un plissement se produit entre le tortonien et le sarmatien, amenant le dépôt de gypses et sels sarmatiens, avec grès rouges, marnes et conglomérats.

Sur la figure 23, on voit les lagunes sarmatiennes, coupées en deux branches distinctes par le plateau de l'Oust-Ourt, que relie peut-être au Caucase une chaîne, aujourd'hui disparue dans l'effondrement du Sud de la Caspienne. Ces lagunes sont, d'autre part, comme l'ont montré les sondages de la mer Noire, séparées de la Méditerranée par un continent égeen. Leur faune, indice d'un climat moins chaud, est autochtone et destinée à disparaître, sans avoir émigré au loin.

Nous arrivons enfin à la véritable phase aralo-caspienne.

Au début du pliocène (plaisancien 54), une lagune saumâtre occupe encore le Nord de la mer Noire et le Nord du Caucase. Mais cette période marque, à la fois, un mouvement orogénique, qui incline et plie les couches sarmatiennes au Sud du Caucase, et une émersion complète, désormais définitive, de toute cette région transcaucasique. Pendant tout le pliocène, ces régions de l'Arménie ou de la Perse vont être rattachées à la Grèce par un vaste continent, où les animaux terrestres peuvent errer librement. En même temps, la mer de la zone aralo-caspienne, jusqu'alors continue, se tronçonne en fragments indépendants, prenant chacun une existence individuelle, qui devient de plus en plus distincte après le grand bouleversement produit, au début du pléistocène (57), par l'effondrement Egéen. Antérieurement à ce cataclysme, il est probable que le système hydrographique, aujourd'hui représenté par le Danube, aboutissait beaucoup plus à l'Est. Cet afflux d'eaux douces se trouve soudain absorbé par la mer nouvelle. D'autre part, le compartiment caucasique est lui-même déprimé, dans sa partie Sud,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

par un effondrement qui y creuse, des deux côtés du prolongement de la chaîne caucasique resté en saillie relative, des fonds de 8 à 900 m. Et, dans cette dépression, s'accumulent des eaux, qui, ne trouvant plus d'écoulement, commencent à s'évaporer. A l'époque glaciaire (58), la Caspienne couvrait encore le bas cours de la Volga et de l'Oural et s'unissait à la mer d'Aral. Mais bientôt se manifestent les effets de l'évaporation : abaissement du plan d'eau de la Caspienne à 26 m. au-dessous de la mer Noire; production de limanes côtiers à salure croissante, qu'ils soient maintenant séparés à leur tour de la Caspienne, ou encore reliés à elle par un seuil submergé; enfin évaporation analogue dans le bassin de la mer d'Aral, où, quoique le plan d'eau soit à 48 m. au-dessus de la mer (74 m. au-dessus de la Caspienne), l'écoulement vers cette mer a cessé de pouvoir se faire, à 30 ou 40 m. près, comme a cessé celui de la Caspienne vers la Méditerranée [1].

Quelles sont maintenant les conditions qui président, dans ces régions, à l'évaporation actuelle? Nous l'avons déjà annoncé. Elles sont doubles : bassin sans écoulement, climat désertique.

Le premier phénomène d'ordre géologique a été la dénivellation de certains compartiments terrestres, sur lesquels se sont produites de la sorte des zones, à la fois surélevées par rapport à l'ensemble du continent et pourtant déprimées par rapport aux régions immédiatement contiguës. Mais, sous un climat pluvieux, il peut exister de grandes fosses comme les lacs italiens ou le lac de Genève : elles ont pourtant un écoulement et l'on n'y constate aucune trace de dépôt salin. Pourquoi maintenant y a-t-il climat désertique ? Autrement dit, pourquoi y a-t-il réduction des précipitations pluvieuses à un chiffre infime? Nous ne saurions discuter ici en détail ce problème de géographie physique, dans la solution duquel bien des influences diverses interviennent. D'une façon générale, l'Asie antérieure paraît manifester un asséchement graduel, accusé depuis l'antiquité et dû à son climat continental, que l'on attribue lui-même au régime des vents. Les vents dominants de l'hémisphère septentrional, le courant polaire du Nord-Est et le contre-courant venu de l'équateur, ont, dit E. Reclus, à parcourir l'un et l'autre toute une moitié de l'ancien monde sur des espaces de plusieurs milliers de kilomètres, avant de se rencontrer sur les plateaux d'Iran et dans les plaines de la Babylonie. Dans cette région, les deux vents opposés sont parmi les plus secs de la terre ; leur parcours est indiqué au travers de l'Asie et de l'Afrique par une large zone de déserts, du Gobi au Sahara. La part d'humidité n'est suffisante, pour faire naître spontanément une riche végétation, que sur les rivages méridionaux de la Caspienne et de

[1] 1898. Anikin. *Ueber Schwankungen im Bestande der Salze der Salzseen des Kaspi-Bassins* (Ann. geol. et minér. de la Russie, t. III à XLIII, Novo Alexandria). — Oswald, *loc. cit.* — 1903. Ochsénius. *Glauber Salzschichten im Adschidarja* (Caspienne Est) (Z. f. p. G., p. 33).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la mer Noire, où les vents du Nord ont à traverser des étendues marines avant de frapper la côte, et ça et là, sur les bords de la Méditerranée, où les vents, chargés d'humidité, sont infléchis vers le littoral [1].

C'est là un des phénomènes en jeu. Il y en a bien d'autres, parmi lesquels on ne saurait négliger l'influence néfaste du passage humain qui, en Asie, en Afrique, a transformé tant de contrées stériles en des déserts par le déboisement et qui, en Europe même ou aux États-Unis, contribue sans doute à déterminer un abaissement progressif des plans d'eau souterrains. Qu'on ne voie pas là un simple détail. Pour se rendre compte de l'intensité que peut prendre le phénomène, il suffit d'examiner quelques photographies de ces régions immenses où, en Chine, et dans l'Asie Centrale, il ne pousse jamais un arbre, à peine un brin d'herbe, où les terrains absolument dénudés apparaissent découpés et ravinés comme sur un plan en relief. La transformation en déserts de régions qui furent jadis relativement peuplées et abordables, est souvent la conséquence du déboisement, bien plus que d'une évolution géologique dans les climats, dont l'existence peut être discutable. Dans le Turkestan russe, quelques coins fertiles, comme le Ferghana, font exception, mais grâce au soin particulièrement minutieux, avec lequel on recueille et utilise les moindres gouttes d'eau descendant des cimes neigeuses. On peut remarquer, à ce propos, que, les phénomènes s'enchaînant l'un à l'autre, le déboisement, qui rend le climat aride, contribue à l'évaporation des nappes d'eau, et que ce desséchement, à son tour, exerce une influence fatale sur le climat.

3° **Formations salines actuelles d'Asie Mineure, Arménie, Turkestan, etc.** — Nous avons précédemment énuméré toute une série de dépôts salins en Turquie d'Asie. Ces dépôts de sel géologiques n'auraient peut-être pas été nécessaires pour fournir la salure aux bassins d'évaporation qui se sont produits en divers points de cette zone désertique ; mais ils y ont certainement contribué.

Les mêmes influences, dont nous venons de dire un mot à propos de la zone aralo-caspienne, entraînent, en divers points de la zone désertique qui traverse l'Asie Mineure et l'Iran, le phénomène d'évaporation saline. Celui-ci se traduit, dans le désert salé de Lycaonie, comme dans celui de la Perse, par des lagunes saumâtres ou des bassins salifères asséchés, dont il suffira d'indiquer ici certains traits particuliers.

Lycaonie. — Dans leur ensemble, tous les dépôts salifères du centre de la Turquie d'Asie semblent le résidu concentré d'un ancien bassin (lacustre ou marin), qui aurait occupé la dépression centrale entre les chaînes pontiques et tauriques et qui, depuis l'époque miocène, mais

[1] Nous reviendrons plus loin sur cette question, p. 435 à propos du bassin de Sistan.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

surtout depuis l'époque pontienne, aurait commencé à s'évaporer, à rassembler ses sels en un certain nombre de flaques, comme cela se produit un peu plus au Nord-Est pour la région aralo-caspienne.

Entre tous ces bassins salifères, on connaît, depuis l'antiquité, le *Touz Tchöllu*, ou Gueullu (antique Tatta), que Strabon citait déjà comme une curiosité. La teneur en chlorure de sodium y est considérable ; d'après Philipps, elle atteindrait 32,2 p. 100 : l'une des plus fortes que l'on ait jamais observées. L'exploitation en a été récemment confiée, par le gouvernement, à une société dont les gardiens écartent soigneusement du lac les indiscrets. La production serait, d'après Naumann, d'environ 20.000 tonnes.

Tandis que ce lac est franchement chargé de chlorure de sodium, celui du *Mourad Gueul*, au voisinage, contient des sels de magnésie. Le Boulouk Gueul, près d'Eskil, renferme surtout des sulfates de magnésie et de soude. D'une façon générale, Tchihatcheff a fait remarquer autrefois que le sel de la Lycaonie ne semblait pas accompagné, du moins en quantités notables, par des matières bitumineuses, comme l'est celui, par exemple, de la Mer Morte[1].

4° **Arménie et Perse. Lacs d'Ourmiah et de Van, désert de Sistan.** — Une autre zone à dépôts salins, comprise dans la zone aralo-caspienne étudiée plus haut d'une façon générale, est celle de l'Arménie et de la Perse occidentale, où les lacs Ourmiah, Khozapin et divers lacs au Sud-Est de l'Ararat sont arrivés à un degré de salure plus ou moins avancé.

On peut considérer la plupart de ces lacs comme s'étant formés à l'époque pliocène, à la suite des derniers mouvements principaux. Quelques-uns d'entre eux ont été comblés par les dépôts détritiques et ce sont ceux qui représentent stratigraphiquement l'étage pliocène par des sédiments lacustres. D'autres, ayant eu un libre écoulement, sont restés des lacs d'eau douce, comme les lacs Gokcha, Chaldir, Topravan, Nazik. Quelques-uns enfin manifestent un degré d'évaporation saline plus ou moins avancé, comme les lacs Khozapin, Ourmiah et les petits lacs sodiques au Sud-Est de l'Ararat. Sur les bords de certains d'entre eux, on peut voir d'anciennes terrasses, qui montrent le niveau primitif des eaux et mettent en évidence leur abaissement progressif avec les effets de l'évaporation.

Entre les divers lacs salés, on cite particulièrement celui d'*Ourmiah*, qui contient jusqu'à 18 p. 100 de chlorure de sodium.

Ce lac, à la cote 1330, forme une vaste nappe liquide de 4.000 km², mais de peu de profondeur : au plus 14 m., en moyenne 5 m. Cette nappe, arrivée à un degré d'évaporation très avancé, atteint un poids

[1] Rappelons en passant qu'en dehors de ces évaporations désertiques, l'Asie-Mineure possède des évaporations littorales artificielles. Les salines de Chypre (Larnaca et Limassol) produisent 25 à 30.000 t. par an.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

spécifique de 1,155 et contient près de 20 p. 100 de matières salines : six fois plus que l'eau de mer, plus même que la mer Morte. Des dalles de sel se déposent sur la vase des bords.

L'analyse donne : chlorure de sodium : 86,20 ; chlorure de magnésie : 6,81 ; sulfate de magnésie : 4,15 ; sulfate de chaux : 1,15 ; sulfate de potasse : 1,74.

Des observations faites, il résulte manifestement que le lac a beaucoup diminué d'extension depuis le début du pléistocène, comme le prouvent, aux environs, des traces d'anciens rivages ; mais, pourtant, il a passé déjà par une phase d'asséchement plus intense que celle d'aujourd'hui. Des traditions, dont il reste à préciser la valeur, parlent de digues et de chaussées construites par d'antiques souverains dans la partie méridionale du lac, aujourd'hui envahie par les eaux. Conformément à une observation précédente, Élisée Reclus [1] a insisté fort justement à ce propos sur le rôle joué par l'action humaine dans l'asséchement apparent de certaines régions où, en réalité, les eaux sont seulement captées différemment ou accaparées : soit, comme ici, par des drainages superficiels ; soit, ailleurs, par des sondages industriels.

Il y a lieu également de faire intervenir la périodicité très probable des phénomènes météorologiques.

Le lac de Van (à la cote 1801) contient, pour 100 parties d'eau : chlorure de sodium 9,53 ; carbonate de soude 7,14 ; sulfate de soude 2,66 ; sulfate de potasse 0,97 ; carbonate de magnésie 0,57 ; carbonate de chaux 0,04 ; sulfate de chaux 0,06 ; au total, 21,14 p. 100 de solides en solution.

Contrairement à ce que l'on observe dans la plupart des lacs de cette région, il paraîtrait que le niveau du lac de Van s'élève actuellement [2], et l'on a voulu expliquer cette anomalie en admettant que des émissaires souterrains, communiquant avec les hauts affluents du Tigre, s'étaient trouvés obstrués.

On a signalé un peu de carnallite à Maman, sur le Kizil-ouzen, entre le Sahend et la Caspienne. Des gisements de sel existent en divers points du plateau arménien, souvent nommés Touzla, notamment dans la

[1] *Géographie universelle*, p. 180 à 185. On peut noter en passant que des sources nombreuses jaillissent au fond du lac : sources d'eau douce à caractère vauclusien. Ailleurs, des sources thermales chargées de carbonate de chaux déposent des travertins qui forment le « marbre de Tabriz », ou la curieuse butte calcaire connue sous le nom de Trône de Salomon (Takht-i-Soulaiman), au haut de laquelle s'ouvre une large vasque formant puits. Les diverses sources thermales et minérales de la région, en rapport plus ou moins direct avec une ancienne activité volcanique, ont pu jouer un certain rôle accessoire dans la minéralisation du lac.

[2] Reclus, IX, 333. En Palestine, on sait que les phénomènes d'évaporation se sont continués jusqu'à nos jours en donnant des sels d'une composition spéciale, associés avec des produits bitumineux dans la région de la *Mer Morte*. Quand on arrive au S.W. de cette mer, on voit, jusqu'à 40 m. de hauteur au-dessus du lac actuel, une couche salifère correspondant à une phase d'évaporation d'âge pléistocène. Voir plus loin, p. 645.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vallée du Frat, près d'Erzeroum, d'Erzinguian, etc. On parle de borax dans le désert de sel de Sindjan.

Turkestan russe. — Dans le Turkestan russe, il a existé une mer récente allant jusqu'au Ferghana. Cette mer a été peu à peu comblée, non seulement par l'évaporation, mais par un apport énorme, et que le déboisement a accru encore quand l'adoucissement des pentes par son effet même aurait dû tendre à le réduire. L'Amou-Daria qui, sur de grandes étendues, traverse les argiles friables à gypse et à sel du tertiaire, emporte des limons qui arrivent à 3 gr. par litre et qui s'accumulent en aval sur de grandes étendues, où il manque seulement un peu d'eau pour les dessaler et les rendre comparables à ceux qui font la richesse de l'Égypte. Toute cette région du Turkestan russe offre, de la manière la plus manifeste, les signes divers d'un asséchement, qui s'accentue sans cesse depuis l'époque historique.

Est de la Perse. — Le Sud du Turkestan et l'Est de la Perse ont fait, en 1903, l'objet d'études spéciales, entreprises à ce propos par une expédition de la fondation américaine Carnegie[1].

On peut diviser l'Iran en deux grands bassins : le bassin persique proprement dit à l'Ouest, et, à l'Est, le bassin de Sistan, dont le centre est sur la frontière de l'Afghanistan. C'est ce dernier, d'un accès difficile et fort peu étudié jusqu'ici, que M. Huntington a décrit. Toute cette région Est de la Perse est d'une extraordinaire aridité. Il semble qu'ici, comme en Europe et dans le Nord de l'Amérique, les modifications géographiques les plus profondes, dont cette aridité est un terme caractéristique, soient dues à des changements de climat.

On a pu constater, en étudiant les terrasses anciennes, une dessiccation progressive de la région depuis une période, où l'occupation humaine a été très active dans ces régions, aujourd'hui déshéritées, alors occupées par des champs cultivés et de grandes cités. Nous n'avons pas à entrer ici dans la question si délicate et discutable des périodes glaciaires et de leur identification à longue distance. Il suffit de dire qu'on a constaté, tantôt deux, tantôt trois périodes glaciaires différentes, séparées par de longs intervalles. Quelle est l'origine de ces changements ? Jadis on supposait que toute période glaciaire impliquait nécessairement une augmentation des précipitations pluvieuses. Un simple accroissement

[1] 1882. Yakoflef (Jakowlew). *Zur Geologie der Aralo-Kaspischen Niederung* (Bull. Imp. Ac. Sc. Saint-Pétersbourg, XXVIII, 364-376. — 1887. Bogdanovitch. *Sur les recherches géologiques dans la partie montagneuse de la région transcaspienne et des provinces boréales de la Perse* (Bull. Com. Géol. Saint-Pétersbourg, VI, 66-104 en russe, avec extrait français). — J. Walther. *Das Oxusproblem in historischer und geologischer Beleuchtung* (Pet. Mit., XLIV, 204-214). — 1900. J. Walther. *Das Gesetz der Wüstenbildung*, Berlin, Reimer. — 1902. Andrusof (Andrussow). *Beiträge zur Kenntniss des Kaspichen Neogen, Die Aktschagylschichten* (Mém. Com. Geol. Saint-Pétersbourg, XV, n° 4). — 1905. Pumpelly. *Explorations in Turkestan, with an account of the Basin of Eastern Persia and Sistan, 5e expédition de 1903*, Carnegie Institut, 1 vol. in-4°. Voir également la bibl. de la note 1, p. 431.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

du froid, qui diminue les évaporations, peut produire le même effet.

5° Formations salines actuelles de l'Asie Centrale, de l'Inde et de la Chine. — Le Nord-Ouest de l'Inde présente, à l'Est du bas Indus, une grande zone désertique à climat tropical, qui prolonge, avec des caractères un peu différents, celle de la Perse. Plus au Nord-Est, en se rapprochant de l'Himalaya, dans le Punjab, sans qu'on puisse parler de climat désertique, nous allons voir que des efflorescences salines de divers genres produisent des sels divers de soude : carbonates, borax, nitrates, etc...

Puis, quand on franchit l'Himalaya, on trouve, dans toute l'Asie Centrale, dans les steppes glacées du Tibet, dans le Turkestan chinois, dans la Dzoungarie, dans le Gobi, des bassins sans écoulement provoqués par des effondrements de coulisses disjonctives et dont le principal, au Sud de Tourfan, sur le 43e degré, descend à 70 m. au dessous de la mer. Le climat aidant, les matières salines s'y déposent souvent, bien qu'auprès d'un bassin à salure concentrée on puisse rencontrer un bassin, tout pareil comme structure mais mieux alimenté, dont l'eau est restée douce.

En parcourant ces contrées, nous y voyons se déposer simultanément, dans des conditions qui paraissent d'abord fort analogues, des dépôts salins très divers, pouvant parfois témoigner d'une concentration plus ou moins avancée, ailleurs influencés par d'autres causes : du gypse, du sel, des carbonates de soude, des borates, etc. Tout cet ensemble synchronique peut nous expliquer ce que nous rencontrons dans certaines phases de l'histoire géologique et même nous faire comprendre comment, sans grande différence dans les conditions apparentes, à la même époque, les matières salines peuvent être, suivant les points, non seulement en quantité, mais aussi de nature différente.

Commençons par les produits salins du Nord de l'Inde, pour remonter ensuite vers le Tibet et le Turkestan chinois.

Sulfate et carbonate de soude dans l'Inde. — Formations salines actuelles de l'Inde. — Le sulfate de soude se présente souvent en efflorescences sur le sol dans le Nord de l'Inde et est utilisé pour la préparation du carbonate de soude. D'une façon générale, les efflorescences, que les indigènes appellent *rehou kallar,* sont si abondantes dans certaines parties du Nord de l'Inde qu'elles rendent la culture impossible.

Leur origine est dans les sels divers de soude et de chaux, empruntés par les cours d'eau qui descendent de l'Himalaya, aux roches traversées. Les eaux, chargées de ces matières salines, forment une nappe souterraine, qui remonte par capillarité pendant la saison sèche et charge le sol progressivement de sels cristallisés. Il arrive même alors que l'irrigation avec des eaux pures ait ce résultat paradoxal de relever le niveau

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

hydrostatique des eaux salées et de nuire au champ arrosé au lieu de le rendre fertile. Ces efflorescences contiennent du sulfate, du chlorure, et du carbonate de soude.

Salpêtre de l'Inde. — L'Inde, comme nous l'avons rappelé, a eu longtemps un quasi-monopole pour la production du salpêtre. Grâce à la sécheresse du climat, les fumiers et autres matières azotées, en contact avec des cendres potassiques ou avec un peu de potasse venant de la décomposition du feldspath, y donnent des nitrates que l'East India Cy concentrait et raffinait. Les deux tiers de l'exportation de Calcutta viennent du Behar (districts de Tirhat, Saran et Champaran) : région située le long du Gange, à l'Est de Bénarès.

Borax de l'Inde et du Tibet[1]. — Le Borax indou est venu longtemps du Tibet, où on l'appelle tchali ou tinkal. Le pays du Tengri-nor, situé à 4.600 m. d'altitude au Nord de Lhassa, présente, comme la région de Volterra en Italie ou le Borax-Lake californien, des sources chaudes, riches en acide borique, pouvant avoir une relation d'origine avec les phénomènes volcaniques développés 2 ou 400 km. plus au Nord. Le Boul-tso, ou lac de Borax, couvre 60 km². ; et des pèlerins pratiques en rapportent du borax, qui finit par arriver dans l'Inde. C'est de là que venait, en partie, autrefois le borax, dit de Venise parce qu'on le raffinait dans cette ville.

Les champs de borax de Gnari sont situés au Nord de Bongbwa-tal et sur le lac Chapakani. On recueille le borax de juin à septembre, et on l'amène à Ramnagar (32°, 74°), où il est raffiné[2].

Dans le *Kashmir*, le long de la vallée de Puga, où diverses sources chaudes atteignent presque leur point d'ébullition, on trouve des dépôts de borax avec sel gemme, qui font l'objet d'une certaine extraction.

Produits salins du Tibet et du Turkestan chinois. — En parcourant de l'Ouest à l'Est le Tibet, on y constate, en divers points, des phénomènes d'évaporation.

Ainsi, vers le 80° degré, la haute vallée du Satledj, à 4.500 m. d'altitude, offre, comme beaucoup d'autres régions du Tibet, de nombreux jets de vapeur. Un asséchement, que l'on suppose s'être produit récemment dans toute cette région, a donné beaucoup de lacs sans écoulement à efflorescences salines. Par exemple, les deux lacs situés plus au Nord, sur le même méridien, à l'Ouest de Rudok, vers la frontière du Kashmir, ont une teneur en sels semblable à celle de la mer Noire. On admet que le niveau de ces lacs, situé à 4.149 m. d'altitude, a baissé de 74 m. et que la superficie des deux lacs était aussi plus que double.

[1] Je rappelle qu'il a été question plus haut, p. 417, des borates d'Asie Mineure, à gisement tout différent de ceux-ci.

[2] Ball. *Geology of India*, p. 499.

UNIVERSITÉ DE PARIS.GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Nous avons signalé précédemment, à l'autre bout du Tibet, les borax du Tengri-nor.

Dans l'Ouest du Turkestan, vers le 80e degré, sur le flanc Nord du Kouen-lun, la région située au Nord de Khotan (37°, 80°) est fameuse par toutes ses efflorescences salines : aiguilles de sulfate de magnésie, mares de boue saline cachées par des dalles de glace.

Sur le bassin du Tarim, les mêmes phénomènes se multiplent. Il est cependant à noter que le Lob-Nor (40°, 90°), malgré l'évaporation énorme qu'on lui prête, est un lac d'eau douce.

Si nous continuons vers l'Est, à l'Ouest du *Koukou-nor*, sur le 100e degré, la dépression du Tchaidam est couverte de matières salines.

De même, dans le désert de Gobi et la Mongolie, une série de lacs sont devenus salins faute d'émissaire : par exemple, entre la frontière sibérienne et l'Altaï sur le 92e degré, l'*Oubsa-nor* et le *Kara-sou*. Des salines se montrent dans les fonds. On voit aussi des efflorescences de salpêtre, nommées Goutchir par les Mongols, que les chameaux s'arrêtent pour lécher.

Formations salines de la Chine. — Les régions désertiques de Chine présentent également des efflorescences salines. On connaît la distinction capitale qu'il faut établir entre la Chine du Nord au climat sec, avec lacs sans écoulement, dépôts de steppes et formations salifères, et la Chine du Sud au climat humide, avec forte altération superficielle et profondes entailles par les cours d'eau.

Dans le Nord, on a distingué une période d'érosion, une période de steppes et une de loess. Les premiers dépôts, d'après Loczy, seraient des formations d'eau douce. Puis le climat s'assèche (steppes), les lacs deviennent salés ; enfin le ruissellement (ou les apports éoliens) donnent le loess[1]. Dans le Sud, l'évaporation avec dépôts de sel ne s'est pas produite ; mais on a eu une période glaciaire (bords Est du plateau tibétain), à la place de la phase des steppes.

C'est naturellement de la Chine du Nord qu'il s'agit ici.

Nous venons déjà de parler des lacs salins du bassin Koukou-nor au Sud du Nan-chan. Quand on descend le Hoang-ho et qu'on pénètre dans

[1] On sait que la formation du loess est une des plus curieuses de la terre et son rôle dans le Nord de la Chine a été capital pour le développement du pays et de la population. C'est lui qui a donné son nom à la terre jaune, au fleuve Jaune, à la mer Jaune. Presque toute la Chine septentrionale est entièrement couverte de loess sur au moins 630.000 km² (plus que l'Allemagne) d'une façon continue. Son épaisseur atteint 600 m. dans le Chansi, d'après Richthofen : dans le Kansou, il n'a en moyenne que 60 m., d'après V. Loczy. Les mêmes dépôts s'élèvent à 1.800 m. dans le Chansi et jusqu'à 3.000 m. dans le NW de l'empire, couvrant, comme un manteau, les dénivellations les plus marquées du sous-sol ; ce qui ne permet pas de supposer un dépôt sédimentaire normal dans l'eau. Richthofen en a donné une explication éolienne qui a de très nombreux défenseurs, en supposant des tourbillons de sable provenant de roches désagrégées dans un pays de steppes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le Kansou entre le 102e et le 106e degrés, on trouve une série de gisements salins, attribués, comme origine première, au pliocène.

Ce pliocène est, sous la forme d'une argile généralement rougeâtre, assez riche en sel pour qu'on en extraie parfois cette substance recherchée dans ce pays, mais cependant lagunaire. Cette formation saline, qui donne des aspects pittoresques particuliers, se trouve notamment à l'Ouest de la ville de Kansou, Lantchéou-fou (sur le fleuve Jaune) et forme là des mamelons et pyramides singuliers, souvent avec une couverture de loess, que couronne quelque temple ou tour.

Une région salifère plus développée se trouve, vers le 40e degré de latitude, dans l'Ala-chan et dans l'Ordos, des deux côtés du Hoang-ho.

Vers l'Ouest, quand on dépasse le fleuve Jaune, on trouve le lac salé de *Djaratai-Dabasou*, qu'entourent, de toutes parts, jusqu'à plus de 50 km. de distance, des couches salines ayant de un à deux mètres de puissance.

A l'Est, au centre de l'Ordos, le marécage du *Dabsoun-nor* est un immense réservoir de sel gemme mélangé d'efflorescences nitreuses.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXII

LE PÉTROLE EN ASIE

Préambule. — Généralités. — Le sujet du pétrole asiatique présente, malgré la dispersion des gisements dont il va être question, une certaine unité, qui nous fait considérer comme plus utile de le traiter dans un chapitre spécial, au lieu de décrire les diverses régions pétrolifères avec les provinces métallogéniques dans lesquelles elles se rencontrent. Ce n'est pas à dire qu'il n'y ait pas, entre l'apparition du pétrole et la géologie tectonique, un lien que nous allons, au contraire, nous efforcer de faire ressortir dès le début. Mais ce lien qui, en Asie, rattache très généralement les manifestations pétrolifères avec les zones de plissements tertiaires, n'est pas sans doute du même ordre que celui qui détermine le type métallogénique d'après le type tectonique; et ses caractères spéciaux apparaîtront mieux si nous traitons, à la suite l'un de l'autre, les districts du Caucase, de la Mésopotamie, de la Perse, de l'Inde, de la Birmanie, des Indes hollandaises, du Japon, etc., où le pétrole se trouve localisé en Asie, à l'exclusion d'immenses régions où les hydrocarbures n'apparaissent pas[1]. Pour une raison analogue, nous donnerons, dans ce cas particulier, simultanément, les renseignements industriels et les conditions géologiques. Les premiers sont, en effet, — pour des gisements qui, au premier abord, se ressemblent tous, et dont la description géologique sera toujours très brève — un élément essentiel de comparaison. Ajoutons que, sur cette question spéciale du pétrole, divers ouvrages d'ensemble, où une classification géographique a été adoptée, ouvrages auxquels il est facile de renvoyer le lecteur, nous permettront d'abréger les détails d'un intérêt trop local.

On sait à quel point est obscure et discutée l'origine du pétrole. Ce n'est pas ici le lieu de reprendre la controverse, ni même d'exposer les deux thèses contraires, entre lesquelles se divise le monde scientifique : théorie sédimentaire et origine purement organisée; théorie éruptive,

[1] On trouvera de bonnes descriptions détaillées de toutes ces régions, avec des cartes très claires, dans l'ouvrage de Tassart, *Exploitation du pétrole*, Dunod, 1908, auquel nous renvoyons une fois pour toutes dans ce chapitre.

Outre les ouvrages d'ensemble sur le pétrole et les revues périodiques générales dont la liste serait longue, les renseignements relatifs à cette substance donnent lieu à des publications dans les recueils périodiques propres à chaque centre pétrolifère.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avec origine interne ; ou compromis éclectique de ces deux hypothèses[1]. Nous allons nous borner à indiquer en quelques mots quel enseignement spécial et quelle confirmation à des observations faites en d'autres parties du monde l'étude des gisements asiatiques va nous apporter dans ce chapitre.

Que le pétrole soit sédimentaire ou éruptif, l'observation montre les faits suivants, dont nous donnons d'abord un simple énoncé, pour en montrer l'enchaînement logique, avant d'y revenir tout à l'heure :

1° Localisation ordinaire du pétrole sur les zones de plissement, alors que les terrains du même âge non plissés sont très rarement pétrolifères, et, dans cet ordre d'idées, relation particulièrement fréquente avec les plissements les plus récents, d'âge tertiaire, ou, dans des cas plus rares, avec les zones hercyniennes ;

2° Sur une même zone plissée pétrolifère, intervention ordinaire des conditions dans lesquelles le sondage, destiné à rechercher le pétrole, aborde les plis ; ainsi richesse plus habituelle des anticlinaux de préférence aux synclinaux ; enrichissement fréquent aux points où la zone plissée rencontre des lignes de moindre pression hydrostatique : par exemple, à ses aboutissements sur la mer ;

3° Dans les régions pétrolifères, emmagasinement ancien du pétrole en certaines strates physiquement, mécaniquement favorables, limitant la quantité de pétrole que peut fournir une région déterminée, comme peut être limitée sa réserve de houille et différenciant aussitôt ce qu'on appelle improprement les « nappes pétrolifères », des nappes hydrostatiques, auxquelles elles ressemblent par d'autres côtés, mais dont l'alimentation est actuelle et à peu près constamment renouvelée ;

4° Dès lors, influence prédominante des conditions physiques sur l'accumulation du pétrole dans les strates : les strates favorables étant, avant tout, les strates gréseuses ou sableuses, à porosité notable, suffisamment épaisses, homogènes et continues, que recouvre une couche imperméable de schistes ou d'argiles, dont nous allons voir le rôle ; accessoirement, des schistes, dont les délits réguliers se prêtent à une accumulation analogue ;

5° Tendance ayant toujours existé chez le pétrole, aussi bien autrefois qu'aujourd'hui encore, à un déplacement de bas en haut. Par suite, sur un même point, on trouve du pétrole dans divers niveaux ou horizons favorables superposés, d'âges géologiques très différents, de formation souvent également diverse, alors que les terrains du même âge et de la même nature, situés ailleurs, ne sont pas pétrolifères. Cette dispersion a dû commencer à se produire anciennement, lorsque s'est réalisée, pour une cause quelconque, la formation du pétrole. Il serait donc absolument inexact d'attribuer à un horizon de pétrole,

[1] Je l'ai résumée dans *La Nature* du 7 mars 1908, n° 1813.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

comme on peut le faire pour une couche de houille, l'âge du terrain où on le rencontre : l'âge du terrain supérieur imprégné à ce moment donnant seul une limite maxima. Et, d'autre part, le déplacement du pétrole a pu se produire ultérieurement, de manière que le pétrole peut se rencontrer, se rencontre certainement souvent dans des couches postérieures à sa venue, comme il existe dans des couches plus anciennes.

Ce déplacement, qui est un phénomène capital pour l'industrie du pétrole, a nécessairement amené un départ du pétrole vers la superficie, en raison duquel ont pu se produire des niveaux adventifs, ou simplement des remplissages de poches sans continuité dans les terrains supérieurs; et ce départ, arrivant jusqu'à la superficie, a dû provoquer, d'autre part, une perte du pétrole profond, un drainage vers la surface, d'autant plus accentué que le terrain était plus fissuré, se prêtait mieux à cette ascension pétrolifère et, en outre, que, l'âge du pétrole étant plus ancien, un temps plus long s'était écoulé depuis sa venue, temps pendant lequel il avait pu se perdre. Cette raison, jointe au métamorphisme fréquent des terrains anciens, qui a dû amener la modification chimique du pétrole, nous paraît une des raisons principales, pour lesquelles le pétrole se trouve de préférence le long des chaînes tertiaires, bien que les conditions nécessaires à sa production se soient certainement renouvelées à diverses époques. La loi est, d'ailleurs, fort peu générale, puisque nous citerons, en Asie même, des pétroles reliés à des zones hercyniennes, et puisqu'un des plus grands champs pétrolifères du monde, celui de la Pennsylvanie, paraît un exemple typique de formation encore plus ancienne;

6° L'origine du pétrole détermine sa relation de gisement fréquente, non seulement avec des produits connexes, comme les gaz naturels, les bitumes, les asphaltes, les ozokérites, les fontaines de poix ou volcans de boue, qui en annoncent d'ordinaire la présence profonde, mais, tout aussi nettement, avec le sel gemme et les sources salées : fait si constant qu'aucune théorie ne saurait expliquer la formation du pétrole sans en tenir compte ;

7° Le déplacement ancien et récent du pétrole vers la surface explique comment, parmi les divers niveaux pétrolifères superposés au même point, il y a souvent augmentation de richesse et de pureté, diminution de densité quand on s'enfonce et quand on échappe ainsi de plus en plus aux effets de déperdition et d'altération qui ont dû résulter, pendant très longtemps, des influences superficielles ;

J'ajoute 8° que, par le mot de nappe pétrolifère (aussi bien d'ailleurs que par celui de nappe hydrostatique) on ne doit pas entendre, comme on l'a fait trop souvent, une nappe continue, partout égale, mais simplement un banc sédimentaire dont les porosités et les fissures se sont particulièrement bien prêtées à la formation de réserves pétrolifères profondes, mais où on peut fort bien rencontrer par un puits une partie

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

stérile, tandis qu'un puits voisin traverse une poche riche. Plus les « nappes pétrolifères » sont continues, comme la Pennsylvanie en fournit un exemple classique, plus, industriellement, le champ se présente dans des conditions favorables.

Si nous précisons maintenant ces divers points, dans leur application spéciale à l'Asie, voici ce que nous observons en les reprenant paragraphe par paragraphe :

1° Le pétrole asiatique est à peu près exclusivement concentré sur la zone des plissements tertiaires, dans les pays dont nous avons déjà donné l'énumération. Ailleurs, dans les voussoirs de consolidation primitifs, comme les deux anciens continents de la Sibérie et de l'Inde, on n'en trouve pour ainsi dire pas trace. Il en résulte une relation apparente, qui a souvent frappé les théoriciens, entre les zones pétrolifères et les zones volcaniques : les volcans se trouvant de leur côté localisés sur les zones récemment plissées. Dans la théorie éruptive du pétrole, il y aurait là une relation de cause à effet : les pétroles n'étant, dans cette théorie, que les produits de fumerolles hydro-carburées, comme les remplissages métallifères des filons nous semblent attribuables à des fumerolles plus chaudes, chlorurées ou sulfurées. Cette idée, dont nous reparlerons plus spécialement à propos des pétroles de l'Insulinde, ne trouve pas, nous le verrons alors, quand on examine les faits d'un peu plus près, la confirmation qui semblait d'abord résulter d'un examen sommaire. Cependant, s'il est vrai, comme nous l'avons énoncé, que les terrains du même âge, pétrolifères dans une chaîne plissée, cessent de l'être quand on s'écarte de la zone des plissements, il faut chercher l'explication d'un tel phénomène, ou dans les actions dynamiques du plissement lui-même, ou dans les conditions de sédimentation qui ont toujours été propres aux zones destinées à se plisser. C'est dans ce second ordre d'idées que nous paraît être la vérité. Et la formation du pétrole se trouve ainsi rapprochée, comme l'exige notre remarque 6°, de celle du sel. Il semble que, sur les zones destinées à se plisser, des synclinaux, dont l'effort orogénique déterminait l'approfondissement progressif, se soient trouvés particulièrement aptes à réaliser, aussi bien les conditions nécessaires à la formation du pétrole que celles provoquant l'accumulation de grandes masses salées. Le pétrole pourrait, s'il en était ainsi, être supposé du même âge que les gisements de sel des mêmes chaînes, qui, n'ayant pas autant de mobilité, sont plus faciles à dater.

A côté des pétroles tertiaires, nous trouverons exceptionnellement, en Asie ou dans les régions voisines, des indications de pétroles pouvant appartenir à des venues plus anciennes. Tel est peut-être le cas pour les traces de pétrole signalées dans le Sud de la Sibérie. En Europe, mais non loin de la frontière asiatique, les pétroles russes de l'Ouchta (bassin de la Petchora) en sont peut-être un exemple, et cette considération va nous amener tout à l'heure à en dire deux mots.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

2° La théorie anticlinale, qui a été d'abord établie aux États-Unis dans les couches si remarquablement régulières et homogènes du bassin pennsylvanien, trouvera son application plus ou moins nette à Sumatra et au Japon. Dans les terrains compliqués du Caucase, les faits sont moins caractérisés.

Quant à une relation possible avec les zones topographiques déprimées, il y a là une remarque, assurément très hypothétique, mais qui nous paraît valoir la peine d'être formulée avec cette restriction ; car l'attention n'a pas encore été attirée sur ce point.

Sur les principales zones pétrolifères que nous allons examiner, quoique les apparitions hydrocarburées soient très disséminées, il se trouve, par un fait assez constant pour être signalé, que les extrémités déprimées des chaînes, où les anticlinaux qui les constituent sont ramenés au niveau de la mer, présentent presque partout une richesse spéciale en pétrole. Cela a lieu au Caucase, dont les deux champs pétrolifères les plus riches sont, l'un sur la Caspienne, l'autre sur la Mer Noire, bien que, dans l'intervalle, il existe beaucoup d'autres suintements, quelques-uns importants comme Grosny. De même, les pétroles de Turquie d'Asie se développent surtout dans la zone déprimée qui commence en Mésopotamie et se continue sur le rivage persique. Dans la grande chaîne tertiaire qui enveloppe le continent indou, les deux extrémités seules produisent du pétrole, dans la vallée de l'Indus et dans l'Assam, ou surtout en Birmanie, où les plissements s'abaissent peu à peu et la zone pétrolifère prend une richesse exceptionnelle en arrivant aux îles de la Sonde. Les deux centres de Sumatra sont aux deux extrémités de l'île, aux deux points où la zone pétrolifère rencontre le niveau de la mer. A Java, le pétrole se trouve également sur une zone qui coupe un promontoire au Nord de l'île en se développant au voisinage de la côte. Au Japon, le principal centre pétrolifère, en face l'île de Sado, dans la province d'Echigo, est au voisinage assez immédiat de la mer, etc...[1]

Cela ne veut pas dire que ces points déprimés soient les seuls où le pétrole existe en profondeur. Au contraire, nous venons d'insister sur ce que les zones pétrolifères se poursuivent dans l'intervalle en donnant lieu à de nombreuses manifestations superficielles. Mais la plupart de ces manifestations intermédiaires, qui avaient provoqué des recherches, ont amené à des déboires industriels, peut-être en partie faute d'avoir poussé ces sondages assez profondément.

En admettant comme vraie une loi qui, nous le répétons, n'est donnée ici que comme très douteuse, on pourrait en chercher l'explication dans la force ascensionnelle dont le pétrole souterrain est certainement doué

[1] En Europe, les petites traces de pétrole que présente la chaîne des Pyrénées sont de même aux deux bouts, dans les Landes et dans l'Hérault.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

grâce à la présence des gaz associés : force ascensionnelle qui, le cas échéant, lui imprime, ou lui a imprimé autrefois des mouvements comparables à ceux d'une nappe aquifère et obéissant aux mêmes lois.

Dans cet ordre d'idées, nous retrouverons en Asie l'application d'une règle générale, très importante à considérer industriellement, c'est la localisation, beaucoup plus grande qu'on ne le croit, des champs pétrolifères réellement riches et prospères, dont la renommée frappe l'imagination, entre d'innombrables manifestations hydrocarburées, qui peuvent susciter d'égales espérances. Partout les champs pétrolifères vraiment productifs sont très restreints.

Nous ajouterons, et cela correspond à notre 3°, qu'ils sont tous précaires. Le Caucase va nous donner un exemple trop net de la rapidité avec laquelle tend à s'épuiser un bassin d'une richesse exceptionnelle. Il en est de même partout ailleurs, et nous aurons soin de mettre en évidence la profondeur croissante des puits, qui correspond à un épuisement rapide des niveaux supérieurs. Cet épuisement est naturellement d'autant plus prompt que le pétrole profond arrive au jour avec une force ascensionnelle plus grande et avec plus d'intensité. Les puits jaillissants, dont le Caucase fournit de si étonnants exemples, n'ont qu'une durée ordinairement courte parce que la poche, à laquelle ils correspondent, se vide plus rapidement. Des couches non jaillissantes, comme celles de Pennsylvanie, correspondent fréquemment à une durée de vie plus longue. Dans tous les cas, chaque puits draine autour de lui un certain bassin d'alimentation restreint à ressources limitées, et tarit quand ces réserves sont épuisées. La possibilité que les mêmes fissures soient ensuite de nouveau remplies latéralement amène parfois la résurrection d'un puits tari, soit qu'on lui applique certains procédés comme les explosifs détonant au fond du trou de sonde, soit qu'on laisse seulement le temps agir.

4° Comme nature de terrains, nous trouverons en moyenne le pétrole dans des sables ou grès mal agglutinés, poreux, à l'exclusion des roches trop compactes, dans lesquelles l'hydrocarbure n'a pu s'introduire, sinon adventivement par des fissures locales, donnant lieu à des épanchements très momentanés. Les couches favorables seront celles où ces conditions susceptibles d'amener la concentration du pétrole ont été réalisées sur une assez forte épaisseur, et surtout quand il existe au-dessus une autre couche imperméable qui a empêché le pétrole de s'échapper en montant plus haut. L'existence, dans les terrains récents d'âge tertiaire, de couches meubles, que, dans les terrains plus anciens, le métamorphisme a tendu à souder et à rendre compactes, a pu contribuer, dans une certaine mesure, à côté des influences précédemment mentionnées, à la localisation fréquente du pétrole dans les couches tertiaires de préférence à des couches plus anciennes;

5° L'existence en un même point de plusieurs niveaux pétrolifères

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

superposés, plus ou moins réguliers suivant la nature des terrains, est un fait très général, dont nous trouverons des applications à peu près dans tous les champs pétrolifères où l'on a déjà fait des recherches un peu avancées. Les autres observations sont également très générales en Asie. Notamment, la diminution de densité du pétrole, quand on s'enfonce, a été observée aussi bien à Java et à Sumatra qu'au Caucase (7m).

Ces remarques vont se trouver précisées par la description successive des principaux champs pétrolifères asiatiques.

PÉTROLES DE RUSSIE, TURQUIE D'ASIE ET PERSE

Bassin de l'Ouchta. — Bien que ce bassin soit européen, nous en rappellerons l'existence pour les raisons indiquées plus haut. Sur le versant Ouest de l'Oural, on sait qu'il se détache de la chaîne principale un rameau secondaire, d'âge permo-carbonifère, que l'on nomme le Timan. Cette chaîne hercynienne du Timan peut être caractérisée, vers le 63e degré de latitude et le 53e de longitude, par deux axes carbonifères, entre lesquels est encadrée une zone dévonienne. Des suintements pétrolifères y ont été signalés, depuis fort longtemps, sur les bords de l'Ouchta, affluent de l'Ichma qui se jette dans la Petchora, dans un calcaire marneux appartenant au dévonien supérieur. Ils y sont évidemment adventifs et des sondages, poussés, en 1895, jusqu'à 180 m. de profondeur, ont, en effet, rencontré des nappes pétrolifères, que les difficultés du climat et le manque de moyens de communication ont seuls, croyons-nous, empêché, jusqu'ici, de mettre en exploitation [1].

Pétroles de Sibérie (Baïkal) et de Sakhaline. — Le bassin de l'Ouchta est, dans la Russie proprement dite, le seul point pétrolifère, en dehors de la zone Sud, Crimée et Caucase, sur laquelle nous allons revenir, bien que l'on connaisse de l'asphalte près de Vologda, entre Moscou et Archangelsk, et sur les bords de la Volga, près de Sysran.

Quand on passe en Sibérie, dans la vaste zone précambrienne, où tout le primaire apparaît horizontal, on ne semble rencontrer aucune trace de pétrole. Il faut, pour en trouver un peu, descendre au moins vers le Sud, jusqu'à la chaîne hercynienne que nous avons précédemment suivie, ou surtout atteindre la zone des plissements tertiaires.

C'est peut-être une indication de pétrole hercynien que celle signalée sur l'Angara en aval d'Irkoutsk. Mais c'est assurément à une venue tertiaire qu'il faut rattacher les pétroles (sans importance pratique) signalés aux environs du lac Baïkal et dans l'île de Sakhaline.

La région du *lac Baïkal*, si nettement influencée par les mouvements tertiaires et encore aujourd'hui agitée par les séismes, offre un peu de

[1] L. De Launay (*La Nature*, 1511, 10 mai 1902).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

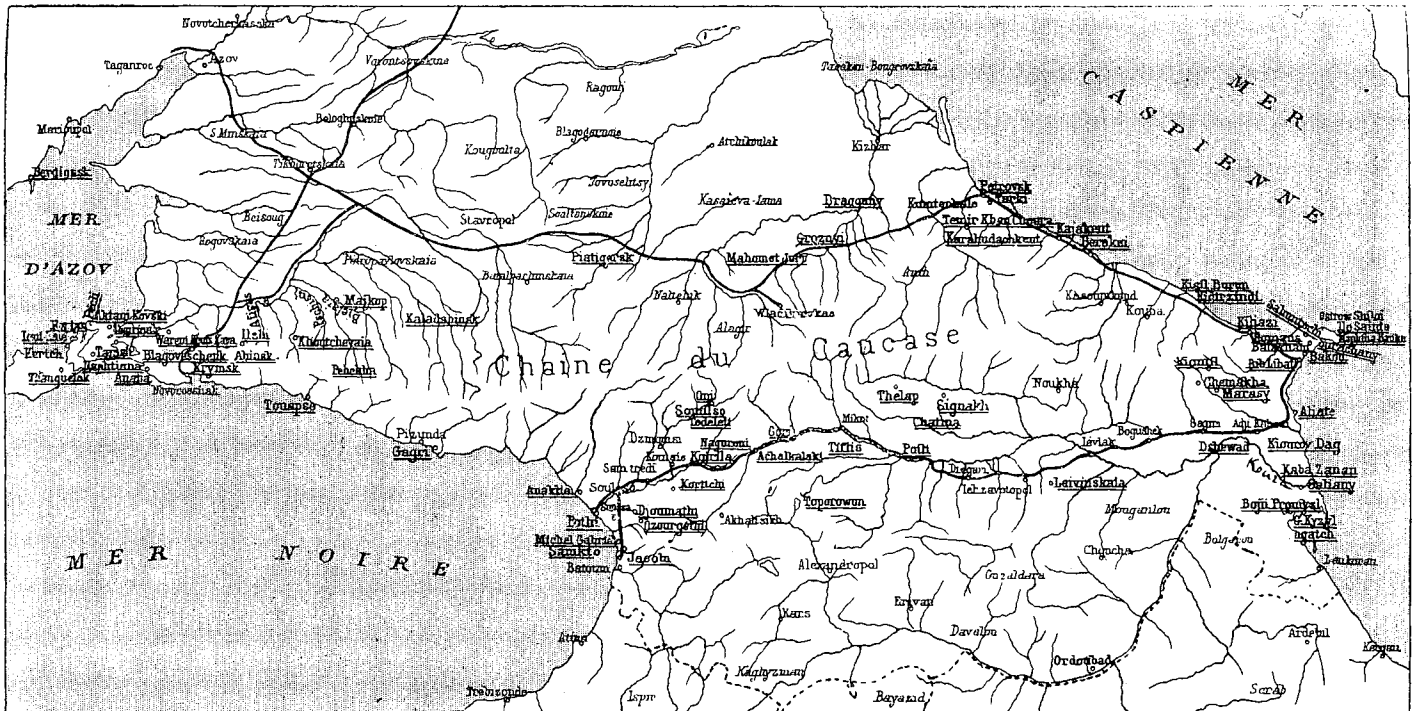


Fig. 24. — Carte générale des gisements pétrolifères au Caucase, d'après M. Tassart. Échelle au 1/7.500.000.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pétrole à Sukhinsky, aux environs de Fovanovo, et enfin sur le lac même, où les paysans recueillent parfois du bitume. Des recherches, commencées en 1900, ont été abandonnées [1].

Dans l'île de *Sakhaline*, où l'on est très directement sur le prolongement des plis japonais étudiés plus loin, des suintements pétrolifères ont été observés au N.E., près la baie de Nabil et sur les bords de la rivière Ninta, dans les terrains tertiaires plissés. C'est, par sa constitution géologique, une des régions de l'Asie septentrionale qui se présentent le plus favorablement pour une véritable exploitation pétrolifère. Remarquons, d'autre part, que, malgré ses relations tectoniques avec le Japon, Sakhaline, où se continuent les zones plissées d'Hokkaido, reste tout à fait en dehors des zones volcaniques japonaises, prolongées par l'arc des Kouriles.

Sans insister sur ces indices assez insignifiants, nous pouvons aborder la grande région industrielle de la Russie méridionale, où le pétrole suit manifestement la longueur d'une chaîne tertiaire.

Pétroles de la Crimée, de Maïkop, Grosny, etc. [2]. — La zone tectonique des monts Carpathes, qui est pétrolifère sur tout son versant externe en Galicie et en Roumanie, se raccorde, par les Alpes de Transylvanie, suivant une courbe en S, avec les monts Balkans, où, jusqu'ici, on n'a jamais trouvé, à ma connaissance, aucune indication pouvant faire soupçonner la présence du pétrole; puis, à travers la mer Noire, elle passe en Crimée et, de là, se prolonge par le Caucase, où les gîtes pétrolifères sont nombreux, répartis sur les deux versants, et prennent par endroits une importance exceptionnelle.

Ces gisements commencent dans la presqu'île de *Kertch*, où, depuis longtemps, les suintements pétrolifères, les volcans de boue, les dégagements de gaz, les asphaltes, les sources sulfureuses (probablement dues à une réduction des sulfates par des hydrocarbures) ont attiré l'attention. Bien des fois, et tout récemment encore, on a recommencé là des recherches, rencontrant souvent du pétrole, mais jamais en quantités suffisantes pour motiver une exploitation. Les sondages sont rendus assez difficiles par les éruptions gazeuses, qui devraient être un indice favorable, et par la nature inconsistante du terrain. On a, néanmoins, poussé jusqu'à 500 m. Mais, sur cette hauteur, on n'a pas rencontré une seule strate dont la nature ait permis l'emmagasinement du pétrole en quantité suffisante et, s'il existe un gisement utilisable (ce qui, malgré

[1] 1908. Tassart. *Exploitation du pétrole*, p. 436.

[2] 1877. Coquand (B. S. G. F., 3e sér., t. VI, p. 86). — 1893. Fuchs et De Launay, t. I, p. 109 à 115, et bibl. p. 115. — 1907. Yermoloff. *Nouvelles recherches et découvertes de naphte dans le Caucase occidental.* (Ann. d. M., déc. 1907. *La Nature*, n° 1811, 9 fév. 1908 et 27 nov. 1909). — 1908. Tassart. *Expl. du pétrole*, p. 428 à 431, avec carte de la région caucasique, p. 425.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tout, n'est pas impossible), il y a des chances pour qu'il se trouve seulement à de fortes profondeurs, que l'on n'a pas encore explorées. Le pétrole, que l'on a recueilli vers 400 et 500 m., parfois en quantités notables, était toujours du pétrole très altéré, de densité atteignant 870° et 900°: ce qui paraît impliquer un cheminement prolongé dans des fractures en relation avec la surface, à partir d'un point de départ profond hypothétique. Les terrains superficiels appartiennent au miocène, au pliocène et au pléistocène. On peut remarquer que les petits niveaux

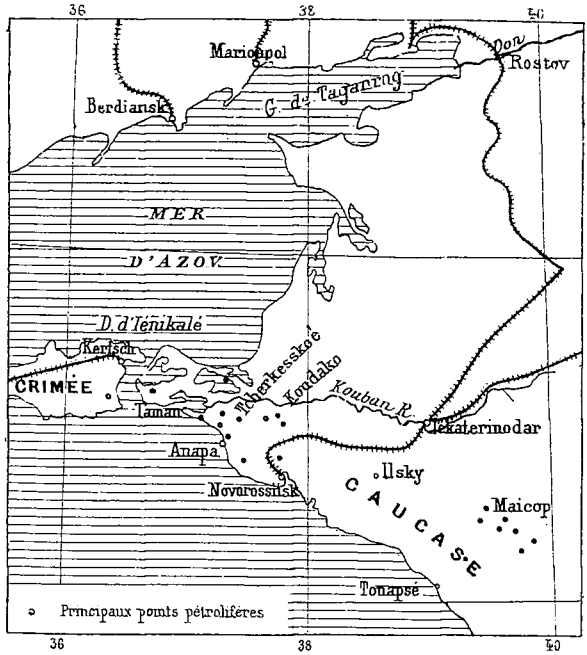


Fig. 25. — Carte des gisements de pétrole de Taman et Maïkop.

pétrolifères recoupés étaient généralement des argiles sableuses, couches hétérogènes par définition même; les bancs de grès trop durs avaient résisté à l'imprégnation.

Sur la rive opposée de la mer d'Azov, près *Berdiansk,* dans le pays des Bulgares, les puits à eau rencontrent également très souvent des gaz inflammables, ou même du naphte. Mais c'est surtout en passant le détroit d'Iénikalé pour aborder la région de Taman, Novorossisk, Maïkop, etc., que l'on trouve une zone assez riche en pétrole pour avoir fréquemment, et surtout dans ces derniers temps, attiré les chercheurs.

Dès les environs de *Taman*, immédiatement après le détroit, on connaît de nombreux volcans de boue, avec des couches chargées de bitume et d'asphalte, qui indiquent d'ordinaire la présence du naphte en profon-

UNIVERSITE DE PARIS. GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

deur. Des sondages, autrefois entrepris dans cette presqu'île, ont rencontré des difficultés pratiques tenant à l'inclinaison des couches et n'ont donné que des résultats insuffisants. Plus loin, vers l'Est, les indices favorables se continuent dans la basse vallée du *Kouban*, dont Pallas signalait, dès 1793, la richesse pétrolifère, puis, sur le bord de la mer Noire, à Anapa, et, dans l'intérieur, sur le versant Nord du Caucase, en un certain nombre de points tels que Tcherkesskoé, Koudako, Ilsky, Maïkop. L'insuccès de deux grosses entreprises, telles que la société de Koudako, organisée par un financier fameux, puis le Standard russe de Novorossisk, où furent engagés des capitaux importants, n'a pas empêché, en 1907, un ingénieur des mines russe, M. Winda, d'appeler de nouveau l'attention sur les deux régions d'Anapa-Tcherkesskoé et de Maïkop, où, d'après lui, les sondages avaient échoué, comme cela paraît s'être produit si souvent, faute d'avoir dépassé en profondeur la zone appauvrie par un long épanchement vers la surface et, en outre, dépréciée par une oxydation superficielle. On a donc recommencé récemment des sondages en ces deux points et non sans quelque succès, comme nous allons le voir bientôt.

A *Anapa*, les forages recoupent, vers 40 m. de profondeur, des argiles noires naphtifères et des couches de sable imprégnées de naphte. A *Koudako*, où l'on a fini par une liquidation, on avait, en 1886, rencontré un jaillissement assez important de pétrole à 865°. Mais c'est surtout à *Ilsky* que la Cie du Standard Russe a fait, à partir de 1880, un effort considérable et infructueux. On a foré alors plus de 200 puits, organisé un pipeline d'Ilsky au port de Novorossisk, etc. En 1887, la production de ce centre a atteint 16.000 t. ; mais, finalement, l'entreprise a dû être abandonnée, quoiqu'elle ait abouti à la constatation de trois niveaux pétrolifères sérieux. Le premier de ces niveaux, retrouvé encore en 1893 un peu au Nord d'Ilsky, à *Glinoy Balka*, est formé de pétrole très lourd à 970°, dont on n'a jamais pu tirer une proportion suffisante d'huile lampante malgré des procédés énergiques de traitement, vapeur surchauffée, pulvérisation, etc., et dont l'état physique, d'autre part, empêchait le transport par pipeline. Deux niveaux inférieurs, traversés à 250 et 370 m., ont donné, comme cela se produit d'ordinaire quand on s'approfondit, un pétrole de densité moindre et de meilleure qualité.

Enfin, la dernière région explorée est à environ 230 km. de Taman, entre *Maïkop* et le port de Touapsé, où des sondages en cours donnent de grandes espérances et où l'on projette déjà d'établir un pipeline de 80 km. vers Touapsé, en attendant l'achèvement de la voie transcaucasienne Maïkop-Touapsé. Là aussi l'existence du pétrole est manifestée par des formes altérées superficielles, un « lac de naphte », une « montagne de cire » imprégnée d'ozocérite et surtout la rencontre, dans les puits de 20 à 25 m. de profondeur, d'une huile très lourde, depuis longtemps employée par les Tcherkesses, puis par les Cosaques, pour le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

graissage. On est en ce point, sur le versant Nord du Caucase dont les terrains présentent, en moyenne, une pente douce, qui contraste avec les gradins irréguliers du versant Sud. Les terrains, qui avaient été jadis étudiés géologiquement par Coquand, comprennent des couches d'argile sableuse naphtifère séparées par des argiles noires bitumineuses ayant résisté à l'imprégnation. Ce sont les conditions que nous avons déjà rencontrées à Kertch. Jusqu'ici, les difficultés de transport, plus encore que les conditions géologiques, avaient empêché la mise en exploitation. Il semble toutefois que, dans toute cette région Ouest du Caucase, où les signes extérieurs sont partout si encourageants, il ait manqué, en général, des strates poreuses épaisses et à peu près régulières susceptibles de permettre l'emmagasinement de quantités notables de naphte. On doit penser, d'autre part, qu'on n'était pas autrefois descendu assez profondément pour échapper aux conditions fâcheuses de la zone superficielle. Cependant, ici encore, on a trouvé, en 1907, à 60 m. de profondeur, une source qui a donné, pendant deux mois, 16 t. par jour, d'un naphte léger à 864°. En août 1909, également à 70 m. de profondeur, à Maïkop, un puits jaillissant qui, malheureusement, a pris feu presque aussitôt, a débité au moins 60.000 t. de pétrole. En août 1910, un nouveau puits a atteint le pétrole a 277 m. sur la Maïkop Spies. Actuellement, on admet que le bassin pétrolifère (encore inexploité) peut couvrir 10.000 hectares.

En continuant à suivre vers l'Est le flanc Nord du Caucase, en observe, en divers points, des indices hydrocarburés; mais, pour trouver un district vraiment industriel, il faut gagner le bassin du Térek, sur le versant de la Caspienne, où, entre Vladicaucase et Bakou, se trouve, le long de la ligne du chemin de fer, le grand district de *Grosny*[1].

Ce district de Grosny, connu depuis 1823, n'a été mis en valeur que depuis 1890. Cette année-là, un puits, foré à 130 m., a donné, par jour, 1.600 t. de pétrole à 885°. Quelques puits, exécutés ensuite, produisirent des résultats remarquables : 500.000 t. et 650.000 t. pour un seul puits; ailleurs, des jaillissements de 8 et 10.000 t. par jour. Dès lors, ce district s'est développé rapidement et sa production depuis l'origine est représentée par les chiffres suivants :

1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
54.000	84.000	134.000	280.000	450.000	290.000	442.000	503.000

1901	1902	1903	1904	1905	1908	1909
565.000	568.000	532.000	655.000	704.000	833.000	1.004.600

D'une façon générale, on constate à Grosny, malgré la richesse de certains puits, divers caractères fâcheux, que nous retrouverons à Bakou et qui tiennent à la constitution même des terrains tertiaires, dans les-

[1] 1897. A. Konchin. (Cong. Géol. int. XVIII). — 1906. K. Kalicky. *Das Naphtageb. Grosnyi.* (Mem. com. geol. russe. Nouv. série, t. 24). — Coll. Ec. d. Mines 2093.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quels s'est accumulé le pétrole. Les sondages donnent des résultats très irréguliers dans un même district. Cependant leur production moyenne annuelle est, en 1909, de 5,740 t. (pour 175 sondes productives), très supérieure à celle de Bakou où l'on n'atteint dans la même année que 3.830 t.

La zone utilisée forme, à 10 km. Ouest de la ville de Grosny, un anticlinal N. 110° E. composé de schistes argileux jaunâtres, avec lits de marnes dures et bancs de grès d'épaisseur variable, appartenant aux étages oligocène et miocène.

D'après A. Konchin, les suintements naphtifères de Grosny se montrent dans les dépôts paléogènes, que recouvrent les couches stériles néogènes. Ils sont accompagnés par des émanations d'hydrocarbures et des sources minérales sulfureuses chaudes. Le terrain naphtifère, formé de sables, grès et argiles, est recouvert par des argiles schisteuses foncées néogènes, qui maintiennent le pétrole sous pression : couches parfois enlevées par l'érosion (d'où le jaillissement du pétrole), ailleurs recouvertes par 100 à 300 m. de stérile. Les sondages ont porté sur le versant Nord de l'anticlinal. On cite, pour sa richesse, la fontaine n° 7, exploitation d'Akhverdov, qui, forée en 1895 à 130 m., a rejeté, en un an et demi, 650.000 t. de pétrole.

Au N.E. de Grosny, on a retrouvé un peu de pétrole à *Bragony;* au S.W., à *Mahomet Yourt,* etc. Mais, pour rencontrer un autre district industriel, il faut gagner les bords de la Caspienne, où une zone d'une richesse classique commence à Berekei, atteint son maximum à Bakou et se continue encore un peu vers le Sud. Nous allons insister tout à l'heure sur cette zone qui, peut-être par une sorte de loi hydrostatique, se trouve précisément au point où la chaîne du Caucase semble mourir dans la Caspienne; mais, auparavant, nous devrons mentionner encore les faibles indications pétrolifères que l'on connaît sur le versant Sud du Caucase.

Le fait que le pétrole se trouve ainsi sur les deux versants du Caucase, tandis qu'il est concentré sur un seul versant des Carpathes est en rapport avec la structure moins dissymétrique de la première chaîne que nous avons précédemment étudiée [1].

Transcaucasie. — Sur le versant Sud du Caucase, il existe d'assez nombreuses indications pétrolifères, qui suffisent à montrer la généralité du phénomène, mais qui, nulle part, n'ont valu la peine d'être exploitées. Nous avons déjà indiqué, en commençant, celles d'Anapa. Il existe aussi de l'asphalte près de *Gagri*. On retrouve du naphte entre Poti et Batoum, à l'embouchure de la Soupsa, à *Gouri*, sur le 42e degré de latitude et de longitude, où des émissions de gaz inflammables, des asphaltes, des suintements d'huile utilisés par les habitants ont donné,

[1] Pages 254 à 269.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en 1896, l'idée de faire des forages. Ceux-ci ont traversé, à 120 m., une couche contenant un peu de pétrole et surtout des gaz ; mais on a poussé jusqu'à 350 m. sans rien rencontrer de plus.

En suivant de là, vers l'Est, la longueur de la chaîne, on trouve des indications analogues autour de *Koutais* ; puis, près de *Kvirila*, dont nous avons déjà parlé à l'occasion du manganèse (pétrole et ozocérite) ; à *Gori* ; ensuite, à 80 km. N.E. de Tiflis, à *Zemachodacheni*, où l'on a

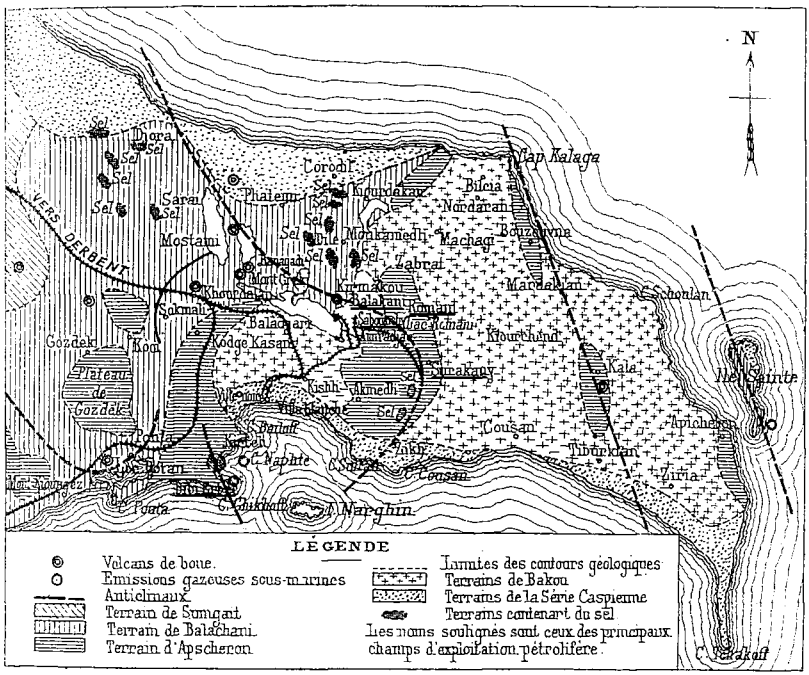


Fig. 26. — Carte des gisements pétrolifères de la région de Bakou, d'après M. Tassart. (Echelle au 1 : 500 000, 2 mm. par kilomètre.)

foré sans succès en 1902 ; enfin à *Chatma* (80 km. E. de Tiflis). Là, on a été attiré par de petits volcans de boue et par des puits donnant un peu de pétrole lourd à 900°, et l'on a commencé des recherches en 1903. Le cours de la rivière Yora, qui passe à Chatma et se jette dans la Koura, est marqué par diverses manifestations analogues.

District de Bakou [1]. — Le district de Bakou n'est inférieur dans le monde qu'aux centres de production Nord-Américains et mérite donc une étude un peu plus longue, quoique, précisément, sa grande richesse

[1] Coll. École des Mines, n° 1000, 2391. — Fuchs et De Launay, p. 94 et bibl. — F. Loewinson Lessing. (*Cong. géol.* XXII). Coupe générale du Caucase. — A. Konchin (*ibid.*, XXIV). *Gisements de naphte de Bakou.* — 1903. Blazy. *Le pétrole à Bakou et les intérêts français au Caucase* (Dunod, 33 p.). — Cf. *Z. f. p. G.*, 1900, p. 392 ; 1901, p. 117.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ait contribué à vulgariser ce qui le concerne, en sorte que, pour éviter des répétitions oiseuses, nous renverrons à des ouvrages de détail qu'il est facile de consulter.

Historique. — L'historique en est particulièrement connu. Chacun a entendu citer ce temple du feu (fermé en 1880 par le gouvernement russe), qui attirait d'innombrables pèlerins à Surachany. Dès 1723, aussitôt après l'annexion par Pierre le Grand, on commença à exporter le pétrole de Bakou en Russie par la voie de la Volga. Puis, de 1735 à 1806, période où la région redevint perse, il y eut une interruption. En 1806, un monopole fut établi et dura jusqu'en 1872. Quoiqu'il eût naturellement pour effet de paralyser l'essor industriel, dès 1849 on extrayait 4.000 t. de pétrole par jour. En 1872, le monopole fut enfin aboli. Peu après, en 1875, les frères Nobel y fondaient leur établissement célèbre, organisaient un pipe-line vers leur raffinerie, puis, en 1879, construisaient le premier bateau-citerne pour transporter le pétrole sur la Caspienne. Les progrès réalisés depuis cette époque sont résumés dans le tableau suivant, qui donne, d'abord de cinq ans en cinq ans, puis d'année en année, la production, calculée en tonnes, de la presqu'île d'Apchéron (Bakou) :

1865	1870	1875	1880	1885	1890	1895	1900
9.000	23.000	86.500	405.000	1.880.000	3.699.000	6.190.000	9.856.000
1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909
10.410.000	9.750.000	10,180.000	6.783.000	8.000.000	7.620.000	7.448.000	7.848.000

La production de 1909 se répartit de la manière suivante : Sabountchy (3.315.072 t.) ; Bibi Eibat (1.964,160 t.) ; Romany (1.402.032 t.) ; Balakhany (1.167.360 t.).

Ces chiffres, évalués en pétrole brut, ne sont pas comparables avec ceux des États-Unis, où la production d'huile lampante (khérozène) est en moyenne presque double (70 p. 100 au lieu de 30 p. 100) pour la même quantité de brut. Ils ont, en outre, subi, dans ces dernières années, l'effet des troubles révolutionnaires qui ont si profondément ébranlé la Russie. Ils montrent cependant assez l'importance pratique de ce grand district et sa décroissance actuelle.

Contrairement à ce que pourrait faire croire la vaste dissémination des indices pétrolifères, la région industriellement florissante de Bakou qui, avec Grosny, est la seule fructueuse sur toute la longueur du Caucase, est, en somme, concentrée dans un espace fort restreint, occupant 10 km² sur la carte, mais seulement exploité d'une manière intensive sur 700 hect. Il y a là une remarque générale, qu'il n'est peut-être pas mauvais de signaler à cette occasion avec quelque insistance pour aller au-devant d'illusions trop fréquentes. Sur les quatre grands districts de Bakou, trois, en effet, ceux de Balakhany, Sabountchy et Romany (12 km. Nord de Bakou), sont concentrés, avec Zabrat, dans ce petit

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

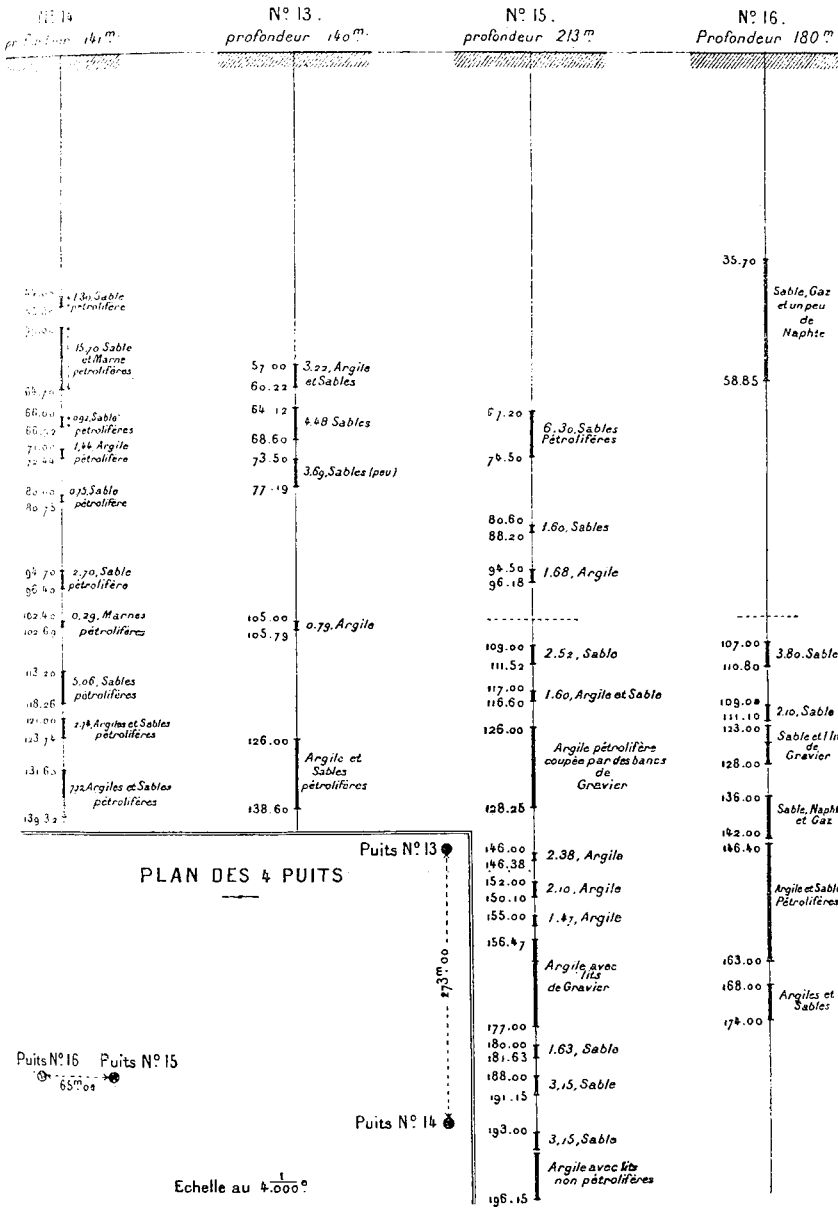


Fig. 27. — Coupes et plan de 4 puits appartenant à la Société Commerciale et Industrielle de naphte, Caspienne et mer Noire, à Balakhany.

espace. Seul, Bibi-Eibat, plus récemment mis en valeur, est situé à 5 km. S. W., au voisinage de la mer, sous laquelle les affleurements

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

se prolongent d'une façon tellement manifeste qu'on est en train d'assécher une vaste superficie pour y continuer les forages.

Le centre principal est à 76 m. environ d'altitude au-dessus de la Caspienne, soit 50 m. au-dessus de la mer. L'exploitation y a commencé à Balakhany, puis s'est étendue à Romany et Zabrat. A Bibi-Eibat, le premier forage ayant donné un jaillissement important date de 1886.

Conditions d'exploitation. — Les tableaux ci-joints résument les principales conditions d'exploitation et les variations de ces conditions avec le temps :

Nombre des puits productifs.

	1895	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1905 après les troubles.
Balakhany . . .	230	736	775	720	693	732	541	174
Sabountchy. . .	325	665	780	751	747	732	506	167
Romany	62	185	213	219	221	253	187	107
Bibi-Eibat . . .	31	112	143	135	174	222	189	77

Production moyenne par puits productif et par jour en tonnes.

	1895	1900	1901	1902	1903	1904
Balakhany	13	7,5	6,8	6,2	5,6	5
Sabountchy.	23,8	16,8	16,8	15,8	13,7	12,2
Romany	80	28,5	25,9	28,4	24	23,4
Bibi-Eibat	67,5	43	41,5	42	40	36,2

Production moyenne des puits dans leur première année d'exploitation en tonnes par puits productif et par jour.

1895	1900	1901	1902	1903	1909
57	16,2	21	21	18,5	10,6

Profondeur moyenne des puits en mètres.

	1875	1880	1885
Ensemble du district	60	97	147

	1895	1900	1901	1902	1903	1904	1905
Balakhany . . .	210	242	248	253	264	264	
Sabountchy . . .	278	313	332	354	360	362	
Bibi-Eibat. . . .	313	364	379	425	455	490	
Romany	328	410	422	440	459	445	

Ces divers tableaux mettent aussitôt en lumière la rapidité extrême avec laquelle s'épuise ce champ pétrolifère. En dix ans, de 1895 à 1904, la profondeur des puits a augmenté, suivant les districts, de 25 à 55 p. 100; le débit moyen s'est réduit à 40 p. 100 environ pour les deux districts les moins profonds, Balakhany et Sabountchy; à 29 p. 100 pour Romany, et à 52 p. 100 pour Bibi-Eibat. En 1909, le nombre total des sondes productives étant de 2.100, la moyenne journalière, considérée comme très favorable, n'a été que de 10,60 tonnes.

Et cette diminution n'est pas un fait passager, accidentel; elle se poursuit depuis les commencements de l'exploitation. Dès 1885, on posait pour règle que chaque production nouvelle de 1.000.000 t. ame-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nait un approfondissement moyen de 13 m. Ce chiffre est fort exagéré et le paraît d'autant plus que la production se répartit aujourd'hui sur une région plus étendue. Néanmoins, de 1900 à 1904, alors que l'on extrayait, en cinq ans, 51.470.000 t. de pétrole, soit environ 10 millions par an, la profondeur moyenne augmentait de 60 m., soit 6 m. par million de tonnes. En admettant que la loi se poursuive et supposant même que la production ne dépasse pas 10 millions de t., on sera, en 1950, à plus de 670 m. Le fait néanmoins n'est pas aussi effrayant qu'on le croirait d'abord pour l'avenir du district, puisque, dans beaucoup d'autres régions pétrolifères, l'exploitation courante se fait au-dessous de 1.000 m. et qu'en somme la richesse des puits semble, ici comme partout, tendre plutôt à augmenter qu'à diminuer avec la profondeur.

Cette affirmation semble, il est vrai, tout d'abord, quelque peu paradoxale, étant donné le rapprochement des tableaux précédents qui montrent, avec la profondeur croissante, les rendements moyens par puits et les rendements moyens par première année d'exploitation diminuant peu à peu, en sorte que la diminution peut paraître la conséquence directe de l'approfondissement. De même, la vie des puits tend à se réduire. Mais il ne faut pas s'imaginer que tous les puits nouveaux vont chercher le pétrole à la profondeur maxima atteinte au moment où on les fore. La plupart s'arrêtent, au contraire, en rencontrant le pétrole exploitable dans une couche plus haute, déjà presque totalement épuisée par les forages antérieurs. Par contre, on peut remarquer que les deux districts les plus profonds de beaucoup, ceux de Bibi-Eibat et de Romany, sont, en même temps, ceux où la production moyenne est la plus élevée, jusqu'à cinq et six fois les chiffres comparables de Balakhany. Et, si cela tient en partie à ce que ces districts sont plus jeunes et moins épuisés, cela peut aussi résulter de ce qu'ils vont chercher le naphte à une plus grande profondeur : les couches plus profondes ayant été, au moment de leur remplissage, plus voisines de l'origine même du pétrole et, en même temps, ayant probablement subi un moindre drainage ultérieur, une moindre perte vers la surface pendant les longues périodes écoulées depuis le dépôt du pétrole dans ses premiers réservoirs souterrains.

Quant à la diminution du rendement par puits, on a fait observer que, tout en étant rapide, elle l'était cependant moins que l'augmentation du nombre des puits dans chaque région, de sorte que, le nombre des puits décuplant, le rendement moyen par puits a, par exemple, en douze ans, baissé de moitié à Bibi-Eibat, mais que, finalement, on a extrait au total cinq fois plus.

Les terrains de Bakou, dont nous donnerons tout à l'heure la description géologique, présentent, pour l'industrie spéciale du pétrole, des caractères que l'on peut résumer en deux mots. Ils sont extrêmement irréguliers et hétérogènes, passant constamment, par variations latérales, de l'argile au sable plus ou moins agglutiné ou même au gravier,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en sorte que les conditions favorables à l'emmagasinement du pétrole se modifient elles-mêmes à chaque pas. En outre, leurs dislocations sont telles que, jusqu'ici, on n'a jamais pu faire aucune coordination sérieuse des résultats obtenus. Contrairement à ce qui se passe en Pennsylvanie, où l'on a eu le type le plus parfait de couches poreuses régulières à production constante, à Bakou, les résultats obtenus dans des puits immédiatement contigus varient sans cesse, comme le montre notre figure 27, et un puits stérile peut fort bien être encadré de puits très riches, ou inversement une fontaine jaillissante d'une richesse exceptionnelle se rencontrer à la fin dans un terrain déjà perforé inutilement de puits stériles ou pauvres. C'est l'équivalent de ce qui se passe pour les circulations d'eau profonde, dans le cas si ordinaire où les soi-disant nappes, dont parlaient les anciennes descriptions, n'existent pas et sont remplacées par un réseau complexe de filets souterrains, que l'on peut ou non rencontrer à des profondeurs variables.

Dans ces conditions, on ne saurait guère parler de « niveaux pétrolifères » un peu généraux, comme on le fait couramment ailleurs. Suivant les points, on rencontre du naphte à peu près à toutes les profondeurs.

Ce sont surtout les conditions physiques des terrains qui déterminent l'accumulation du pétrole ou la stérilité des couches. Ainsi les argiles compactes sont d'ordinaire stériles, à moins qu'elles ne soient fissiles et ne renferment de l'huile dans leurs fissures, ou encore qu'elles ne deviennent sableuses : ce qui entraîne la localisation du pétrole dans des sortes de niveaux maintenus par les schistes. Les sables les plus favorables sont ceux qui présentent un grain moyen. Ils peuvent alors arriver à en renfermer 25 à 50 p. 100. Si le sable est fin et tassé, les vides se réduisent et la teneur n'est plus que de 10 à 20 p. 100. Enfin, les grès compacts et durs, agglutinés par un ciment calcaire, n'en renferment guère plus de 3 p. 100.

L'irrégularité des couches de Bakou est sans doute une des causes pour lesquelles on rencontre, par endroits, des poches d'une richesse extraordinaire, où semble s'être accumulé le pétrole qui n'a pu trouver place dans les terrains avoisinants. Le fait est à rapprocher de celui que présentent les médiocres asphaltes de Pont-du-Château, en Auvergne, où l'on voit des ruisseaux de bitume suinter dans certaines galeries, comparés avec les asphaltes régulièrement imprégnés de Seyssel (Ain), où l'hydrocarbure s'est réparti de tous côtés dans le calcaire sans présenter ces accumulations exceptionnelles. Mais la richesse étonnante de certaines fontaines jaillissantes à Bakou tient, en outre, à la grande proportion de gaz, qui s'est amassée en profondeur avec le pétrole dans quelques vides souterrains et qui détermine une brusque expansion lorsque le forage vient à la crever. Cette richesse en gaz est en rapport bien probable avec l'âge des pétroles de Bakou et avec leur composition chimique connexe dont nous allons reparler. Il semble que ces pétroles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

récents, ayant été par suite moins métamorphisés, aient perdu une moindre proportion de leurs matières volatiles.

Cette abondance des gaz est, pour le dire en passant, une des raisons qui contribuent à l'épuisement rapide des niveaux pétrolifères de Bakou. En effet, le pétrole s'élance au jour avec violence et souvent même si brusquement qu'on en perd une grande partie. Le réservoir souterrain dont il provient, — réservoir qui, il faut bien le remarquer, est limité et ne se renouvelle pas, — doit forcément s'épuiser plus vite. Et, en outre, chaque sondage nouveau, créant une issue aux gaz, diminue leur pression souterraine : par conséquent, les chances de jaillissement dans les puits nouveaux.

Voici, à côté des rendements moyens donnés plus haut, quelques exemples célèbres de ces fontaines exceptionnelles. On a vu, à Bibi-Eibat, un jaillissement donner environ 80.000 t. de pétrole, qui furent entièrement perdues dans la mer. En 1902, un puits de Romany donna 164.000 t. en dix jours. En 1904, un puits de la propriété Tumaief, qui avait été exploité depuis longtemps et qui donnait 32 t. par jour, a brusquement produit 10.000 t. par jour pendant trois jours, puis est retombé à 320 t. Divers puits ont donné 1.000 à 2.000 t. pendant quatre ou cinq jours, pour s'arrêter ensuite et parfois reprendre leur jaillissement quand une nouvelle accumulation de gaz avait eu le temps de se former. Très souvent, à Bakou, les puits commencent par être jaillissants, puis nécessitent un pompage. Cependant, nous venons de voir un cas où un puits ancien a eu tout à coup un jaillissement remarquable.

Composition chimique. — Chimiquement, le pétrole du Caucase présente, avec celui de Pennsylvanie, une différence si sensible qu'on a quelquefois voulu y voir la preuve d'une origine différente : celui du Caucase étant alors supposé éruptif, tandis que le pétrole de Pennsylvanie serait organique. En deux mots et sans insister, on a remarqué que les pétroles pennsylvaniens étaient de formule générale C^nH^{2n+2} (groupe du méthane), ne contenant qu'accessoirement les carbures moins saturés, C^nH^{2n} et C^nH^{2n-2}, tandis que les pétroles de Bakou sont, en moyenne, des carbures non saturés, alicycliques, homologues supérieurs de l'éthylène, C^nH^{2n}, ou même de l'acétylène, C^nH^{2n-2}, mais contenant accessoirement des corps de la série du méthane. Les carbures alicycliques et aromatiques sont, d'ailleurs, représentés dans les deux cas. On n'a pas pu, jusqu'ici, reproduire la série de l'éthylène en partant de tissus organisés, tandis que l'opération réussit très bien pour les pétroles saturés homologues du méthane, C^nH^{2n+2}, dominant en Pennsylvanie. Par contre, la synthèse des types éthylène et acétylène a été réalisée par voie minérale. Mais, outre que l'on trouve, en réalité, tous les carbures dans les deux cas, la distinction même sur laquelle on s'est fondé nous paraît sans fondement chimique, et il est infiniment probable, à notre avis, que la synthèse des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

deux séries se réalisera un jour ou l'autre, par la voie organique comme par la voie minérale : la différence entre ces deux catégories étant de celles que la chimie élimine peu à peu. Ce n'est pas, croyons-nous, par la chimie que l'on résoudra jamais cette question géologique si délicate.

Si l'on envisage, au contraire, les faits géologiquement, on peut remarquer que les pétroles de Pennsylvanie ont des chances pour être infiniment plus anciens que ceux du Caucase, ayant eu sans doute une formation en rapport avec les mouvements hercyniens qui les ont produits ou accumulés dans tous les terrains antérieurs à la fin du carbonifère. Ceux de Bakou doivent, au contraire, probablement s'être formés à la suite des mouvements tertiaires.

D'autre part, les pétroles de Bakou sont, par rapport à ceux de Pennsylvanie, relativement superficiels. Métamorphisme profond et altération de surface ont pu jouer, dans la composition actuelle, un rôle qui serait à préciser. Il est possible aussi que la température de distillation n'ait pas été primitivement la même. Plus cette température est haute, plus, on le sait, les carbures sont pauvres en hydrogène.

Dans la composition du pétrole de Bakou, il y a encore un autre trait caractéristique dont j'ai déjà dit un mot. Tandis que l'huile brute du bassin pennsylvanien a pour densité 780 à 790 dans les districts de Pennsylvanie et de la Virginie, les pétroles de Bakou sont ordinairement compris entre les limites suivantes : Balakhany et Sabountchy, 863-872; Bibi-Eibat, 825, et sont, par conséquent, beaucoup plus denses. On remarquera que le pétrole de Bibi-Eibat, le plus léger de la région, vient, en moyenne, de 490 m., contre 260 et 360 dans les deux autres districts. Or, la diminution de la densité avec l'approfondissement, dans un district déterminé, est un fait très général. Et, sans vouloir, bien entendu, supposer que tous les pétroles ont commencé par être identiques entre eux, on peut attribuer un grand rôle, dans la production des huiles plus lourdes, à l'altération superficielle. En composition élémentaire, le pétrole de Bakou contiendra, par exemple, 86,6 de carbone contre 82 à 84 dans l'Ouest américain et la différence se traduit, d'autre part, par une diminution de l'oxygène à Bakou, l'hydrogène étant à peu près en quantités égales.

Géologie. — Géologiquement, le substratum de la presqu'île d'Apchéron est formé par des terrains éocènes, oligocènes et miocènes ayant subi des plissements qui donnent des anticlinaux dirigés environ N. W., c'est-à-dire tout à fait obliquement sur l'allongement de la pointe et sur la direction orographique du Caucase, mais avec des incurvations très accentuées.

L'un d'eux passe à Bibi-Eibat, l'autre à Balakhany et Sabountchy (fig. 28). Des volcans de boue semblent assez souvent en jalonner la crête. Ces terrains sont recouverts des deux côtés de la pointe, au Nord et au

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sud, par des calcaires coquilliers blancs, que l'on considère comme un type pléistocène des dépôts formés dans la dépression aralo-caspienne et

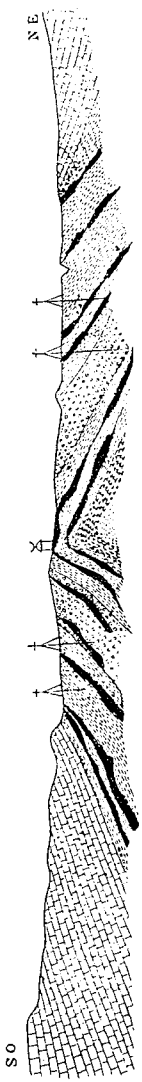


Fig. 28. — Coupe des terrains pétrolifères de la presqu'île d'Apchéron dans la direction Balakhany-Zabrat. Le sommet de l'anticlinal correspond à Balakhany.

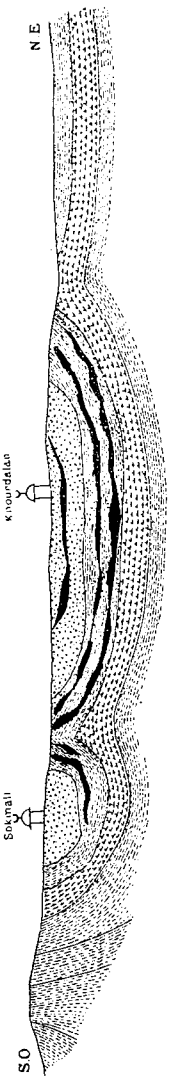


Fig. 29. — Coupes des terrains pétrolifères de la presqu'île d'Apchéron, dans la direction Sokmali-Khourdalan, d'après M. Tassart.

Ces deux figures purement schématiques ne cherchent pas à donner une représentation exacte de la configuration du sol. A droite et à gauche de la figure 28, on voit du calaire pléistocène, avec quelques couches d'argiles et de sables. Tous les terrains situés au-dessous, argiles schisteuses et grès, avec imprégnations pétrolifères figurées en noir, correspondent au terrain probablement oligocène, dit de Balakhany.

qui présentent, eux aussi, une pente à 30° près de Romany[1]. Comme dans toutes les régions pétrolifères, on observe, au voisinage du pétrole,

[1] On sait que, dans la zone de la mer Noire, on a de nombreux exemples de vallées submergées, ou, au contraire, de terrains lacustres contemporains de l'Elephas primigenius, relevés de 100 mètres.

UNIVERSITÉ DE PARIS - SORBONNE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'assez nombreux dépôts de sel et des sources salées, sans pourtant qu'il se présente des masses volumineuses de cette substance. La présence du gypse est de même manifestée par l'abondance des sources sulfureuses et des émanations d'hydrogène sulfuré, parfois même des incrustations de soufre natif. L'âge du pétrole est impossible à déterminer. On n'en trouve pas dans les couches aralo-caspiennes, peut-être simplement parce qu'elles sont calcaires. En revanche, les terrains sous-jacents peuvent tous en renfermer. L'abondance la plus grande est dans l'oligocène. Malgré l'irrégularité, dont nous avons déjà parlé, on a cru pouvoir tracer localement 8 horizons à Romany et 5 à Bibi-Eibat. C'est ce que figurent nos coupes (fig. 28 et 29). Par un préjugé dont nous aurons l'occasion de reparler à propos des pétroles indous, on s'est imaginé longtemps qu'il n'y avait pas de pétrole au-dessus d'une certaine nappe aquifère. On s'est aperçu plus tard qu'il n'y a aucune relation nécessaire et théorique entre le pétrole et l'eau, situés dans des strates indépendantes séparées par une couche imperméable, et que, pour retrouver du pétrole, il suffisait de traverser la couche aquifère, en ayant soin d'établir un serrement pour éviter d'introduire l'eau dans les couches pétrolifères inférieures, où elle exercerait une action refoulante sur le pétrole.

La région pétrolifère, dont le centre principal est Bakou, s'étend dans tous les sens bien au delà de la zone où sont aujourd'hui concentrées les exploitations industrielles. Au Sud de Bibi-Eibat, on voit partout des taches noires de bitume ou d'asphalte, des efflorescences salines ou même des volcans de boue. Ce régime se continue à Aliate, où la ligne de Tiflis tourne vers l'Ouest, puis sur les deux bords de la Koura et dans tout le pays désolé qui s'étend vers l'Elbourz. Les conditions économiques et politiques du pays ont jusqu'ici empêché les recherches dans ce sens, le gouvernement préférant ne pas laisser se disperser les efforts. Vers le Nord, on retrouve des indications analogues jusqu'à Berekei. Enfin, la zone pétrolifère traverse la Caspienne. Près de l'île Sainte, on prétend que des barques sont parfois renversées par des émanations gazeuses violentes. Au-dessous de Bibi-Eibat, les Iles Boueuses sont formées par des émissions de boue et de gaz. Le Naphta-Bank, que marquent les cartes à 30 km. Est de la pointe Apchéron, est connu également pour ses émissions sous-marines. Enfin, après une interruption, on retrouve le pétrole dès qu'on atteint la rive Est de la Caspienne, à l'*île Tchéléken*. Les couches très disloquées qui forment cette île présentent, dès la surface, de l'huile lourde, du pétrole, de l'ozocérite [1]. La maison Nobel y a foré un puits de 300 m., qui a donné quelques jaillissements d'huile, rapidement suivis d'obstructions. 100 km. plus à l'Est, à Nephtianaya, au Sud de la ligne transcaspienne

[1] Coll. Éc. d. Mines, 2531.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de Krasnovodsk à Merv, on a fait un commencement d'exploitation à un endroit signalé par de nombreux volcans de boue. Le pétrole a été signalé jusqu'à Merv sur le prolongement direct de la zone caucasienne. On retrouve, d'autre part, comme nous allons le voir, le pétrole plus au Nord, dans la province de Ferghana, qui forme l'extrémité du territoire russe au Nord du Pamir.

Turkestan russe. (Ferghana) [1]. — Les recherches pour pétrole de cette région ont été surtout faites un peu au Sud de Margellan (station de chemin de fer intermédiaire entre Kokand et Andidjan) et suivant une ligne E. W. allant de là, par Tchinion, passer au Sud de Kokand. Dans le groupe de Tchinion, on a poussé des sondages jusqu'à 300 m. Un peu plus au Nord, à Maili-sai (district de Namangan), un puits foré à 210 m. par le gouvernement a donné, en 1903, une importante venue de pétrole. Les niveaux pétrolifères reconnus appartiennent au crétacé supérieur, nettement plissé. Ils ont partout donné, jusqu'ici, l'impression d'être disséminés sans véritable concentration industrielle.

Asie Mineure et Arabie. — En Asie Mineure, on peut signaler, comme indices de dégagements hydrocarburés, quelques points où se dégagent des vapeurs brûlantes.

Il est difficile de dire s'il s'agit d'un phénomène semblable en Troade, à Bergas (Assos) [2], où, au milieu d'un massif trachytique, les pierres sont, d'après la tradition, assez chaudes pour consumer aussitôt les cadavres qu'on y ensevelit. Il ne s'agit là peut-être que d'une simple activité hydrothermale, manifestée dans la même région par les sources bouillantes chlorurées sodiques de Touzla. Mais c'est à peu près certainement le cas pour les fameux feux naturels de la *Chimère*, sur la côte de Lycie, qui jaillissent d'un massif de serpentine [3].

En Arabie, le Bahr-el-Safi, dont les abîmes et les sables fluides ont donné lieu à toutes sortes de légendes, présente des sources de pétrole.

Kurdistan, Mésopotamie et Perse [4]. — Nous abordons maintenant une zone plus méridionale que la précédente et située sur une autre traînée de plis tertiaires. Partant de l'Arménie, elle suit la côte méridionale de la Perse; nous la retrouverons plus tard dans l'Inde, avec les deux groupes pétrolifères du Punjab et de la Birmanie supérieure et son prolongement passe par Sumatra et Java.

[1] 1902. *Les sources de pétrole de l'Asie Centrale* (*Bull. Ann. Mines*, janv. 1902, p. 611), cf. *Z. f. pr. G.*, 1899, p. 304. — 1903. Levat. (*Ann. d. M.*, mars, p. 303 à 317).

[2] *Peterm. Mitth.*, 1862, p. 238.

[3] Tchihatcheff (*loc. cit.*, I, 424 à 431).

[4] Pour le pétrole en Perse, on peut voir : *Z. f. p. G.*, 1900, p. 163; 1901, p. 160; 1902, p. 68. — 1892. De Morgan. Sur les gites de naphte de Kend-é-Chirin (gouvern. de Ser-i-Poul) Perse, (*Ann. d. M.*, 9e, t. I, p. 227.) — Cf. Tassart. *loc. cit.*, p. 438.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Une première région, d'environ 700 km. de long, où le pétrole est connu depuis longtemps sans avoir encore nulle part donné lieu à une véritable exploitation industrielle, suit, parallèlement à la vallée du Tigre, les chaînes du Kurdistan avec une direction générale N. W.-S. E. On la signale successivement en Turquie, à Kerkouk, Tous-Chourmati, Kifri, puis en Perse, dans le Kirmanchah (Ouest de Zohab), à Mendeli en Turquie, enfin en Perse, à Schuster, au S. E. des ruines de Suse, à Ram-Ormuz.

En commençant par l'Arménie, on peut rappeler que, dans une des salles intérieures du rocher de Van, il suinte, d'après Loftus, une fontaine de bitume[1].

Sur le bas Euphrate, *Hit* produit de l'asphalte.

A l'Est du Tigre, à *Kerkouk* (200 km. Nord de Bagdad), on recueille depuis longtemps du naphte, qui est expédié à Bagdad et dans toute la Mésopotamie orientale. Cette région de Kerkouk contient, en même temps, des gisements d'albâtre et de sel : c'est-à-dire l'association des substances, produites par l'évaporation, que l'on retrouve souvent réunies avec des hydrocarbures, en Sicile, à Volterra, etc.

Il est à noter que les dégagements de gaz hydrocarburés donnent lieu à des combustions naturelles, qui ont fait depuis longtemps remarquer ce pays et qui lui ont fait attribuer le nom de « père du murmure ». La tradition veut qu'en enfonçant une épée dans le sol, on amenât un jaillissement de flamme. La Compagnie du chemin de fer de l'Anatolie a obtenu, pour cette région, une concession de quarante années.

Parmi les affleurements de Mésopotamie, on cite ceux de la région de Zohab dans le pays de *Kirmanchah* (Ardelan) comme ayant une importance particulière. On a là, à l'Ouest des roches éruptives de Hamadan, des plissements affectant le secondaire et le tertiaire. Sur un anticlinal qui longe la rivière Tchan-i-Tchiasorkh, au pied du Kou-i-Ahengheran, le pétrole, avec eau salée et veines d'ozocérite, se trouve dans des terrains sableux recouverts par des marnes, et les indigènes l'utilisent.

A *Schuster* et *Ram-Ormuz*, il existe également des puits indigènes. Trois sondes forées depuis peu à Schuster donnent une petite production. Puis, le long du golfe Persique, la zone pétrolifère se poursuit. On la connaît à 80 km. d'Abouchehr, à *Daliki*, où les natifs recueillent du pétrole lampant en abondance, mais où un essai de sondage n'a pu être poursuivi en raison de la chaleur excessive du climat[2].

Les terrains traversés jusqu'à 189 m. contenaient du pétrole et du gypse. Au détroit même d'Ormuz, à Shanawallahn, près de Bender-Abbas, on retrouve du pétrole et des sources sulfureuses, ainsi que dans l'île voisine de Tavilah (ou Kichim), dans laquelle le pétrole accom-

[1] Loftus. *Turko-persian frontier*.

[2] Winkhlener (Œster. Zeitschr.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pagne une source chaude sulfurée traversant le muschelkalk et en relation avec des couches de gypse.

Puis vient une longue interruption tenant sans doute, en grande partie, au peu de connaissances que nous avons encore sur le littoral de la Perse, et l'on arrive à la région pétrolifère mieux connue du Beloutchistan oriental, du Punjab et de l'Afghanistan.

PÉTROLES DES INDES ANGLAISES

Les gisements de pétrole indous sont en relation très nette avec les plissements tertiaires, comme, plus à l'Est, ceux de Sumatra, Java, Bornéo et du Japon qui vont être étudiés, comme aussi ceux de la Galicie, de la Roumanie et du Caucase : le tout formant, sur la carte, une série de traînées reliées les unes aux autres par des conditions tectoniques analogues. Dans tout le massif ancien de la péninsule indoue à terrains secondaires et tertiaires horizontaux, il n'en existe, au contraire, pas une trace. Nous renvoyons aux observations générales faites plus haut à ce sujet. Nous avons annoncé alors que les deux grands champs pétrolifères de l'Inde étaient aux deux extrémités de l'Himalaya : l'un dans le Punjab, l'autre dans l'Assam, ce dernier avec une importance bien supérieure. Nous commençons par la région du Punjab.

[1] Pour la bibl. générale des pétroles indous, voir : — 1836. R. Christison. *Chem. exam. of the Petroleum of Rangoon* (Tr. Roy. Soc. Edin., XIII, 118-123). — 1845. Hannay S.-F. *On the Assam Petroleum beds* (J. As. Soc. Beng., XIV, 817-820). — 1851. Robertson A.-C. *Memoranda on the Mud Vulcanoes in the district of Luss.* (J. Bo. As. Soc., III, 8-20). — 1870. Theobald W. *On petroleum in British Burma, etc.* (Rec. Geol. Sur. Ind., III, 17-27). — 1870. *On the petroleum locality of Sudkal, near Fullijung, west of Rawalpindi* (Rec. G. S. India, III). — 1873. W. Theobald. *Salt-Springs of Pegu* (Rec. G. S. Ind., VI, p. 67-73). — 1874. Hughes T.-W. *Petroleum in Assam* (Rec. G. S. Ind., VII, 35-58). — 1878. Mallet. *Mud Volcanoes of Ramri and Cheduba.* (Rec. G. S. Ind., XI, p. 188-223), avec cartes. — 1881. Ball. *Economic geology*, p. 124-154, avec bib. antér., p. 605 et 606. — 1882. Mallet F.-R. *The mud volcanoes of Ramri and Cheduba* (Burma, p. 238-259). — 1882. Theobald W. *On petroleum in British Burma* (Papers on the geology and minerals of Burma, etc., p. 230-232. — 1885. Romanis R. *Report on the oil wells and coal of the Thayetmyo district, British Burma* (Rec. G. S. Ind., XVIII, 149-154). — 1886. Townsend R.-A. *Rep. on the Petroleum Expl. at Khatan* (Rec. G. S. Ind., XIX, 204-210). — 1886. Medlicott. *Note on the Occurence of Petroleum in India* (Rec. G. S. Ind., XIX, p. 185-210). — 1889. F. Noetling. *Report on the Oil-fields of Twingoung and Beme, Burma* (Rec. G. S. Ind., XXII, p. 75-136, avec carte). — 1892. Holland. *On mineral oil from the Suleiman Hills* (Rec. G. S. Ind., XXIV, p. 84-97. XXV, p. 175). — 1892. Tom. D. La Touche. *Rep. on the Oil Springs of Moghal Kot in the Shirani hills* (Rec. G. S. Ind., XXV, p. 171-175). — 1898. Noetling. *The occurence of Petroleum in Burma* (Mem. India, XXVII, part. II, p. 35. — Cf. Reclus, XVIII, p. 59). — 1903. *Die Petroleumindustrie Indiens* (Z. p. G., 1901, p. 254; cf. *ibid.*, 1899, p. 112, 430; 1900, p. 165; 1901, p. 350; 1902, p. 351. — 1905. Holland. *Mineral production* (Rec. G. S. India, XXXII, p. 69 à 77; cf. *ibid.*, XXXIV, p. 38 et 59). — 1906. Buxtorf A. *Ueber die Geologie von Birma und seine Oelfelder* (Verh. d. nat. Ges. Basel. Bd. XVIII, H. 3. Bâle 1906, p. 765. Protokollnotiz (Chronik 1905). — 1908. Tassart. *Exploitation du pétrole.* 1 vol. in-8° de 728 p. et 17 pl. Dunod et Pinat, p. 440 à 469. Cet ouvrage donne un excellent résumé de la question avec de nombreuses cartes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Belutchistan et Punjab. — Une zone pétrolifère, qui peut, à longue distance, se rattacher aux champs pétrolifères de la Perse, existe dans le Belutchistan, où l'on a surtout étudié, en 1891, les environs de Moghal Kot, dans la région de Shirani (32° 20′ et 69° 40′), sur le Tachi, affluent de droite de l'Indus. Malgré d'assez nombreux suintements, on n'a pas trouvé de gisement exploitable et les géologues indous en donnent une explication qui, tout en me paraissant très discutable, mérite d'être signalée. Selon eux, l'anticlinal pétrolifère s'est trouvé, par suite de la nature friable des terrains, donner une gorge de rivière, où le pétrole est venu peu à peu s'épandre à la superficie. Ils considèrent les dislocations nombreuses, dont les plissements sont ici affectés, comme ayant exercé une influence fâcheuse sur cet écoulement récent. Sans doute aussi il y manque les strates poreuses, surmontées de strates imperméables, qui sont la condition essentielle pour qu'un gîte de pétrole ait pu se former.

La même observation s'applique à la suite de la traînée pétrolifère vers l'Est : dans les Mari Hills, près de Kattan ; puis, à l'Est de l'Indus, à Duma, 120 km. S.W. de Rawalpindi, entre cette ville et Shahpur, et en continuant vers Rawalpindi. C'est la seule zone de cette région où l'on ait fait une petite extraction, dont le chiffre n'a jamais atteint 10.000 litres.

Les suintements pétrolifères se trouvent là dans la région montagneuse qui comprend les Mari Hills et les Suleiman Range et qui s'étend au Nord du chemin de fer Sind-Pishin. Le point principal où on les a observés est la vallée de Kattan, où l'on remarque, en même temps, de nombreuses sources sulfureuses à 42°. De 1887 à 1888 on a foré là jusqu'à 116 m., trouvant, à diverses reprises, un peu de pétrole dans des terrains comprenant des conglomérats marins durs, des lits alternés de schistes bleus et de calcaires, enfin des calcaires, et, dans l'année 1889, on a extrait 900 t. Le pétrole se trouve vers Spin Tangi, sur le chemin de fer et plus au Sud, près de Kirta, où un sondage de 110 m. a donné des eaux sulfureuses avec un peu de pétrole.

En somme, ces gisements ont une production industrielle à peu près nulle et, si la présence du pétrole en profondeur y est certaine, les terrains rencontrés par les sondages ne paraissent pas de nature à en avoir permis des accumulations utilisables.

Assam et Birmanie (Burmah). — A l'autre extrémité de l'arc himalayen, on trouve, au contraire, à partir de l'Assam, puis dans la Haute-Birmanie, une zone pétrolifère qui tend à occuper une place notable dans la production mondiale. Si l'on se reporte à notre figure 30, on voit que les points pétrolifères apparaissent là de divers côtés, depuis le coude du Brahmapoutra, près de Digboi et Makum, au Nord, puis le long des affleurements plissés du tertiaire, dans la vallée de l'Iraouaddy.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

où sont les districts les plus productifs (Yenang-young, Singu, etc.), et, à l'Ouest, dans les îles de la côte d'Arakan, où l'attention a été attirée vers les recherches de pétrole par la présence de volcans de boue.

Ces divers gisements se répartissent suivant deux zones principales sur les deux flancs de la zone anticlinale marquée par les monts Arakan : d'un côté, gîtes de l'Assam et des îles Arakan ; de l'autre, vallée de l'Iraouaddy, en Birmanie.

Dans l'Assam, le pétrole est associé avec des sources salées et des jets de gaz naturels sur un anticlinal de tertiaire supérieur qui se poursuit vers Cachar. A l'Est, une autre zone parallèle des mêmes terrains suit la vallée de l'Iraouaddy.

Production. — Si la production de l'Assam est restreinte, celle du pétrole birman a pris, depuis quelques années, un essor notable, presque comparable à celui des gisements situés un peu plus loin sur la même zone, dans les Indes hollandaises, à Sumatra et Java, que nous examinerons plus loin. Actuellement (1908), dans la production mondiale, après les États-Unis (24.000.000 t.) et la Russie (8.291.000 t.), viennent la Galicie (1.754.000 t.), la Roumanie (1.149.000 t.), les Indes hollandaises (1.143.000 t.), l'Inde (673.000 t.) et le Japon (276.000 t.). Aux Indes, on produisait à peine 57.000 t. en 1907. On est monté à 171.000 en 1902, 435.000 en 1905, 534.000 t. en 1906, 673.000 en 1908.

Cette production est, d'ailleurs, loin de suffire à la consommation locale de l'Inde. En 1905, on a importé, en outre, dans ce pays, 180 à 200.000 t., qui viennent maintenant, pour au moins 60 p. 100 de la Russie, un quart des États-Unis et le reste de Sumatra, Java ou Bornéo.

La production de l'Inde, presque totalement fournie par la Birmanie, s'est décomposée, dans ces dernières années, de la manière suivante :

	1904	1905
Akyab	141 t.	159 t.
Kyaukpkyu	267	180
Yenang-young, Magwe	219.000	256.800
Singu, Myingyan	71.900	112.500
Yenang-yat, Pakokku	56.700	56.100
Total de la Haute-Birmanie	348.008	425.739
Assam et Est du Bengale	9.750	11.190
Punjab	5	5

Assam. — Le pétrole de l'Assam a été signalé dès 1825. Mais c'est en 1865 seulement, que Medlicott a attiré plus sérieusement l'attention sur sa présence à Makum.

Un premier sondage de 40 m. fut fait en 1867. Mais les travaux sérieux n'ont été commencés qu'en 1899 par l'Assam Oil Cy, qui a installé une raffinerie à Digboi et qui a accru peu à peu sa production, jusqu'en 1903. Depuis lors, celle-ci reste stationnaire, et le district n'a pas paru, dans ces derniers temps, susceptible d'un grand avenir.

La production de l'Assam a été : 1897 : 805 t. — 1900 : 2.870 —

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1901 : 2.390 — 1902 : 6.650 — 1903 : 9.500 — 1904 : 9.750 — 1905 : 11.190.

A Makum, le pétrole se trouve sur l'un des flancs d'un anticlinal éocène, dans l'axe duquel apparaît localement le crétacé. L'huile est de

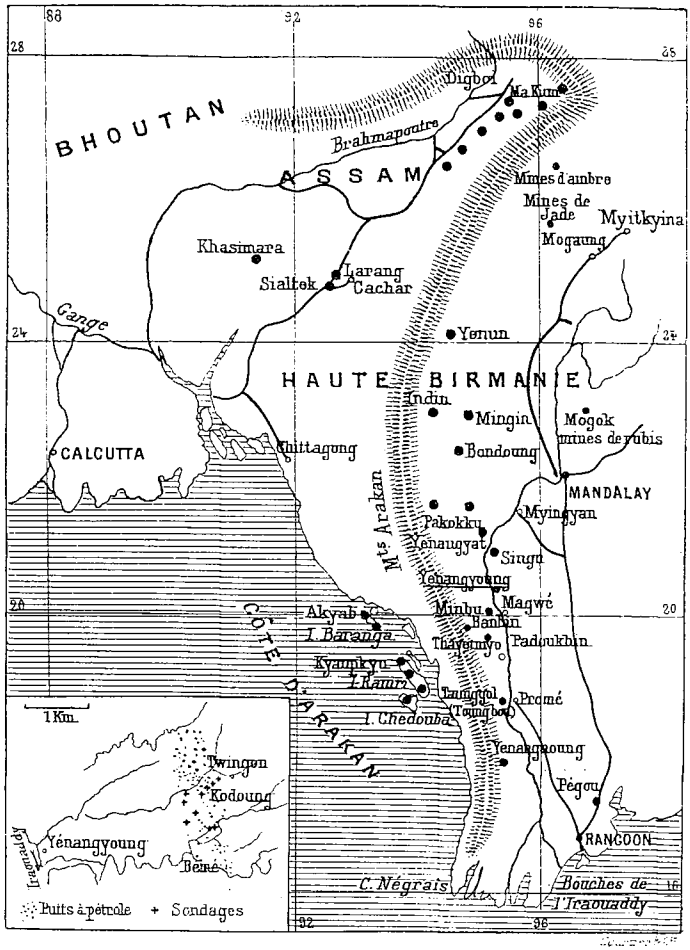


Fig. 30. — Carte des gites de pétrole de la Birmanie. (Échelle au 1 : 8.500.000.) Le carton représente les puits à pétrole de la région de Yenang-young.

densité assez forte. A Digboi, le pétrole est dans le miocène. Au Sud, les indications pétrolifères se prolongent vers Cachar.

Iles de la côte d'Arakan. — Les îles dites Arakan sont situées sur la côte entre les parallèles 18° 20 et 20° 10. Les formations pétrolifères commencent, au Sud d'Akyab, par les îles Baranga. Puis vient Ramri, seul point où l'on ait fait, jusqu'ici, un rudiment d'exploitation industrielle, et Cheduba (Tchedouba).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans toute cette région, les volcans de boue sont abondants. Leurs éruptions s'accompagnent parfois de flammes intermittentes, dues à une inflammation spontanée des gaz hydrocarburés, qui contribuent à en rendre les manifestations impressionnantes. Les suintements abondants de pétrole ont amené, depuis fort longtemps, les indigènes à creuser de petits puits d'une vingtaine de mètres, qui produisent chacun 20 à 30 lit. par jour. Au moins une centaine de ces puits existent simultanément. Les tentatives pour créer une industrie d'après ces indications encourageantes, ont été, jusqu'ici, tout à fait insignifiantes et suivies de peu d'effet. On n'a guère travaillé un peu qu'à *Ramri* et sur la côte avoisinante, où, de 1898 à 1903, on a extrait 500 à 600 t. par an, sans tendance à l'augmentation.

Géologiquement, cette traînée des îles Arakan forme, à l'Ouest des monts du même nom, le prolongement tectonique de la zone de l'Assam. Toutes ces îles sont formées de schistes et de grès tertiaires, alternant avec des nodules ou même des lentilles calcaires assez étendues. Les grès, moyennement fins, sont souvent assez durs. Des couches de lignite sont fréquemment intercalées dans la série.

Les localités pétrolifères sont : les trois îles Baranga; puis, à Ramri, Tsi-Chang, Likmau, Minbain, Kangautau, Ryauk-Galé, Létaung ; dans l'île Chéduba, l'Ouest de Kanthao Roa, Kama, Kaindi Roa ; enfin, l'île Ronde et l'île Plate, qui sont immédiatement au S.E. de Chéduba[1].

Vallée de l'Iraouaddy. — Le pétrole de la vallée de l'Iraouaddy est connu des indigènes depuis un siècle et demi. Dès 1755, des rapports anglais signalaient les rudiments d'exploitation de Yenang-young. En 1797, un autre rapport mentionne plus de 700 puits, dont quelques-uns atteignent 67 m. Cette exploitation, très importante par conséquent et pour laquelle on a donné un moment des chiffres de production atteignant 90.000 t., s'est continuée, par des moyens primitifs, jusqu'en 1887, où fut introduit le procédé de forage. Des sociétés européennes s'établirent et, après beaucoup de déboires, finirent par réussir. La production de ce groupe de Yenang-young, Singu, etc., qui était tombée à 4.450 t. en 1886, avant ces travaux, est montée : à 11.700 en 1890; à 46.400 en 1895 ; à 89.000 en 1900 ; 123.000 en 1901 ; 134.000 en 1902 ; 187.000 en 1903 ; 290.000 en 1904; à près de 400.000 en 1906, et constitue à elle seule les 5/6 de la production indoue. En Birmanie, il existe encore un autre centre d'une certaine importance à Yenang-yat, qui a produit : 20.000 t. en 1898 ; 32.000 en 1900 ; 45.000 en 1902 ; 75.000 en 1903. Ce champ de Yenang-yat a été entamé vers 1864. Les autres affleurements pétrolifères nombreux, que signale notre carte et dont nous donnerons un aperçu résumé, ne produisent à peu près rien. Ici, comme dans toutes les zones pétrolifères, une grande dispersion apparente des manifestations hydro-

[1] Voir une carte dans TASSART, *loc. cit.*, p. 442.

UNIVERSITE DE PARIS-GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

carburées aboutit, en pratique et industriellement, à une localisation très étroite, puique le centre de Yenang-young, qui, au total, a 2 km. de long sur 1 de large, se compose de trois champs de 40, 80 et 180 hectares, et que la distance des deux centres principaux, Yenang-young et Yenang-yat, ne dépasse guère, au total, une cinquantaine de kilomètres.

Géographiquement, du Nord au Sud, on commence à trouver le pétrole à Yenun, vers le 24e degré. Puis viennent Indin, Minbin, Bondoung, encore au N.W. de Mandalay. Mais la véritable richesse pétrolifère commence seulement vers 21° 30′ à Yenang-yat; elle s'accentue à Yenang-young, 50 km. plus au Sud (20° 29′, 94° 56′) et recommence ensuite à décroître dans les autres districts de Mimbu, Banbin, Padoukbin, Toungbou ou Taounggol.

Outre la remarque précédente relative à la localisation du pétrole fructueusement exploitable sur moins de 50 km. de long, dans une zone pétrolifère qui s'étend, au total, sur près de 1.000 km., on peut remarquer la position de tous ces champs sur la vallée de l'Iraouaddy. Sans doute, cela tient d'abord à ce que cette vallée a suivi, dans son ensemble, la direction tectonique d'un ancien synclinal miocène, le long duquel affleurent les couches pétrolifères. Mais, si les gisements riches se trouvent de préférence en des points bas, il y a certainement là un effet du jeu des pressions, analogue à celui qui amène la localisation des sources thermales à la rencontre des lignes de fracture, par lesquelles remontent les eaux, avec des dépressions topographiques, rivages, pieds de falaises ou montagnes, et vallées. C'est une autre application du principe qui semble, comme nous l'avons vu, provoquer le développement spécial des centres pétrolifères aux extrémités des chaînes, là où elles se rapprochent de la mer, ou, du moins, de la plaine. A ce propos, on peut remarquer que, précisément en Birmanie, à Yenang-young, le Dr Noetling a, par une série d'observations attentives, constaté un rapport entre le rendement des puits pétrolifères aux différentes époques de l'année et le niveau des eaux du fleuve au voisinage, par une influence de la charge aquifère variable sur les pressions pétrolifères profondes. C'est une application directe et fort curieuse du principe des pressions hydrostatiques réciproques, employé, depuis les travaux de François, au captage des sources thermales, et qui montre bien le rapprochement entre les deux ordres de phénomènes, malgré la différence essentielle qui les sépare en pratique: à savoir le non-renouvellement des nappes pétrolifères à la suite de leur épuisement. On sait, d'ailleurs, toute l'importance industrielle de « serrer » les eaux souterraines rencontrées par un forage avant d'arriver au pétrole, c'est-à-dire d'empêcher ces eaux de pénétrer, par le trou de sonde, jusqu'au pétrole et de le refouler latéralement. En général, cette pression locale de l'eau est nuisible et écarte le pétrole du sondage.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Il arrive pourtant, exceptionnellement, qu'une nappe plus générale d'eau, superposée à une nappe pétrolifère, la comprime dans tout son ensemble et exerce ainsi une influence favorable, comme les lits imperméables, sous lesquels on rencontre d'ordinaire les enrichissements. On a trouvé à Yenang-young du pétrole immédiatement recouvert par de l'eau; et le même fait, contraire a certaines règles trop simplistes des pétroliers, a été constaté également à Bakou[1].

Géologiquement, tous ces gisements, répartis sur 650 km. de long dans la vallée de l'Iraouaddy, semblent avoir pour origine les mêmes terrains miocènes inférieurs : l'accumulation du pétrole à certains niveaux étant, comme partout, connexe de la nature physique des terrains alternants. On distingue deux anticlinaux principaux à suintements hydrocarburés : celui de Yenang-yat et Yenang-young et celui de Mimbu.

Yenang-yat. — Yenang-yat ou Yenang-chit, quelquefois aussi nommé Pagan (21° 6′, 94° 15′), comporte une série d'anticlinaux parallèles, recoupant obliquement le fleuve. Les terrains que nous allons avoir l'occasion d'étudier plus en détail à Yenang-young, où ils se montrent analogues, sont composés de pliocène gréseux, de miocène supérieur sous la forme d'argiles à gypse et de miocène inférieur, comprenant des grès pétrolifères alternant avec des argiles. Le terrain étant très variable d'un point à l'autre, les lentilles gréseuses qui se sont prêtées à l'imprégnation pétrolifère ont une longueur restreinte et un régime inconstant. C'est pourquoi les descriptions ne signalent pas moins de quinze couches pétrolifères ayant des épaisseurs variables, qui partent de zéro pour atteindre 12 à 15 m.

En résumé, on a là un anticlinal dissymétrique, dont l'axe est dirigé N.S. et dont le flanc Est est plus redressé que le flanc Ouest. Le pétrole se rencontre de préférence vers le sommet des anticlinaux, mais pourtant souvent avec une richesse spéciale à une centaine de mètres sur leur flanc Est.

Le terrain pétrolifère semble être originellement ici le miocène, dont les affleurements ont été souvent signalés par des dégagements de gaz combustibles. On a même cru observer des indices problématiques de volcans de boue remontant à cette époque.

La densité de l'huile est de 820 à 830.

Yenang-young. — A Yenang-young, la série géologique comprend: au sommet, 1.400 m. de pliocène (grès jaunes et conglomérats ferrugineux); puis 300 m. de miocène supérieur (étage de Pégu) formé d'argile brune à gypse et grès. C'est dans des argiles et grès analogues du miocène inférieur (étage de Promé) que se présente le pétrole. Actuellement, on le trouve toujours dans les grès et jamais dans les argiles.

[1] Tassart. *loc. cit.*, p. 453.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ces grès pétrolifères, verdâtres quand la cassure est fraîche, brunissent rapidement à l'air. On a, par une systématisation discutable, admis l'existence de six niveaux superposés, dont le quatrième est le plus riche et donne le meilleur pétrole de densité 877 à 892, vers une profondeur de 70 m. Les pétroles supérieurs sont plus lourds comme toujours et ont été à peu près épuisés. Les deux niveaux inférieurs sont mal reconnus. Il est à remarquer que jamais deux sondages voisins ne donnent la même coupe. Ici, comme à Bakou, c'est par un abus des mots que l'on parle de niveaux continus analogues à ceux de Pennsylvanie. Le quatrième niveau pétrolifère est typique à cet égard, puisqu'on est obligé de lui attribuer une épaisseur de 6 à 90 m.

Le pétrole, dans chaque couche, tend toujours à s'élever vers la partie supérieure. Il est irrégulièrement mélangé avec les niveaux aquifères. Ainsi un puits donnera, de haut en bas, 18 m. de sable aquifère, 30 m. de sable pétrolifère et encore 1,50 m. de sable aquifère. Sur un autre : on traversera 7,60 m. d'argile bleue, 23,80 m. de sable aquifère, 54,50 m. de sable brun, 15 m. de sable pétrolifère, encore 4,50 m. d'argile. Dans le voisin, sous l'argile supérieure, on n'aura que 10,60 m. de sable aquifère et 35 m. de sable pétrolifère immédiatement au-dessous. La stratigraphie est donc très irrégulière, ce qui est le défaut ordinaire des champs pétrolifères tertiaires (de beaucoup les plus nombreux dans le monde). Il est à remarquer que le terrain a subi des fissures intérieures pouvant intéresser un ou plusieurs bancs, dans lesquelles on observe parfois des recristallisations de gypse, et ailleurs, des remises en mouvement de pétrole, où l'on a cru voir la preuve de volcans de boue contemporains du dépôt[1].

Dans l'ensemble, les couches forment un dôme allongé, à axe plat avec flancs inclinés de 35 à 40°. Une carte du Dr Noetling semble mettre en évidence une zone riche centrale assez étroite avec appauvrissement latéral.

Il y a (fig. 30) trois champs principaux, formant une zone N.S. à l'Est de Yenang-young : Bémé, au Sud (40 hectares), où se trouvaient autrefois les principaux puits indigènes; puis Kodoung (60 hectares), où l'on n'a travaillé que depuis 1887 ; enfin, à 1 km. Nord de Bémé, Twingoung, autre ancien district dont la superficie est de 180 hectares.

Mimbu. — Ce gisement (20° 10', 94° 56') est sur la rive droite de l'Iraouaddy, à 685 km. de Rangoon. On y trouve des volcans de boue bien connus qui semblent, comme dans les cas précédents, en relation avec un pli anticlinal, dans lequel le miocène apparaît par endroits, surmonté de grès et de conglomérats pliocènes pouvant atteindre 1.500 m. de puissance. Le flanc Est de l'anticlinal principal est très abrupt et même renversé par endroits ; le flanc Ouest est, au contraire,

[1] Noetling (*loc. cit.*, 1898) a consacré aux volcans de boue de Birmanie, une étude spéciale.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

en pente douce. Le gisement n'a encore aucune importance industrielle ; mais les manifestations pétrolifères y sont abondantes. On retrouve, pour l'activité des volcans de boue, qui sont de simples dégagements de gaz hydrocarburés, une intervention des pressions hydrostatiques analogue à celle que nous avons signalée précédemment d'une façon générale. Les « éruptions » coïncident avec les fortes crues du fleuve, qui ont évidemment pour effet de refouler les gaz et d'en augmenter l'état de tension : ce qui détermine finalement la projection d'eau entraînant, à l'état de boue, l'argile miocène.

Prome, etc. — Une série d'autres localités pétrolifères, plus méridionales que Mimbu, sont énumérées dans le travail de Théobald, telles que Banbin (Pan-pyen) ; Padouk-hin, Toungboji, Yenan-yaoung. Aucune n'a d'importance pratique.

PÉTROLES DES ILES DE LA SONDE [1]

Les gisements pétrolifères présentent, dans les îles de la Sonde comme au Japon, un développement qui, en ces dernières années, a donné lieu à des exploitations de plus en plus fructueuses. C'est, entre tous les gisements minéraux des Indes hollandaises, ceux qui ont donné les meilleurs résultats, quoique, au début des premières exploitations de Sumatra, en 1890, la confiance des chercheurs eux-mêmes fut très restreinte. L'essor date surtout de 1901,

Tandis qu'autrefois, les Américains avaient le monopole du marché dans l'Insulinde, sauf quelques importations russes, aujourd'hui les pétroles de Sumatra, de Java et de Bornéo, fournis notamment par les grandes compagnies dites Compagnie Royale (Sumatra) et Compagnie Dordtsche (Java), ont réussi à refouler les Américains, et la production de 1.500.000 t. par an dans l'Insulinde est égale à celle de la Roumanie. En Asie, la production japonaise de 276.000 tonnes lui est bien inférieure et, complètement absorbée par la consommation locale, ne saurait lui faire concurrence.

La Compagnie Royale surtout qui, manquant de débouchés à Sumatra, a dû s'agrandir pour l'exportation, a créé des installations dans les grands ports d'Asie et même importé de la benzine en Europe et aux États-Unis. On a également commencé à vendre du mazout comme combustible pour les navires d'Asie.

A première vue, on est tenté d'établir un lien d'origine entre cette

[1] Bibl. dans Suess, I, 600. — 1897. De Stoppelaar. *De Petroleum industrie in het bijzonder die van Nederlandsch Oest-Indie*, Amsterdam, 225 p. — 1904. G. Bousquet. *Les Richesses minérales des Indes Orientales Néerlandaises* (Bul. Soc. Ing. Civils). — 1908. Tassart. *Expl. du pétrole*, p. 469 à 488. — Un travail de M. Clément sur *Le pétrole aux Indes néerlandaises* [*Ann. d. M.*, 10e, t. XVII, p. 386 à 434] nous parvient trop tard pour être utilisé.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

abondance spéciale des manifestations hydrocarburées et la multiplicité des phénomènes volcaniques qui ont, suivant les mêmes zones, une activité si fameuse. Mais nous avons déjà fait remarquer que ce rapprochement, rencontré aussi dans d'autres régions du globe, semble plus apparent que réel : le lien, qui paraît d'abord rattacher le pétrole au volcanisme le reliant beaucoup plutôt, quand il est d'âge tertiaire, à certaines zones faibles plissées à cette époque tertiaire, qui se sont trouvées particulièrement disposées à former récemment encore des zones de fracture, sur lesquelles se sont concentrées, pour la même

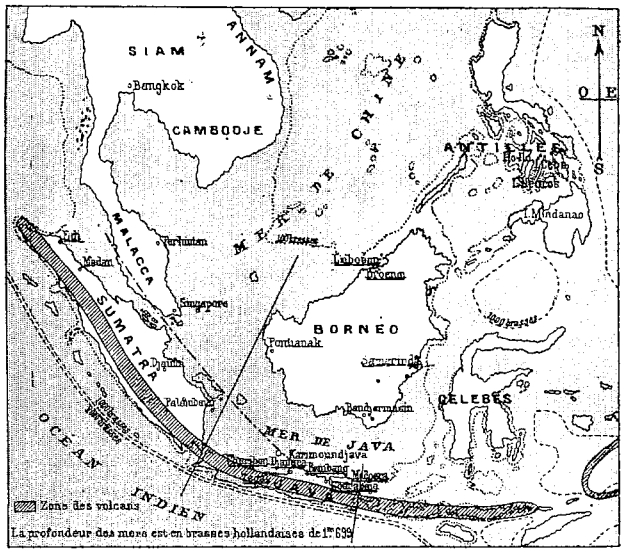


Fig. 31. — Gîtes pétrolifères des îles de la Sonde.

cause et non par une solidarité directe, les dislocations suivies d'épanchements volcaniques.

On en a un commencement de preuve quand, regardant de plus près la position des affleurements pétrolifères, on les voit se continuer, par exemple, le long des zones plissées japonaises, jusqu'à Sakhaline, où il n'y a aucun indice volcanique.

On peut également remarquer qu'il n'y a aucun rapport entre l'activité volcanique locale de telle ou telle région particulière et sa richesse en pétrole. Ainsi, Java, où les volcans se suivent presque sans interruption, n'a que des venues pétrolifères médiocres à côté de celles de Sumatra, où le caractère éruptif est beaucoup moins accentué; et, dans cette deuxième île même, la zone pétrolifère est située très sensiblement au Nord de la zone volcanique, sur une traînée indépendante.

Les principaux affleurements des îles de la Sonde forment, le long de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sumatra et de Java, une première suite que l'on peut rattacher à celle de la Birmanie et de la vallée de l'Iraouaddy, étudiée précédemment. On connaît, en outre, des affleurements de moindre importance à Bornéo, Timor, dans les Philippines. Puis on en retrouve à Formose et au Japon.

A Sumatra, les deux champs pétrolifères principaux sont : l'un au Nord vers Edi et Médan ; l'autre, le principal, au Sud, à Palembang. Puis vient Java, avec des manifestations hydrocarburées assez nombreuses, mais sans grand développement, qui sont, de l'Ouest à l'Est, celles de Cheribon, Tegal, Djapara, Rembang, Soerabaya, Madoera. A Bornéo, on signale principalement : Samarinda sur la côte Est ; Labocan et Broenai sur la côte N. W. (fig. 31).

Industriellement, la production de ces trois îles a suivi la progression suivante (en tonnes de pétrole brut) :

	Sumatra	Java	Bornéo	Total
1890	»	»	»	1.690
1895	96.000	38.000	»	134.000
1900	284.000	78.000	64.000	426.000
1904	690.000	102.000	230.000	1.022.000
1905	»	»	»	1.200.000
1908	»	»	»	1.145.000

Le progrès a donc été extrêmement rapide vers 1904. Depuis cette époque, malgré des découvertes récentes, on est resté, dans l'ensemble, presque stationnaire.

Sumatra. Groupe du Nord-Ouest. — Au N. W. de Sumatra, les exploitations de pétrole se trouvent dans la résidence d'Atjeh, entre la pointe Diamant, ou Edi, et Médan, vers 4° de latitude N. Dans cette région, les exsudations de pétrole sur le rivage avaient, depuis longtemps, attiré l'attention. On commença, en 1900, par forer trois puits de 100 à 130 m. près d'Edi, vers la rivière Perlak, et l'on obtint du pétrole jaillissant. Au milieu de 1901, les trois puits donnaient 5.000 barils par jour.

Au Sud de Perlak, les principaux champs explorés ont été ceux de Langsar, Bésitang, Babalan, Langkat (fig. 32). A Babalan, on eut un moment du pétrole jaillissant, trouvé à 672 m. de profondeur ; mais les résultats furent, en somme, défavorables. A Langkat (district de Deli), de premiers forages, datant de 1885 et repris en 1889, ont amené, en 1890, la constitution d'une grande société, la « Koninklijke Nederlandsch Maatschapij tot Exploitatie van Petroleumbronnen in Nederlandsch-Indie », dite plus brièvement « Compagnie Royale », qui, après diverses tentatives et de premiers succès suivis d'un épuisement assez prompt à Tegala Baroé, a constitué, en 1898, le champ de Perlak, signalé plus haut, en le reliant par un pipe-line de 150 km. aux raffi-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

neries de Bésitang et Pankalang Mandan ; après quoi, elle a porté son

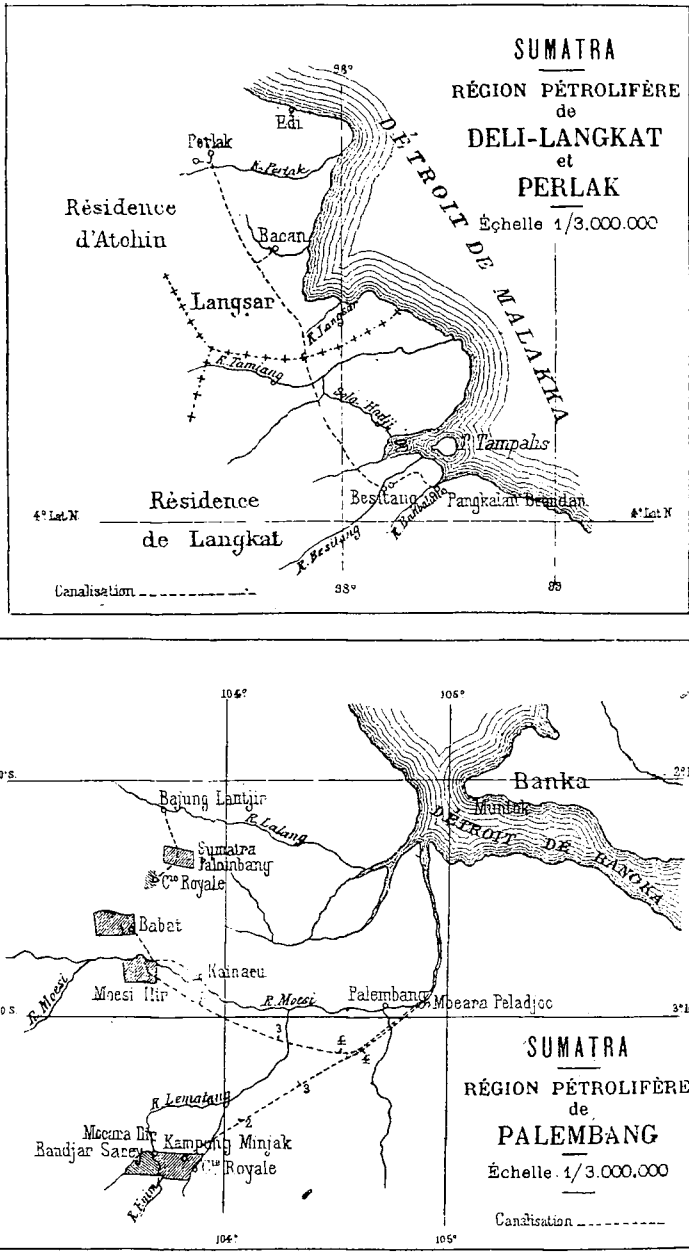


Fig. 32. — Cartes des champs pétrolifères de Sumatra (d'après M. Bousquet).

effort principal dans le champ du S. E., Palembang, dont nous allons

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à percer. En 1901 et 1902, cette société a foré par an, dans Sumatra, 15 à 16 km. de sondages, dont au moins moitié à Palembang.

Sumatra. **Groupe du Sud-Est. (Palembang).** — Diverses recherches ont été faites, dans cette région, depuis 1895 : d'abord, par la Compagnie d'exploration Nederlandsche Indische qui, en 1900, a cédé ses droits à la Compagnie Royale, puis par la Compagnie de Sumatra-Palembang qui a créé le champ de Melamoen; enfin par la Société Mœara Enim depuis 1896, et par quelques autres.

A Melamoen, on a trouvé, en 1900 et 1901, le pétrole productif vers 300 m. de profondeur à peu près dans un puits sur deux. Mais, par un accident avec lequel il faut compter dans cette région, les puits furent bientôt bouchés à la suite d'un tremblement de terre et il fallut les approfondir.

La Compagnie Mœara Enim a commencé par trouver le pétrole entre 70 et 190 m., de 1897 à 1899. En 1900, il fallut atteindre 300 m.; en 1901, 350. Il semble y avoir là trois horizons pétrolifères à 80, 200 et 350 m. de profondeur. En 1903, il existait 55 puits à Campong Minjak, vers le point où la rivière Enim se jette dans la rivière Lemalang, et 14 à Minjak Stam, un peu plus à l'Ouest. Quelques-uns ont donné jusqu'à 500 t. par jour. Mais les puits de cette région semblent s'épuiser fort rapidement.

Un autre champ de la même région est celui de Rabat, où l'on a trouvé, outre le pétrole, de l'ozocérite.

Par suite de tous ces travaux, la résidence de Palembang est devenue aujourd'hui un grand centre de production pétrolifère, avec plusieurs lignes de pipe-lines, de 150, 170 km., etc., reliant aux raffineries. Il n'est peut-être pas inutile, toutefois, d'appeler encore l'attention sur une remarque que l'on a trop de tendance à oublier malgré toutes les occasions qui se présentent de la vérifier dans les pays les plus divers. C'est, en somme, la localisation très restreinte des champs pétrolifères véritablement riches et durables en quelques points espacés sur une zone très longue, où les suintements pétrolifères attirent et dispersent d'abord l'attention de tous côtés, où les conditions géologiques semblent un peu partout analogues et où souvent, en effet, on commence par rencontrer d'assez nombreux champs pétrolifères destinés à s'épuiser rapidement. Partout, les conditions nécessaires, d'abord à la production, puis à l'emmagasinement souterrain de grandes masses pétrolifères dans des conditions propres à une exploitation fructueuse, ont été, en réalité, rarement réalisées. Il faut ajouter le fait, sur lequel nous venons déjà d'attirer l'attention, de la rapidité avec laquelle ce qu'on est convenu d'appeler assez improprement un horizon pétrolifère s'épuise en tous pays, nécessitant un approfondissement très rapide des sondages.

Les conditions géologiques, dans lesquelles se trouve le pétrole à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sumatra, sont les suivantes. Au Nord de l'alignement volcanique qui forme la crête Sud de cette île et à une distance de cet axe volcanique qui peut être en moyenne de 100 à 150 km. [1], se trouvent des terrains tertiaires plissés, notamment de l'éocène et du miocène, au milieu desquels se sont intercalées des intrusions de gabbro, dont nous avons déjà signalé l'importance tectonique, puis du pliocène. Cet ensemble faiblement plissé, qui constitue la grande plaine à l'Est de Sumatra, forme, comme nous l'avons vu, le prolongement tectonique du synclinal miocène, également pétrolifère, marqué par la vallée de l'Iraouaddy.

Java. — A Java, diverses recherches pétrolifères ont été effectuées depuis 1886. Elles ont abouti à un résultat puisque l'on a produit, en 1904, 102.000 t. de pétrole brut dans cette île. C'est néanmoins un faible résultat pour un grand pays, où l'on avait cru d'abord constater la présence du pétrole en une foule de points.

Les régions productives sont, comme celles de Sumatra, situées à l'intérieur de la grande courbe éruptive qui, ici, occupe à peu près toute l'île : c'est-à-dire au Nord de celle-ci. Les centres principaux se trouvent dans les deux résidences de Soerabaya et de Semarang, vers le centre de l'île, entre les 110e et 113e degrés. C'est vers *Soerabaya* que furent faites les premières recherches. Des sondages, poussés jusqu'à 260 m., ont donné en moyenne un puits productif sur deux. Les premiers puits forés, sans avoir une production bien forte, se sont montrés très constants; il semble que les résultats ont été inférieurs quand, plus tard, on est descendu plus profondément. On a travaillé, dans cette région, à Djabacota, Lemongan, Kadewan, Tjermé, dans l'île de Madura, etc.

Dans la résidence de *Semarang*, on cite les deux districts de Panolan et Ledock. A Panolan, un puits a donné 80 t. (640 barils) par jour. A Ledock, cinq puits, forés en 1895, ont donné une production journalière totale de 120 t. en pétrole jaillissant.

La principale compagnie travaillant à Java est la Compagnie Dordtsche qui, en 1887, a commencé à Soerabaya et, qui, après diverses reconstitutions, a organisé plusieurs raffineries. Cette compagnie trouve, à Java même, un débouché pour son huile, bien que celle-ci soit d'une qualité inférieure à celle de Sumatra.

Géologiquement, toutes les indications pétrolifères de Java se rencontrent dans le miocène, sur une zone générale E. W., qui coupe la protubérance par laquelle s'élargit si sensiblement la partie centrale de l'île Java. On a cherché, sans la trouver, une relation de ce pétrole avec l'activité éruptive qui existe au Sud, sur une longueur de 4.500 km. équivalente à la largeur de l'Europe, presque sans interruption, avec

[1] On sait que Sumatra, après s'être séparé de Java par une dislocation récente, tend à se morceler à son tour par des cassures N.-S.. Ces dislocations n'ont pas plus de rapport avec le pétrole que les axes volcaniques.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

121 cratères dans Java seul. Cette relation ne paraît pas exister. Le pétrole, s'il n'a pas une origine plus profonde, crétacée, est en rapport avec le miocène, dont l'extension est très considérable à Java (plus du tiers de la superficie totale) et dont l'épaisseur peut atteindre 6 km. Il s'est fait, pendant cette période tertiaire, ici comme dans toutes les îles de la Sonde, des intrusions considérables de gabbros; et, si l'on voulait chercher un rapport entre le pétrole et les manifestations internes, ce serait dans le rapprochement avec ces gabbros, non dans un lien avec l'activité éruptive actuelle, qu'on aurait chance de le trouver. Ce miocène, presque horizontal sur le rivage Nord de Java, prend des plissements de plus en plus accentués à mesure qu'on se rapproche du centre de l'île.

On peut seulement remarquer, d'après Verbeek, l'existence, dans la région pétrolifère, de nombreuses sources salées chaudes, contenant souvent de l'iode et dégageant parfois du pétrole ou des gaz combustibles. C'est une application de plus de la relation bien connue entre le sel et le pétrole, qui se retrouve dans tous les pays du monde et qui peut s'expliquer aussi bien par une relation de produits d'évaporation lagunaires que par une association de fumerolles. Le tout fait penser aux nombreux gisements gypseux du Sud de la France, de l'Algérie, etc., situés sur des pointements d'ophite correspondants à des anticlinaux triasiques et sur lesquels se trouvent parfois des hydrocarbures. On ne signale cependant, à Java, que fort peu de gypse. La chaleur de ces sources est facilement explicable dans une île où le degré géothermique doit être remarquablement faible.

Bornéo. — Nous avons insisté précédemment[1] sur la complication tectonique spéciale de la grande île de Bornéo qui, en dehors de ses chaînes tertiaires plissées, renferme un certain nombre de horsts plus anciens. Le pétrole y a été signalé en divers points : toujours, comme il était aisé de le prévoir, sur les chaînes de plissement tertiaires. Après diverses tentatives, on est arrivé au chiffre de 230.000 t. en 1904, plus du double de ce que produit Java. Le centre principal est celui de *Samarinda* sur la côte Est; accessoirement, on a travaillé aussi à *Laboean*, sur la côte Nord-Ouest, dans la partie anglaise. Ainsi qu'il arrive dans tant d'autres régions pétrolifères et par un fait qui ne doit pas être purement accidentel, on observe donc ici encore une certaine relation de la richesse pétrolifère avec la disposition topographique : les points bas, ou de moindre pression, semblant se présenter dans des conditions plus favorables, comme si la pression interne, qui a déterminé l'ascension du pétrole, avait trouvé là une occasion plus favorable d'arriver jusqu'au jour.

[1] Pages 338 et 342.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A *Samarinda* travaille la Compagnie Samuel en Nederlandsch Indische Industrie en Handels Maatchapiij, dont les concessions couvrent 200.000 hect. Les premiers sondages faits par elle, en 1896, près la baie de Balik Papan, ont donné, à 60 m., du pétrole de densité très forte, dépassant parfois 980. Environ 50 puits sont descendus là jusqu'à des profondeurs de 200 à 420 m., et les plus profonds ont fini par obtenir du pétrole à 860°. Tout le long de la rivière Sanga Sanga, où les exsudations avaient attiré l'attention, on a également foré jusqu'à 300 m., en rencontrant du pétrole de densité décroissante à mesure qu'on s'enfonçait. De 960° et plus on est arrivé ainsi à 860°. Plus de 100 forages ont été exécutés, les plus profonds allant jusqu'à 500 m. Presque tous ont été jaillissants, et leur production a varié de 5 à 70 t. par jour.

Les recherches de la région de *Laboean* ont eu des résultats très faibles.

Timor. — Timor, qui présente, avec Sumatra et Java, des analogies tectoniques déjà signalées [1], renferme des traces de pétrole à *Pualaba*, sur la rivière Mota Mutike, royaume de Laclubar. Des asphaltes, schistes bitumineux et émanations de gaz inflammables, ont conduit à effectuer un forage, qui a rencontré un peu de pétrole.

Iles Philippines. — Le pétrole est un peu exploité dans l'île de *Mindanao*, aux environs de Chattabatto. On en retrouve, avec plus d'abondance, dans l'île de *Cebu*, sur la côte Ouest, aux environs de Toledo. Dans l'île de *Panay*, province de Ilo-Ilo, on en a également signalé, ainsi que dans celle de *Leyte*.

Formose. — Des indications pétrolifères ont été depuis longtemps signalées dans cette île à Fainan [2].

PÉTROLE AU JAPON [3]

Commerce et statistique. — La consommation du pétrole au Japon est déjà très forte. Elle s'est élevée en moyenne, de 1905 à 1907, à 2.270.000 hl. ou 6 millions de caisses, malgré un droit d'entrée de

[1] Page 340.

[2] Sur les indications de pétrole en Chine, voir : 1902, *Z. f. p. G.*, p. 41.

[3] *Z. f. p. G.*, 1899, 267, p. 430 ; 1900, 162, 333 ; 1902, 68, 142. — 1900. *Les mines du Japon* (Expos. Univ. de Paris), p. 492 à 512. — 1901. Schin-ichi Takano. *La const. chimique du pétrole japonais* (Congrès du pétrole à Paris) (Chem. u. Techn. Zt.). — 1902. Kochibe. *Geol. and topogr. maps of the Oil fields of Japan* (Tokyo). — 1902. *Outlines of the geology of Japan* (Geol. Surv.). — 1905. *Le pétrole au Japon* (*Nature*, n° 1664, 15 avril). — 1908. Tassart. *Exploitation du pétrole*, p. 488 à 493.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

2,42 fr. par caisse sur le pétrole raffiné. L'importance de ce droit d'entrée et la différence considérable avec celui qui est perçu sur le naphte brut ont, d'une part, provoqué la création de nombreuses raffineries dans le pays et, d'autre part, favorisé le développement de l'industrie pétrolifère nationale. On peut, en effet, calculer, sans entrer dans les détails, que le droit d'entrée correspondant à une caisse de pétrole étranger entré brut et raffiné ensuite au Japon n'est que de 0,65 fr. par caisse au lieu de 2,42 fr. Aussi la Standard américaine a-t-elle maintenant d'énormes raffineries au Japon.

Quant à l'extraction du pétrole dans le pays, elle n'a commencé que depuis 1890 à prendre quelque importance et n'est devenue réellement florissante que depuis la guerre russo-japonaise : celle-ci ayant eu pour conséquence l'établissement, en 1904, de l'impôt mentionné plus haut, qui constitue, pour l'industrie locale, un véritable droit protecteur. On la calcule en kokus[1] (de 1 hect., 8039). Elle a été : 1903 : de 1.917.000 hl. ; 1904 : 2.192.000; 1907 : 2.725.000 hl. = 1.514.000 kokus; 1908 : 2.953.800 hl. = 1.641.321 kokus, ou 276.000 t., valant 16.626.000 fr. Les producteurs espèrent atteindre bientôt 4 millions d'hectolitres et refouler alors les pétroles étrangers en Chine et en Corée. Le capital engagé dans cette industrie est de 75 millions de francs.

Les principales sociétés qui s'occupent de l'industrie du pétrole au Japon sont la Holden Oil Cy, la Japan Oil Cy, l'International Oil Cy (cette dernière filiale de la Standard Oil Cy des États-Unis).

Sur la production japonaise, 98 p. 100 viennent, dans la grande île (côte Ouest), de la province d'Echigo, en face l'île de Sado, vers 37°30 et, principalement, des champs pétrolifères d'Amaze (sur la côte même), d'Higashiyama, Nishiyama, Niitsu et Kubiki. Mais il existe, en outre, de nombreuses indications pétrolifères sur la longueur des côtes du Japon, notamment à Sugayama, côte Est, vers le 136e méridien, et, tout récemment encore, on a fait des recherches à Hokkaido, où on a creusé, depuis longtemps, des puits à la main le long du détroit de la Pérouse.

A *Amaze*, le premier puits fut foré en 1873. Mais ce n'est qu'en 1888 qu'on obtint un bon résultat en se plaçant sur la côte même. A partir de 1890, on introduisit le système américain, et la production atteignit un moment 50.000 hectolitres en 1894 pour redescendre assez vite au tiers.

Les petits champs pétrolifères productifs de la grande île sont : dans la province de Shinano, au S. W. d'Echigo, celui de Mure; dans celle d'Ugo, plus au Nord, vers 39°30, Akita; dans celle de Mutsu, Tsugaru; dans celle de Fotoni, Sagara.

Historiquement, on rapporte que le premier puits à pétrole aurait été foré en 615, dans la province d'Echigo (aujourd'hui encore la plus

[1] Le koku, équivalent à 1,13 baril américain (baril compté à 129 kg.), représente environ un fût à pétrole en bois français et peut être estimé à 145 ou 150 kg.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

productive), où une autre tentative aurait été faite en 1613, avec une première installation de distillation. Mais le développement réel ne date, comme pour toute l'industrie minière japonaise, que de 1886 et s'est traduit d'abord par l'introduction des procédés de sondage américains à Amaze.

Géologie. — Géologiquement, le pétrole du groupe d'*Amaze* (Echigo) se trouve dans les terrains tertiaires supérieurs formés de grès bruns tendres à gros grains de quartz, qui deviennent bleus quand on les a lavés à l'essence pour enlever leur pétrole, et, accessoirement, dans des schistes ou tufs accompagnant ces grès. On a cru remarquer que le pétrole des schistes et des tufs avait une densité inférieure à celui des sables et grès. La loi anticlinale a été généralement vérifiée. Les anticlinaux pétrolifères ont des longueurs de 15 km. au plus et, plus souvent, de 3 à 6 km. avec des pentes très abruptes. La profondeur des sondages atteint fréquemment 750 à 900 m. par suite de la forte inclinaison des couches, bien qu'ailleurs on trouve le pétrole entre 150 et 300 mètres.

La production de la plupart des puits ne dépasse pas 1,70 baril, quoiqu'on ait rencontré des puits jaillissants exceptionnels allant à 110 barils. Leur existence est souvent très courte et l'on a cru remarquer que ceux où l'on recueille une huile légère ont une durée plus courte.

La qualité de l'huile est moyenne. Le pétrole d'Amaze varie de 820 à 920 comme densité et donne, en moyenne, à la distillation :

Benzine 150°C.	22
Huile lampante 150 à 300.	50
Huile lourde	20
Résidu et pertes	8

A *Nagamine*, au N. E. d'Amaze, dans la montagne, de bons résultats ont été obtenus en 1898 dans des terrains analogues à ceux d'Amaze.

A *Ohira* (département de Niigata), toujours dans la même région, le terrain consiste en strates tertiaires et en tuf andésitique. Les couches à huiles sont des sables surmontés par des argiles.

A *Hiré* (même département de Niigata), où l'on a obtenu de bons résultats depuis 1895, le terrain consiste en alternances de schistes gris et de grès tendres d'âge tertiaire : le pétrole étant dans les grès.

Enfin, sur la côte S. E., à *Sugayama*, le pétrole se trouve également dans des grès tertiaires alternant avec des schistes argileux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TROISIÈME PARTIE

MÉTALLOGÉNIE RÉGIONALE

PRÉAMBULE

Nous avons suffisamment annoncé, dès le début de cet ouvrage, l'idée directrice qui en fait l'unité, — à savoir l'étude des provinces métallogéniques, expliquées par la tectonique et par la pétrographie connexe — pour n'avoir pas besoin d'y revenir. La seconde partie de ce travail nous a fourni, pour cet examen qui va maintenant occuper notre troisième partie, les fondements nécessaires. Nous avons appris à distinguer, en Asie, un certain nombre de zones et de régions, dont l'histoire géologique se présente différemment, qui ont subi, par exemple, leur dernier plissement à une époque plus ou moins ancienne et sur lesquelles l'érosion a eu plus ou moins le temps de mettre au jour des zones diversement profondes.

Étendant au continent asiatique (par une généralisation qui aura pu sembler bien large, mais dont on comprendra l'utilité) les dénominations usitées pour nos chaînes de plissement européennes, nous avons, de ce seul chef, mis en évidence certains groupes, apparemment destinés à offrir des analogies métallogéniques entre eux : les uns répartis sur les diverses plates-formes d'Asie; d'autres, le long des chaînes carbonifères ou permiennes, dites hercyniennes; d'autres enfin, le long des chaînes tertiaires, dites Alp-Himalayennees.

Il s'agit maintenant de montrer, par l'étude successive des diverses régions asiatiques, que leur métallogénie est bien, comme notre théorie l'exige, en rapport avec l'âge et le type des accidents orogéniques subis (plissements ou dislocations).

Cette démonstration fera ressortir des analogies, en vertu desquelles un champ métallifère peu connu devient comparable à un type dès longtemps exploré. On conçoit aussitôt quel intérêt il peut y avoir, dans ces pays neufs, à ce que le sens à donner aux recherches et leur avenir probable se trouvent ainsi d'avance jusqu'à un certain point déterminés.

Nous entrerons, tout à l'heure, un peu plus dans le détail de notre thèse à l'occasion des premières régions examinées qui forment la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sibérie. Quand on reste tout à fait dans les grandes lignes, on est conduit à penser que la cristallisation des minerais dans l'écorce terrestre s'est opérée, suivant la profondeur moyenne, avec une allure très variable, en sorte qu'un type déterminé de gisements caractérise, en moyenne, une certaine profondeur de cristallisation, et que ce type occupe seulement une zone verticale, limitée dans les deux sens, en haut comme en bas : zone que nos travaux se trouvent rencontrer plus ou moins près de sa limite inférieure. Nous concevons ainsi la possibilité d'un changement originel se manifestant avec la profondeur dans un gisement déterminé (et non plus dans un ensemble de gisements) : changement qui, presque partout, est cependant impossible à discerner directement sur un gisement unique, si l'on ne recourt pas à la méthode plus compréhensive dont nous préconisons ici l'emploi, parce que la hauteur ordinaire de nos travaux miniers, quelques centaines de mètres au maximum, est absolument insignifiante.

Si l'on voulait représenter par un schéma grossier la façon dont nous concevons le problème métallogénique, voici comment on pourrait synthétiser les faits[1].

1° Il faudrait d'abord imaginer, à la base d'une région métallisée, vers 10 à 30 km. de profondeur originelle, une zone à cristallisations rocheuses de profondeur, par conséquent à types pétrographiques assimilables au granite, avec auréoles de métamorphisme gneissique. Ce cas, dont l'observation est d'autant plus fréquente que la région considérée a été plus anciennement et plus fortement érodée, trouve donc ses meilleures applications dans les plates-formes primitives, dont les types asiatiques sont le continent de l'Angara en Sibérie, le continent du Gondwana dans l'Inde, le massif sinien de la Corée et du Pétchili, etc. Là, les métallisations affectent également des types qui pour nous, sont des types de profondeur : tout d'abord, des imprégnations pyriteuses extrêmement multipliées qui, par endroits, ont rempli, de leurs innombrables veinules interstratifiées, les terrains schisteux, et qui ailleurs ont pu se condenser en de grandes masses, dont nous assimilons la cristallisation, homogène sur une grande étendue, à celle des magmas granitiques. La présence fréquente de l'or, parfois celle du cuivre ou du nickel, dans de telles provinces métallogéniques, leur prête un intérêt particulier. Il peut arriver également que les roches grenues soient accompagnées d'un départ, d'une concentration plus localisés, dans leur masse même ou à son contact immédiat : départ ayant exigé une moindre intervention de la vapeur d'eau et des minéralisateurs volatils, « de la pneumatolyse », ayant donc été presque exclusivement un effet de la métallurgie ignée. Ces types, fréquents en Scan-

[1] On trouvera, avant la Table des Matières, une table des gisements asiatiques classés par substances et par types de gisements, qui est, en quelque sorte, la démonstration expérimentale des idées indiquées ici.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dinavie, sont relativement rares dans les régions asiatiques que nous allons étudier.

Enfin, dans certains cas, de tels massifs anciens ont pu être redisloqués à une époque ultérieure et ont alors donné lieu à des manifestations éruptives plus récentes. On doit, le long de ces zones de dislocation, s'attendre à trouver les mêmes gisements filoniens qui, dans la période de dislocation en question, pouvaient se multiplier un peu plus loin et dont nous allons voir bientôt la forme.

Des dislocations de ce genre, très fréquentes sur les massifs hercyniens, ont, par exemple, donné lieu à certaines zones métallifères tertiaires dans notre Plateau Central. Elles sont plus rares dans les plates-formes primitives, dont la consolidation, étant plus ancienne, est plus parfaite. Nous en verrons cependant des exemples dans l'Inde.

2° En second lieu, à une hauteur plus grande dans l'écorce, plus près de la surface, nous admettons qu'il s'est produit une abondance spéciale, d'abord de ces roches si caractéristiques, à quartz isolés et souvent à mica blanc, auxquelles on donne en France le nom de granulites, puis de granulites exceptionnelles à tendance microgrenue et à allure filonienne, enfin de microgranulites proprement dites, passant, dans les parties encore plus hautes, à des diabases ophitiques, porphyrites, etc. Ces trois groupes de roches, qui tendent toutes déjà à se former en filons ou en dykes intrusifs plutôt qu'en masses continues et homogènes, sont particulièrement bien représentés sur toute la longueur des chaînes, dites hercyniennes, dont nous allons trouver les représentants asiatiques dans l'Oural, la steppe kirghise, l'Altaï, l'Indo-Chine et la Chine sud-occidentale, la presqu'île de Malacca, et même sur le versant oriental du continent indou, etc. Aux granulites en masse, que nous considérons comme occupant la base de ce groupe, sont souvent associés, d'une façon particulièrement nette, les gîtes d'étain, et le Sud-Est de l'Asie nous offrira à cet égard un champ d'études excellent. Aux granulites microgrenues, qui constituent un cas assez particulier, se relient certains gîtes d'antimoine, abondants dans le Plateau Central français, dont nous n'aurons pas d'exemple bien caractéristique ici. Enfin nous rattachons à la série des microgranulites plus superficielles, qui passent souvent à des types ophitiques ou même microlithiques (diabases ophitiques et porphyrites), le groupe si abondant des filons concrétionnés complexes plombo-zincifères, plus rarement cuprifères, dont, en Europe, la Meseta espagnole, le Plateau Central français, les Vosges et la Saxe fournissent des exemples bien connus. Les types asiatiques correspondants se rencontreront dans la steppe kirghise, la Transbaïkalie, quelques parties du Yunnan, du Sé-tchouan, du Tonkin, etc.

Le long de certaines roches de ce groupe, il s'est parfois produit des minerais de contact du type Banat, pouvant être associés à des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

roches d'âge, tantôt hercynien, tantôt (et plus souvent) tertiaire. Nous retrouverons, par exemple, en Asie, dans le Turkestan russe, de semblables auréoles de contact dans une zone où il existe, en même temps, d'assez nombreux filons plombo-zincifères, probablement tertiaires.

3° Plus haut dans l'écorce, nous arrivons à ce que nous croyons être la base des chaînes récemment plissées, dans une zone, où, le long de dislocations qui ne sont pas nécessairement associées aux plissements, mais qui ont pu les morceler par endroits, se sont manifestés des épanchements rocheux à types microlithiques. Là apparaissent les grands massifs et dykes d'andésite, trachyte, etc. On peut constater, dans une foule de régions étrangères à l'Asie, notamment sur toute la longueur occidentale du continent américain, la richesse en minerais de zones semblables, à la condition qu'on n'ait pas affaire à une chaîne simplement plissée, mais à une portion disloquée d'une telle chaîne plissée et que l'érosion ait eu le temps de détruire les parties superficielles du plissement ou de l'éruptivité, regardées toutes deux par nous comme stériles. Les chaînes, dont le plissement remonte à l'époque crétacée, ou au début du tertiaire, semblent présenter, à cet égard, des cas particulièrement favorables. On y observe, outre les filons complexes analogues à ceux de la zone précédente, un développement tout spécial des filons auro-argentifères à gangue quartzeuse et de ces filons quartzeux cuprifères qui représentent un départ plus avancé, plus élevé, des filons quartzeux stanno-cuprifères, associés, dans un groupe précédent, aux granulites. Les types classiques de ces filons se trouvent au Colorado, au Montana, au Mexique, etc. L'Asie nous fournira d'excellents spécimens du type Colorado dans le Japon. Nous rencontrerons, en Arménie et dans l'Anti-Caucase, des formes analogues, mais peut-être parfois un peu supérieures dans la coupe de notre schéma (parce que plus récentes) : le type des gisements cuivreux en connexion avec des diabases, andésites, etc. (Anti-Caucase), et le type plus complexe plombo-zincifère, auquel correspondent les gîtes algériens et, plus généralement, méditerranéens.

4° Enfin, les chaînes plissées proprement dites, dans lesquelles les dislocations disjonctives, les décrochements et les coulisses d'effondrement ne jouent qu'un rôle insignifiant, se présentent fort mal en ce qui concerne les gîtes métallifères, surtout si on fait abstraction des minerais remontant à une phase de cristallisation et de plissement antérieure, qui peuvent reparaître accidentellement, au cœur de la chaîne, sur des noyaux ramenés au jour après leur métallisation profonde. L'absence complète de minerais, qui caractérise notre Jura, se retrouvera dans les chaînes analogues à plissements réguliers et rectilignes, qui occupent le versant N.-E. du Caucase et, de même, dans certaines parties de l'Himalaya.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La plupart des gisements miniers du Caucase proprement dit se trouvent, comme ceux des Alpes, le long d'un noyau ancien qui occupe la crête. L'Anti-Caucase, au contraire, présente le type de gisements cuivreux associés à des diabases métaphyriques qui rentrent dans notre troisième groupe.

Nous devons également rappeler que les zones à volcans actuels sont, pour une raison pareille, pauvres en minerais, sinon là où ces minerais remontent à une phase éruptive antérieure (comme dans les cas du Japon et de l'Arménie, qui viennent d'être cités). Aucun gisement métallifère important n'est produit par un volcan actuel. Dans notre théorie, cela tient à ce que la zone de cristallisation métallifère, qui correspond à un tel volcan, est limitée avant d'arriver à la surface et ne pourra devenir visible qu'ultérieurement, après un travail d'érosion analogue à celui qui s'est produit ailleurs depuis une des phases du tertiaire. Les axes volcaniques de l'Asie, si curieusement continus, si bien tracés dans l'Insulinde, seront instructifs à cet égard, comme ils l'ont été déjà pour nous faire supposer l'absence de relation directe entre le pétrole et un tel volcanisme superficiel.

La profondeur originelle, dont nous venons de parler, n'est pas seule à intervenir et seule à différencier des provinces métallogéniques d'après leur âge de formation. Il faut aussi tenir compte de l'évolution, qui a pu s'accomplir, avec le temps, dans l'allure des phénomènes orogéniques. Nous insisterons plus tard [1] sur cette idée que la métallisation est généralement liée, ou à un retour en profondeur avec prédominance des phénomènes ignés (groupes 1 et, en partie, 2), ou, beaucoup plus souvent (groupes 3 à 5), à des accidents de dislocation avec prédominance de phénomènes hydrothermaux (les plissements proprement dits étant stériles). Or nous croyons, d'autre part, que les dislocations importantes et étendues sont une forme relativement récente des manifestations orogéniques, ayant eu une tendance à s'accuser de plus en plus à mesure que l'écorce se consolidait davantage et devenait moins apte à se prêter, par un ramollissement profond, par une refusion même, aux plissements proprement dits. Nous serons donc amenés à penser que beaucoup de gisements, constatés sur une chaîne de plissement ancienne, y ont été produits, non au moment de son plissement, mais dans des dislocations ultérieures, résultant d'un mouvement orogénique, dont la forme plissée s'était localisée ailleurs dans une zone plus étroite : en sorte qu'il faut distinguer avec soin, dans le cas de telles zones redisloquées, l'âge de la métallisation de celui de la chaîne.

Nous avons montré, dans un travail antérieur [2], que les sources thermales existent seulement dans les zones de la superficie terrestre où

[1] Page 495.

[2] *Traité des sources thermo-minérales*, p. 213 et suivantes.

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des dislocations récentes leur offrent une issue rapide, non encore obstruée, vers le jour. Il a toujours dû se produire quelque chose d'analogue pour les filons proprement dits qui, même en faisant abstraction de la profondeur érodée, ont dû être rares, dès le début, sur les anciennes plates-formes peu disloquées, à métallisation ancienne diffusée dans toute leur masse, tandis que leur rôle s'accentuait au voisinage des chaînes récentes. Les deux idées se trouvent ainsi nous conduire à une conclusion pareille.

Dans tout ceci, il n'a été question encore que des gîtes non altérés, tels qu'ils se sont primitivement déposés sous leur forme originelle. Si nous examinons maintenant le rôle des *altérations* et des *remises en mouvement*, qui a souvent exercé, sur toute la partie haute, seule pratiquement accessible, des gisements, une influence si considérable[1], nous pouvons également établir une certaine relation entre l'intensité de cette altération et la répartition des gîtes par provinces métallogéniques, tout à l'heure considérées.

Cette altération, sous sa forme récente, dépend, en effet, de la position actuelle du niveau hydrostatique, qui, lui-même, est fonction directe du relief topographique. Il faut donc, en principe, pour que cette altération prenne une réelle importance, que le relief du sol soit encore très accidenté et, par conséquent, dans la majeure partie des cas, que son origine soit récente. Les zones de plissement tertiaires, ou les parties des plus anciennes chaînes soumises récemment à des dénivellations résultant de dislocations par fractures, seront particulièrement propres à mettre en évidence ces phénomènes d'altération, que nous trouverons donc développés, d'une manière tout à fait nette, le long des chaînes et des dislocations tertiaires (prolongeant, pour la plupart, la zone méditerranéenne d'Europe), dont nous avons précédemment indiqué la position en Asie. L'Asie Mineure en offre quelques types, qui méritent de devenir classiques : celui de Bulgar-Maden notamment. On retrouve des conditions comparables en Arménie, dans le Petit-Caucase, en Perse, dans l'Himalaya, au Japon, etc. Les anciennes plates-formes, au contraire, sont le plus souvent remarquables par leur peu d'altération superficielle, qui, lorsqu'on n'y réfléchit pas, étonne d'abord dans des pays généralement couverts de tourbières, de marécages et de lacs, mais qui, en réalité, tient précisément à ce que le niveau hydrostatique, par lequel cette stagnation des eaux est entretenue, se trouve presque confondu avec la superficie. Des pays, comme la Sibérie (ou, en d'autres continents, la Scandinavie, le Canada) se font remarquer par l'abondance de leurs gites pyriteux, prolongés, sans oxydation notable, jusqu'au jour.

[1] Voir : *Contribution à l'étude des gites métallifères. Du rôle des phénomènes d'altérations* (Ann. d. M., août 1897).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Il faut, d'autre part, remarquer, comme nous avons toujours eu soin de le faire, que des altérations semblables ne sont pas restreintes à la période actuelle ou très récente, mais ont pu, comme toute autre manifestation d'origine continentale, se produire pendant toute la succession des temps géologiques. Si leurs effets anciens sont moins visibles, c'est pour la raison, fréquemment rappelée ici-même, qui fait que les formations continentales, d'une façon générale, ont été rarement conservées dans les terrains anciens. Mais cette observation n'empêche pas que de tels restes survivants d'une période continentale ancienne puissent avoir été exceptionnellement préservés, et nous avons cité, à cet égard, le cas, plus fréquent qu'on ne le croirait, de voussoirs anciens ayant été enfoncés en profondeur après leur altération au voisinage du jour et s'étant trouvés par là échapper à une destruction par érosion, qui faisait disparaître au voisinage les autres témoins, restés plus en saillie, du même phénomène. Des exemples de ce genre se présentent relativement souvent sur des horsts hercyniens : ceux-ci, en même temps qu'ils se trouvaient découpés et mis en relief par leurs accidents périphériques, ayant parfois subi des effondrements internes. Nous en rencontrerons des cas probables en Asie. Plus rares dans les plates-formes primitives, ils peuvent cependant, à l'occasion y exister aussi.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXIII

MÉTALLOGÉNIE DE LA SIBÉRIE[1]

Les grandes exploitations métallifères de l'Asie russe portent sur l'or. Si on laisse de côté l'Oural et le Caucase, chaînes, l'une hercynienne,

[1] Voir *supra*, le chapitre XII, p. 202 à 254, sur la Géologie de l'Asie Russe. — Il existe, sur les *Richesses minérales de la Sibérie*, un ouvrage en russe très détaillé de l'ingénieur V.-S. Reoutovsky (2 parties, de 482 p., gîtes métallifères, et 409 p., gîtes minéraux, avec 108 fig. et 9 pl. dans le texte; in-4°, Saint-Pétersbourg, 1905). Cet ouvrage, formé de descriptions minutieuses et visant à être complètes, est accompagné de deux cartes de la Sibérie : l'une, pour l'ensemble du pays, géologique avec position des gisements : l'autre, pour la région du transsibérien, à plus grande échelle, sans géologie. On trouve également une excellente description des gîtes de l'Altaï, de Nertchinsk et de la steppe kirghise dans le *Traité des gîtes métallifères* (en russe, 1re partie seule parue, Saint-Pétersbourg, 1903) de M. K.-I. Bogdanovitch, professeur de géologie appliquée à l'Institut minier.

Comme ouvrages généraux sur la métallogénie sibérienne, on doit encore citer, tout d'abord, la série des *Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie*, paraissant par fascicules in-8° depuis 1900 (Saint-Pétersbourg), en russe avec résumés français :

Région aurifère de l'Iénisséi, 5 fasc., 1900-1904, avec 4 cartes et 5 descr. de feuilles au 1/84.000, par A. Meister; *Région aurifère de la Léna*, 4 fasc., avec 6 cartes et 2 descr. de feuilles au 1/84.000, par Guérassimov : *Région aurifère de l'Amour*, 6 fasc. 1900-1906, avec 16 cartes, et descr. de deux feuilles de la Sélemdja, par A. Khlaponin : *Région de la Zéya*, 3 fasc. 1905-1907, et descr. des feuilles, par E. Ahnert (au 1/84.000).

Voici quelques autres ouvrages généraux sur la métallogénie de la Sibérie :

1893. Foniakof. *Etude géol. des gîtes aurifères de la Sibérie* (Ann. Soc. géol. Belg., Liège, 129 p.) ; *Minerais de Sibérie* (Rev. Un. des Mines, 129). — 1896. Grubassov, *Der Gold Bergbau in Sibirien* (Berlin, J. Rade, 34 p. ; C. R. dans Z. f. pr. G., 1897, 230). — 1897. Krusch. *Uebersicht über die nutzbaren Lagerstätten Russlands* (Z. f. pr. G., p. 272. — 1897. David Levat. *L'or en Sibérie orientale*, 2 vol. in-4° (Rouveyre). — 1898. De Batz. *Les gisements aurifères de Sibérie. Note sur leur condition actuelle et leur avenir* (Dunod, 1 vol. in-8°). — 1899. L. Jaczevsky. *Bassins de la Zéya et de l'Enachimo* (Iénisséi), 34 p. et carte. — 1900. Bogdanovitch. *Gîtes aurifères dans la partie Sud de Liao-Toung* (Comité du chemin de fer transsibérien), 14 p. en français avec carte. — 1900. E. Koversky, *Notice sur la carte de la Russie d'Asie et des pays limitrophes*, 1 vol. in-16 publié à l'occasion de l'Exposition universelle. — 1900. *Aperçu des Explorations géologiques et minières le long du Transsibérien*, publié par le Comité géologique de Russie à l'occasion de l'Exposition universelle (donnant une bibliographie des publications géologiques antérieures et un résumé des missions géologiques en Sibérie organisées depuis 1888). Ces publications ont paru, jusqu'en 1894, dans le *Journal des mines*, et, depuis ce moment, ont constitué les *Explorations géologiques et minières le long du chemin de fer de Sibérie*. — 1900. P.-K. Iavorovsky. *Les richesses minérales dans le rayon du Transsibérien*, 28 p., en russe. — 1900. Glasser. *Notes sur les richesses minérales de la Sibérie et sur l'état actuel de son expl.* (Ann. d. M., t. XVIII, p. 3 et 10). — 1901. Tittler. *Die sibirische*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'autre tertiaire, dont l'étude doit former deux chapitres distincts XXIV et XXV, l'or à peu près seul offre en Sibérie des gisements d'une valeur suffisante pour avoir permis une exploitation dans les conditions défectueuses où se trouve encore le pays. Il existe pourtant, nous l'avons vu déjà, sur les chaînes méridionales de ce pays, en se rapprochant de la frontière chinoise, dans la steppe kirghise, l'Altaï, les Sayan, etc., de nombreux gisements de plomb argentifère, de fer, de cuivre et des exploitations de substances minérales, comme le graphite, le jade, etc., dont il y aura quelques mots à dire. Nous n'avons pas cru qu'il y eût lieu de décrire métal par métal des gisements, qui, dans notre théorie, doivent être tous rattachés entre eux, pour une région déterminée, par un lien d'origine tectonique. Les descriptions de chaque mine seront assez courtes pour ne pas rompre l'unité du sujet. Nous envisagerons donc tour à tour, dans l'ordre déjà suivi pour la description géologique du pays et dont nous avons vu les raisons théoriques : 1° les champs d'or de l'Iénisséi ; 2° le groupe de la Léna ; 3° la steppe kirghise ; 4° l'Altaï russe et le bassin de Kouznestk ; 5° les districts d'Atchinsk et de Minoussinsk ; 6° les monts Sayan et la mine de graphite du Batougol ; 7° la Transbaïkalie ; 8° les districts de l'Amour et de la mer d'Okhotsk. Mais il faut tout d'abord insister sur quelques idées générales, relatives aux types métalliques régionaux, aux gisements d'or primitifs et aux placers, avant de passer à des descriptions de détail, au milieu desquelles ces idées pourraient se perdre.

Comme nous l'avons déjà remarqué avec insistance, les groupes de gisements énumérés plus haut se présentent dans des conditions métallogéniques variables avec l'ensemble des conditions tectoniques, que, dans notre seconde partie, nous avons déjà essayé de faire connaître, et l'on peut, à cet égard, distinguer aussitôt quelques types principaux.

Une première grande subdivision s'impose suivant l'âge des plissements principaux dans la région considérée. Ainsi que nous venons de le faire remarquer dans notre préambule, cet âge plus ou moins ancien a surtout pour conséquence une érosion plus ou moins avancée : par conséquent, une profondeur plus ou moins grande de la section horizontale que cette érosion met aujourd'hui au jour; autrement dit, des portions de gisements utilisables pour nous. Il faut ajouter, ce qui est

Gold Industrie (B. u. H. Ztg., p. 31 à 35). — 1902. *Gold in Ostasien* (Z. f. pr. G., p. 285). — 1902. Liebenam. *Die Goldgruben Sibiriens* (B. u. H. Ztg., 373 à 392). — 1902. Bordeaux. *Les gisements de quartz aurifère en Sibérie* (Ann. des M., t. II, p. 499 à 550). — 1904. Pierre Kropotkine. *Orographie de la Sibérie* (Institut géographique de Bruxelles, public, n° 9, 120 p. et carte).

La cartographie de ces vastes régions sibériennes, malgré tout encore si mal connues, n'est pas sans présenter d'assez sérieuses difficultés, dont on se rend compte le jour où l'on veut, comme cela est nécessaire pour un travail tel que celui-ci, essayer de raccorder entre eux les travaux des divers explorateurs : on s'aperçoit alors combien même les cours des principales rivières sont souvent tracés d'une manière fantaisiste sur les cartes les plus détaillées et les plus récentes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

non moins important, une seconde distinction basée sur l'existence ou la non-existence des fractures de dislocation produites, après les plissements, par le contre-coup disjonctif des mouvements réalisés à distance dans une chaîne plissée ultérieure.

En se bornant tout d'abord à envisager ces deux points principaux, on peut, comme nous l'avons fait déjà, distinguer, en Sibérie, des plissements appartenant aux quatre groupes : précambrien; calédonien; hercynien ; tertiaire.

1° Les véritables zones précambriennes sont peu visibles, étant d'ordinaire masquées par un manteau horizontal de terrains primaires, et nous fourniront peu de minerais utiles. D'ailleurs, là où elles se présentent, leurs conditions de métamorphisme et d'imprégnation métallifère ne diffèrent pas sensiblement de celles qui ont pu être réalisées dans des chaînes ultérieures, telles que la chaîne calédonienne, également ramenées en profondeur par un plissement très ancien et pénétrées de magmas ignés à structure granitique, en même temps que de fumerolles métallisantes. Pour la métallogénie, ce n'est pas, nous l'avons assez dit, l'âge des phénomènes qui détermine leur type, mais les conditions de profondeur et de dislocation, auxquelles cet âge correspond en moyenne ; et, du moment que des terrains ont pris par métamorphisme le facies archéen, quel qu'en soit l'âge réel, ils deviennent pour nous équivalents à de l'archéen proprement dit. Nous n'établirons donc pas de distinction essentielle entre les deux premiers groupes, auxquels nous rattacherons le type des gisements aurifères, si fréquents en Sibérie comme dans tous les semblables massifs anciens, qui consiste en imprégnations interstratifiées de pyrite aurifère, et en veines lenticulaires de quartz avec pyrite aurifère également intercalées dans la stratification : imprégnations et lentilles, dont nous montrerons bientôt le lien d'origine avec les granites. C'est le type métallogénique ordinaire des gisements de l'Iénisséi et de la Léna. Ils sont généralement trop disséminés sous leur forme primitive pour être utilisables autrement qu'après destruction et remaniement dans les placers. A plus forte raison encore que l'or, les métaux qui peuvent se trouver associés avec lui, à l'état d'imprégnations sulfurées, sont d'habitude, en ce genre de gîtes, trop peu abondants pour être exploitables dans les conditions industrielles de la Sibérie et n'ont pas été signalés.

2° Nous envisagerons ensuite les zones hercyniennes plissées, mais peu ou pas disloquées postérieurement. Sur ces zones plissées, on se retrouve, à la profondeur près, dans des conditions analogues à celles que nous venons d'indiquer pour les chaînes plus anciennes, et l'on pourra donc rencontrer de même des imprégnations, prenant ici la forme de filons-couches, dont l'Altaï offre des exemples instructifs. Mais, la profondeur originelle ayant été moindre, on rencontrera, à côté du type pétrographique des granites, le type, plus superficiel, des microgranu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

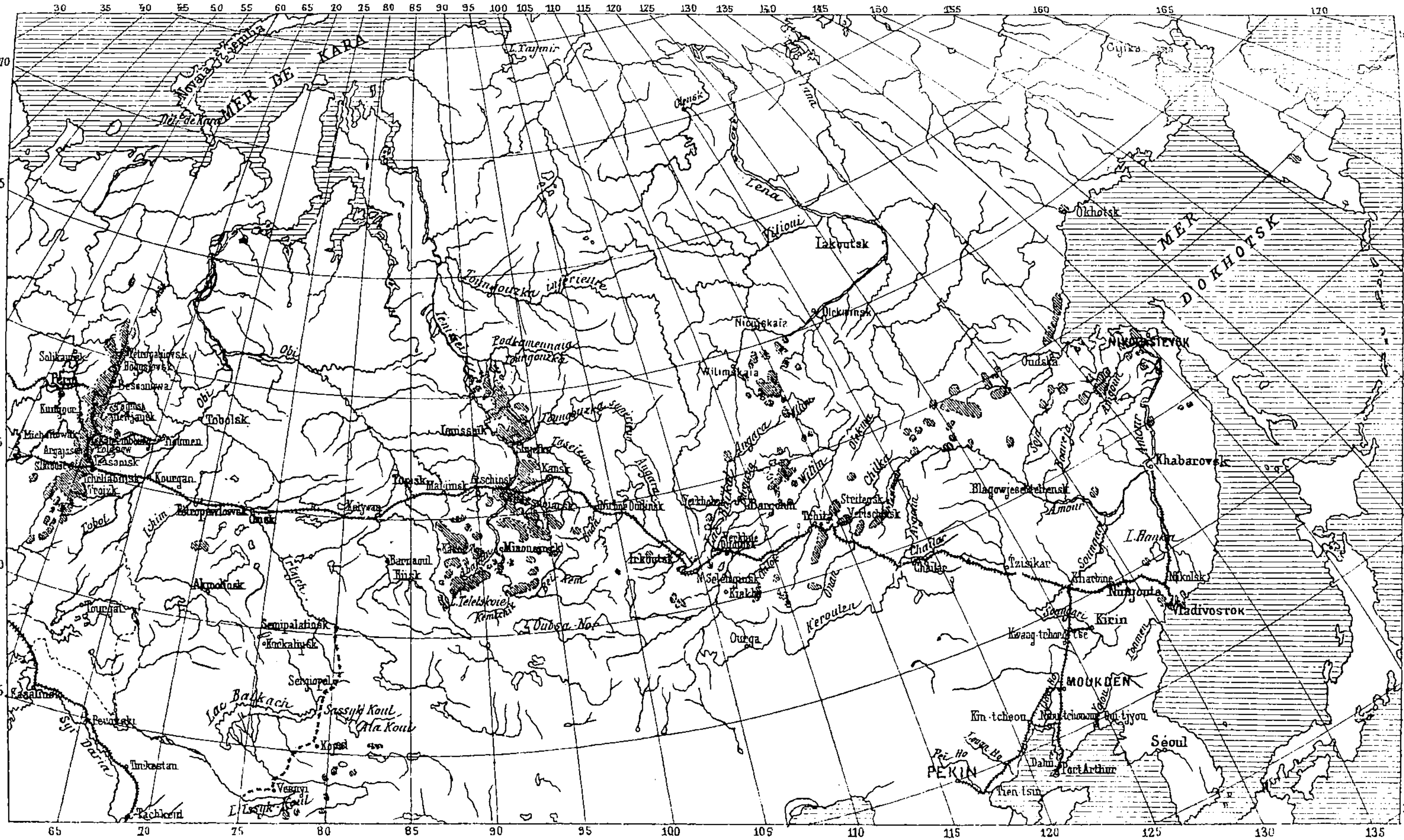


Fig. 33. — Carte des zones aurifères de l'Asie Russe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lites et porphyrites, auxquelles commencent à s'associer les métaux du groupe plombo-zincifère, avec tendance à se concentrer sur des fractures, à l'état de filons (dont les filons-couches, comme ceux de l'Altaï, analogues à ceux des Pyrénées, sont déjà un premier exemple). Ces mêmes zones pourront nous offrir des minerais de ségrégation ferrugineux associés à des roches acides, tels que ceux de l'Oural ou du Sud de Minoussinsk. A cet ordre d'idées se rattachent les gisements de la steppe kirghise, de l'Altaï russe, de l'Alataou de Kouznetsk et des monts Sayan.

3° Des zones hercyniennes, redisloquées par les mouvements tertiaires et divisées par ceux-ci en séries de horsts et coulisses d'effondrements, avec fractures filoniennes, nous offriront le genre de gisements auquel nous sommes habitués sur la plupart de nos voussoirs hercyniens de l'Europe centrale, dans le Plateau Central, les Vosges, la Bohême et la Saxe : système de filons à sulfures complexes, dont nous aurons ici les meilleurs types dans le district de Nertchinsk et en Transbaïkalie. Des gisements d'or pourront s'y associer, notamment en Transbaïkalie, sous la forme de filons analogues à ceux du groupe auro-stannifère, avec association aux granulites et aux aplites. A mesure que les venues éruptives tertiaires tendent à prendre de l'importance dans ce groupe, il peut s'y associer des minerais récents d'un type encore plus superficiel, tels que ceux rattachés aux rhyolithes, andésites, etc., dont nous commencerons à trouver des exemples en nous rapprochant de la mer d'Okhotsk, et qui annoncent là le type destiné à dominer au Japon et dans les guirlandes d'îles de l'océan Pacifique.

En ce qui concerne plus spécialement la métallogénie de l'or, nous croyons utile de placer ici, dès le début, quelques remarques générales, tant sur les gisements primitifs que sur les placers [1].

1° *Gisements d'or primitifs*. Les gisements sibériens mettent en évidence l'association d'origine avec les magmas granitiques, sur la généralité, ou du moins la fréquence de laquelle nous avons déjà eu ailleurs l'occasion d'insister. C'est cette association qui a d'abord disséminé l'or dans les roches à type gneissique, dont le faciès résulte d'un métamorphisme causé par la mise en place des magmas granitiques. La pyrite aurifère a été introduite dans le ciment de ces gneiss, en même temps que l'injection granulitisante ou feldspathisante. Ces pyrites aurifères forment, dès lors, des lentilles minces dans les terrains cristallophylliens, ou s'isolent dans les quartz lenticulaires (avec feldspath), qui sont une des formes extrêmes de la pegmatite. Souvent cette association devient plus intime avec des roches aplitiques ou des granites à mica blanc, parfois avec tourmaline (et, ce semble, quand on se rapproche de la superficie). Les fumerolles se concentrent alors dans des fractures en stockwerks, ou

[1] Nous reviendrons sur ces idées générales à propos de l'Oural, p. 564.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans les filons mêmes d'aplite, dans des conditions qui rappellent tout à fait le groupe stannifère, dont on trouve d'ailleurs un spécimen en Transbaïkalie. Enfin, sur des zones à fractures plus caractérisées, arrive, dans d'autres régions du globe, le type des filons proprement dits, localisés non loin des granites, comme les filons d'or de Californie ou les filons d'étain du Cornwall. Les gisements de ce genre, qui sont ceux où la richesse peut devenir la plus grande, font défaut en Sibérie.

L'étude des gisements d'or sibériens va nous permettre de faire ressortir les deux conditions bien différentes dans lesquelles des gîtes métallifères, autres que les ségrégations, ont pu, selon nous, se former, conditions qui, ramenées à leur traits tout à fait essentiels, peuvent, comme nous l'avons indiqué précédemment, se résumer ainsi : 1° retour en profondeur d'une série sédimentaire par l'effet de plissements orogéniques et imprégnation de ces sédiments réalisée dans la profondeur par un départ des magmas éruptifs qui, dans cette profondeur, se trouvent, à leur voisinage, en situation de les métamorphiser ; 2° dislocations disjonctives d'un compartiment qui n'est plus susceptible de se plisser, ouverture de fractures pouvant jouer le rôle de failles et, dans de telles fissures, cristallisation de sels provenant d'eaux thermales, également minéralisées en profondeur par un départ éruptif, mais ayant pu s'écarter davantage de ce magma, monter davantage vers la superficie, sans cependant, à notre avis, l'atteindre d'ordinaire. Les métallisations ne portent pas seulement ici sur des sédiments comme dans le premier cas, mais aussi sur les roches cristallines, fût-ce les plus compactes, du moment quelles ont été disjointes ; de plus, la nécessité d'un « retour en profondeur », au moment même de la métallisation, n'apparaît pas, quoique nous venions de considérer une certaine profondeur comme nécessaire. Mais il semble, en général, que les métallisations, comme les manifestations pétrographiques dont elles sont le corollaire, aient été alors le plus souvent provoquées par le jeu relatif dans le sens vertical des compartiments juxtaposés ayant déterminé, soit des refusions internes, soit tout au moins des déplacements des magmas fondus.

On a une image de ces deux modes de métallisation, ou plutôt d'ouverture de vides destinés à être métallisés, en comparant ce qui se passe lorsqu'on essaye de rompre, d'une part, un schiste flexible ou un agrégat instable, dont les plans de stratification et les surfaces de joints facilitent la fissuration qui a tendance à les suivre et, d'autre part, une masse solide homogène, qui peut du reste être composée de fragments complètement ressoudés.

Dans les deux cas, nous arrivons, pour les métallisations, à une idée analogue à celle qui domine aujourd'hui l'orogénie. De même que les grandes chaînes montagneuses se sont réalisées en profondeur pour sur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

gir après coup, de même, et en dépit de l'illusion que peut produire le volcanisme par sa violence extérieure, les grandes formations de minerais et de roches cristallines doivent être des manifestations *profondes*.

2° *Placers*. — De ces gîtes en place, sur lesquels on a pu faire à peine quelques essais d'exploitation, sont dérivés les placers, qui ont constitué jusqu'ici la grande richesse du pays. Gîtes primitifs et placers sont intimement liés les uns aux autres et se trouvent à peu près sur le même emplacement; car, d'après une remarque sur la formation des placers, qui n'a rien de spécial à la Sibérie, mais qui s'applique mieux que pour d'autres régions à la catégorie des placers exploités dans ce pays, et qu'il est naturel d'indiquer ici dès le début, l'or a toujours subi, dans les cours d'eau, un très faible déplacement entre son origine et son point de dépôt. Seul l'or très fin, que l'on exploite dans d'autres pays, mais que les conditions industrielles amènent d'ordinaire à négliger en Sibérie, pourait échapper à cette observation. L'or relativement gros, que l'on arrive seul à extraire dans les conditions difficiles et souvent défectueuses de ce pays, a subi un très faible déplacement horizontal, quelques centaines de mètres au plus d'ordinaire.

Les phénomènes dont résultent les placers ont vraisemblablement commencé par une phase prolongée d'émersion continentale, pendant laquelle les parties hautes des gisements ont, sous l'influence des eaux d'infiltration, chargées d'oxygène et d'acide carbonique, subi cette altération progressive, par laquelle la pyrite tend toujours à se transformer en oxyde de fer, ou même à s'éliminer en sulfate, tandis que l'or s'isole et se concentre. Cette altération a dû pouvoir se poursuivre pendant de très longues périodes et, suivant une observation que j'ai développée ailleurs, rassembler progressivement sur les affleurements des quantités d'or enlevées à d'importantes masses de terrains peu à peu attaquées et érodées. Car, ainsi que nous l'avons vu en étudiant l'histoire de l'Asie, la région sibérienne paraît avoir été abandonnée par les eaux marines dès le carbonifère et ne plus avoir subi, dans la suite, à de rares exceptions près, que des retours momentanés d'eaux lacustres. Après quoi, sur ces terrains déjà enrichis par les réactions chimiques, une action mécanique s'est manifestée sous la forme d'un alluvionnement, en relation, comme nous le verrons plus en détail à propos de l'Olekma, avec des phénomènes glaciaires, et un réseau de vallées s'est constitué, dans lesquelles l'or s'est accumulé presque sur place au contact du substratum (bed-rock) qui le fournissait. Cette préparation mécanique, qui remonte souvent ici à une époque pléistocène très récente, où le réseau des vallées était déjà approximativement celui qui subsiste encore, a dû être suivie, dans des conditions qui demandent à être précisées, par une concentration mécanique et chimique faite sur place dans l'alluvion déjà déposée. L'or a pu, dans une certaine mesure, ainsi

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que nous allons le dire, descendre mécaniquement vers la base à travers les terrains meubles et, entrant en même temps en dissolution, il a eu une tendance à grossir chimiquement, à nourrir les cristaux déjà formés.

Les descriptions de détail, que nous donnerons notamment pour l'Olékma et pour la Zéya, compléteront ces observations sur les placers sibériens ; mais, avant de passer à leur étude, il est peut-être utile de rappeler encore brièvement les discussions auxquelles a donné lieu cette question importante de la concentration habituelle de l'or sur le bed-rock. On sait que la première interprétation de ce phénomène, immédiatement venue à l'esprit de tous, a été un simple effet de préparation mécanique au moment même du dépôt, les parties métalliques les plus lourdes ayant dû nécessairement tomber en bas. On a fait plus tard à cette théorie trop simple l'objection très justifiée que, dans une coupe d'alluvions comprenant une dizaine de couches, dont l'inférieure seule était aurifère, les neuf couches stériles s'étaient déposées d'ordinaire, non en même temps que la couche riche, mais postérieurement, en sorte que la préparation mécanique, admissible suivant la longueur du profil d'un ruisseau en plan horizontal, l'était difficilement en coupe verticale. On a alors (Poszepny) fait intervenir le phénomène connu, par suite duquel les substances lourdes descendent progressivement dans un terrain meuble, comme les minerais dans un crible à secousses, et on lui a attribué un rôle essentiel, presque unique, dans la concentration de l'or fin, supposée réalisée par une descente progressive à travers les alluvions.

Cette idée, si on veut lui attribuer une importance trop générale, soulève à son tour bien des objections. Tout d'abord on s'explique difficilement comment cette descente aurait constamment stérilisé les couches supérieures, sans y rien ou presque rien laisser de l'or qu'elles seraient supposé avoir contenu d'abord en quantités à peu près égales à la couche de base. Il semblerait que certaines surfaces imperméables, des argiles par exemple, auraient dû arrêter la descente de l'or et manifester une concentration de celui-ci à leur partie supérieure. De plus, le fait, assez fréquemment constaté, de couches aurifères nouvelles superposées à la couche du bed-rock avec des intervalles variables ne serait, dans cette théorie, explicable que si, comme on l'a affirmé à tort, ces couches supérieures avaient nécessairement un substratum imperméable, tandis qu'en réalité on retrouve fréquemment une couche aurifère supérieure superposée à un gravier stérile. Enfin l'abondance des gros fragments aurifères dans la couche inférieure, malgré l'idée très plausible d'un accroissement sur place par dissolution, ne s'accorde guère avec cette pénétration progressive.

Attribuant donc à ce phénomène un rôle probable, mais restreint, il me paraît beaucoup plus vraisemblable d'expliquer surtout la concen-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tration ordinaire sur le bed-rock par les conditions toutes spéciales dans lesquelles s'est faite cette première couche d'alluvions, qui correspond, par définition même, à un commencement des circulations d'eau actives sur la superficie par l'effet d'un changement de climat ou d'une modification dans le relief. Pour une raison ou une autre, les cours d'eau se sont trouvés alors en présence des chapeaux de filons et des affleurements aurifères de tous genres, à la suite d'une altération sur place qui y avait longuement préparé et isolé l'or, comme cela se fait toujours dans les chapeaux de filons. Dès lors, ils ont eu nécessairement des quantités toutes particulières d'or à déplacer. J'ajoute, et cette remarque me paraît de première importance, que l'or des alluvions a généralement subi un transport très faible; le phénomène qui l'a accumulé est presque celui qu'on a appelé éluvial, ou remaniement sur place, par opposition au phénomène alluvial. Or l'or des alluvions provient des roches du fond. Il est donc tout naturel que cet or se soit concentré dans les dépôts quand ces couches du fond étaient accessibles à la force abrasive, quand elles étaient à nu, tandis que, postérieurement, quand le lit de la vallée a été encombré des premiers matériaux détritiques, les cours d'eau circulant sur ceux-ci n'ont plus pu que leur emprunter des matériaux de seconde main, et, nécessairement, en quantités beaucoup plus faibles. On raisonne trop comme si chaque couche d'alluvions, superposée à la précédente, avait puisé également ses matériaux dans une même réserve contenant autant d'or disponible et à égale distance du point où le placer s'est enrichi. Si l'on retrouve quelquefois une couche aurifère supérieure dans l'alluvion, c'est sans doute parce qu'à ce moment un changement dans le régime hydrographique a permis à des zones aurifères primitives, non utilisées précédemment, de fournir leur contribution.

Dans un autre ordre d'idées, j'ajouterai encore deux mots sur la question si souvent discutée de la concentration ultérieure de l'or par dissolution chimique. Ce phénomène me paraît jouer un rôle incontestable, et je me contente de rappeler les principaux arguments en sa faveur : présence fréquente dans les alluvions de pépites aurifères beaucoup plus volumineuses que les cristaux ordinaires des filons; apparence de ces pépites, qui ne sont pas d'ordinaire émoussées comme après un long transport, mais présentent, ou des formes cristallines, ou des dispositions concrétionnées, mamelonnées, avec des sortes de tubercules, d'excroissances, et ne retiennent pas de quartz, comme c'est le cas ordinaire des fragments d'or filoniens; degré de finesse plus grand de l'alliage aurifère dans les pépites que dans les filons. Il faut ajouter que la circulation actuelle ou très récente des solutions aurifères capables de cristalliser dans les terrains a été directement prouvée. On a vu de la pyrite de fer aurifère se déposer ainsi sur des morceaux de bois, de tourbe, monter même dans les tiges d'arbres plantés sur un champ d'or (Guyane anglaise).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Enfin l'or existe en proportions très notables dans l'eau de mer, et l'on pratique aujourd'hui couramment d'une façon industrielle la dissolution de l'or dans les liqueurs très étendues de cyanures ou de chlorures, etc.

L'un de ces arguments, le plus contestable peut-être faute d'observations assez nombreuses et assez précises, mais d'autre part celui qui serait le plus convaincant si la démonstration irréfutable en était faite, à savoir la finesse plus grande de l'alliage des pépites dans les alluvions, avait déjà été constaté par Poszepny dans l'Oural (or à 90 p. 100 de fin dans les alluvions, à 86 p. 100 dans les filons). Nous aurons à mentionner, dans le champ de l'Olekma, une différence encore bien plus forte [1].

On peut, à l'occasion de ces placers sibériens, comme de tous les autres, insister sur le rôle important des altérations superficielles précédant la destruction et la préparation mécanique. Il est certain que, pendant les longues périodes de temps où les parties supérieures des gisements primitifs ont été soumises aux actions oxydantes des eaux relativement superficielles, il s'est produit en eux une concentration de l'or, en même temps qu'une dissolution de la pyrite aboutissant à rendre les minerais plus friables. Sans cesse, une partie notable de l'or dissous est descendue dans les terrains en suivant leurs fissures et y a concentré une quantité d'or croissante, puisqu'elle venait de parties de plus en plus étendues des terrains progressivement atteintes par cette altération. On peut même se demander si ces veines de quartz légèrement aurifères rencontrées dans les schistes, auxquelles on attribue plus généralement une origine interne en relation avec le métamorphisme, ne seraient pas, du moins en partie, un résultat de cette concentration de la silice et de la pyrite aurifère dissoutes ailleurs, puis entraînées dans les fissures. Quoi qu'il en soit, ces conditions, sur lesquelles nous n'insisterons pas ici parce qu'elles sont générales pour toutes les alluvions aurifères, ont certainement contribué à former, au début de la période érosive actuelle, des alluvions particulièrement riches, occupant les terrasses les plus élevées (parce que les plus anciennes) ou ultérieurement recouvertes par des formations plus récentes, quelquefois même (quoique plus rarement qu'en Californie ou en Australie) par des basaltes.

Si nous envisageons maintenant l'âge de ces alluvions sibériennes, nous serons amenés à le croire plus variable, suivant les régions, qu'on ne l'a admis après un premier examen sommaire, et peut-être le phénomène d'alluvionnement a-t-il commencé plus tôt qu'on ne le dit en général [2]. Pourtant un fait immédiatement frappant est la localisation des dépôts aurifères dans les vallées actuelles, en relation avec la topographie actuelle. C'est donc quelque chose de tout différent de ce qui

[1] Voir p. 508.

[2] Voir plus loin, p. 537.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

s'est passé en Californie, où l'or, encaissé dans de grands filons continus en relation avec des granites crétacés, a commencé à être remanié et concentré mécaniquement avant même l'époque pliocène, quand le relief du sol était tout différent de ce qu'il est aujourd'hui, en sorte que les thalwegs aurifères y sont souterrains, masqués par des dépôts plus récents ou par des basaltes et souvent disposés à angle droit des thalwegs actuels. En Sibérie, le principal mouvement d'alluvionnement, qui paraît avoir agi sur un compartiment profond de l'écorce, depuis longtemps déjà superficiellement décapé par l'érosion, semble contemporain de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorinus*.

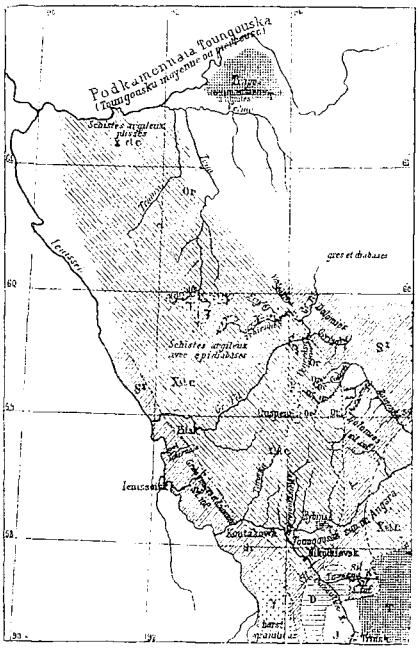
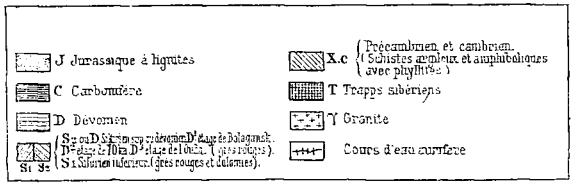


Fig. 34. — Carte des régions aurifères de l'Iénisséi. (Échelle au 1 : 7.000.000.)



Légende des figures 34 et 35.

La description des diverses régions aurifères, que nous abordons maintenant, va nous permettre de préciser ces notions générales. La planche II et la figure 33 suffisent à en montrer la disposition d'ensemble. Nous allons les passer successivement en revue dans l'ordre déjà indiqué. Mais nous ne nous attacherons pas à multiplier les noms des placers, qui constitueraient une énumération, d'abord fastidieuse et ensuite sans intérêt puisqu'il est dans la nature même de telles exploitations de durer fort peu de temps, si bien qu'au bout d'une dizaine d'années au maximum une exploitation de placer disparaît totalement et sans laisser de traces. Ceux qui désireraient de tels renseignements de détail pourraient les trouver sur les cartes russes, auxquelles nous renverrons, et où les placers sont toujours soigneusement indiqués.

1° **Bassin de l'Iénisséi inférieur (Pit et Oudérei).** — La carte générale des gisements d'or sibériens (fig. 33) montre une importante zone aurifère

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

uniquement formée de placers, sur la rive droite de l'Iénisséi, entre la Toungouska supérieure ou Angara et la Toungouska moyenne ou pierreuse (Podkamennaia). Cette région, dont nous avons donné la description géologique précédemment [1], constitue, comme nous l'avons indiqué alors, un premier exemple de ces zones plissées et métamorphisées en profondeur à la fin de l'époque silurienne, où l'on trouve fréquemment, en Sibérie, des imprégnations de pyrite aurifère n'ayant pas le caractère filonien (quoique des veines de quartz légèrement aurifères se montrent interstratifiées à leur voisinage), et ne fournissant pas même directement des gisements originels exploitables, mais dont la destruction et le remaniement ont souvent donné des placers très riches. C'est le type considéré par nous comme caractéristique de tous les anciens massifs primaires qui forment le noyau solide des vieux continents, aussi bien en Afrique qu'au Brésil ou dans l'Inde et dont les riches placers causent si souvent des illusions décevantes, en ce qui concerne l'utilisation possible des gisements en place.

Ainsi que nous l'avons vu, on a là une série plissée à direction générale N.-N.-W., dont les termes principaux sont des schistes argileux, des phyllites et des quartzites (le tout à aspect précambrien) supportant en concordance du silurien fossilifère. Vers le Sud, la série de ces schistes argileux et métamorphiques forme une vaste anticlinal entre deux versants de dolomies et grès rouges que l'on rattache au silurien inférieur S^1. Des massifs graniques existent en divers points de l'assise schisteuse et ont dû, comme nous le verrons mieux sur la Léna, jouer un rôle dans le développement des pyrites aurifères.

Au Nord, on rencontre un premier champ d'or sur la Téya et les rivières Enachimo, Katama, Sévaglikou, à la sortie du massif granitique dans les couches dites de la Téya (calcaires, amphibolites et gneiss antérieurs aux schistes argileux). Un peu plus au Sud, les hauts cours du Pit et de ses affluents Penrensa, Gorbylok, sont aurifères, ainsi que le groupe de l'Oudérei et de l'Oudoronga, toujours dans les schistes au voisinage du granite (fig. 34).

Dans les bassins de l'Oudérei et de l'Oudoronga, d'après A. Meister, on a : 1° des gneiss avec granite ; 2° des quartzites, schistes quartzeux, calcaires ; 3° des schistes argileux avec calcaires (assise dite de l'Oudérei), auxquels sont enfin superposés : 4° des dolomies et calcaires S^1. Des veines quartzeuses, parfois un peu aurifères, sont intercalées dans ces terrains, les unes conformément à la stratification, les autres transversalement. On a trouvé des traces d'or dans les schistes argileux et, plus rarement, dans les calcaires [2], mais, au contraire, jamais dans les

[1] Page 212. Voir les cartes géologiques, figures 34 et 35.

[2] Au Transvaal, il existe, notamment dans le district de Malmani, quelques veines aurifères dans les calcaires dolomitiques, qui n'ont jamais donné de résultats industriels.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

roches éruptives de la famille des diabases, qui forment un certain nombre de pointements.

Enfin, même sur la rive gauche de l'Angara, en dehors de la région aurifère proprement dite, on a trouvé de l'or dans des veines quartzeuses et dans des dolomies pyritifères. Mais cette imprégnation aurifère ne semble jamais s'éloigner beaucoup des granites intrusifs, auxquels tous les observateurs sont d'accord pour attribuer le principal rôle dans sa formation.

Dans une étude d'ensemble sur tout le district minier de l'Iénisséi du Nord, M. Jaczevsky a publié, d'autre part, quelques résultats d'analyses intéressants pour l'origine des placers.

Parmi les assises inférieures, on a trouvé directement de l'or à l'analyse dans un quartzite micacé très pyriteux (0,1 à 1,33 p. 100 de pyrite); quatre échantillons sur cinq analysés tenaient de l'or jusqu'à 0,00008 p. 100. Un gneiss tourmalinifère de la même assise, tenant 144 grammes de tourmaline, a donné 0,00004 p. 100 d'or à l'essai par voie sèche; ce qui correspond à la relation générale précédemment annoncée entre l'or et la tourmaline [1].

Au-dessus viennent, on l'a vu, les schistes argileux recouverts transgressivement de grès qui débutent par des conglomérats quartzeux à ciment d'hématite rouge.

L'analyse de neuf de ces conglomérats, pris en des points très distants les uns des autres, a donné une teneur en or variant entre de faibles traces et 0,0004 p. 100. Cet or est évidemment associé à l'hématite provenant de pyrite altérée et se trouve de préférence dans le ciment, tandis que les galets de quartz isolés n'en renferment pas. Quant à son mode d'introduction, la question se pose, ici comme au Transvaal, de savoir s'il y a eu filons aurifères antérieurs remaniés, ou, comme on le croit plutôt maintenant, imprégnation postérieure d'un conglomérat dans ses interstices. Enfin, M. Jaczevsky [2] signale, le long de certaines lignes de failles, des galets à nodules d'hématite brune renfermant des grains d'or particulièrement gros.

2° Gites de magnétite de Nikolaievsk. — Les très curieux et importants gisements de magnétite de Nikolaievsk (par 101° 30 long. et 56° lat.), sur l'Angara et l'Oka (fig. 35) méritent une mention spéciale en raison de leur type exceptionnel et de leur situation dans une région où nous n'avons guère à décrire, en dehors d'eux, que des imprégnations aurifères d'un caractère tout à fait différent. Les descriptions qu'en ont données von Gorecki et Bogdanovitch [3] montrent

[1] Page 494.

[2] *Rég. aurifère de l'Iénisséi*, liv. IV, 1903.

[3] 1903. Th. von Gorecki. *Die Magneteisensteinlagerstätten der Hütte Nikolaiewski Zavoei* (Z. f. p. G., p. 148 à 154, avec cartes). — 1903. Bogdanovitch. *Traité des gites métallifères* (en russe).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

une formation filonienne de magnétite en relation directe avec des roches éruptives trappéennes d'un âge probablement paléozoïque : formation ultérieurement altérée.

Deux lignes parallèles de gisements E.-W. (Dolonovski, Iermak, Krasnoiarsk, Kechemsk) forment des veines verticales dans ces brèches et tufs, reliés au système des trapps qui, lui-même, recoupe en les métamorphisant les grès rouges et argiles bariolées, rattachés au

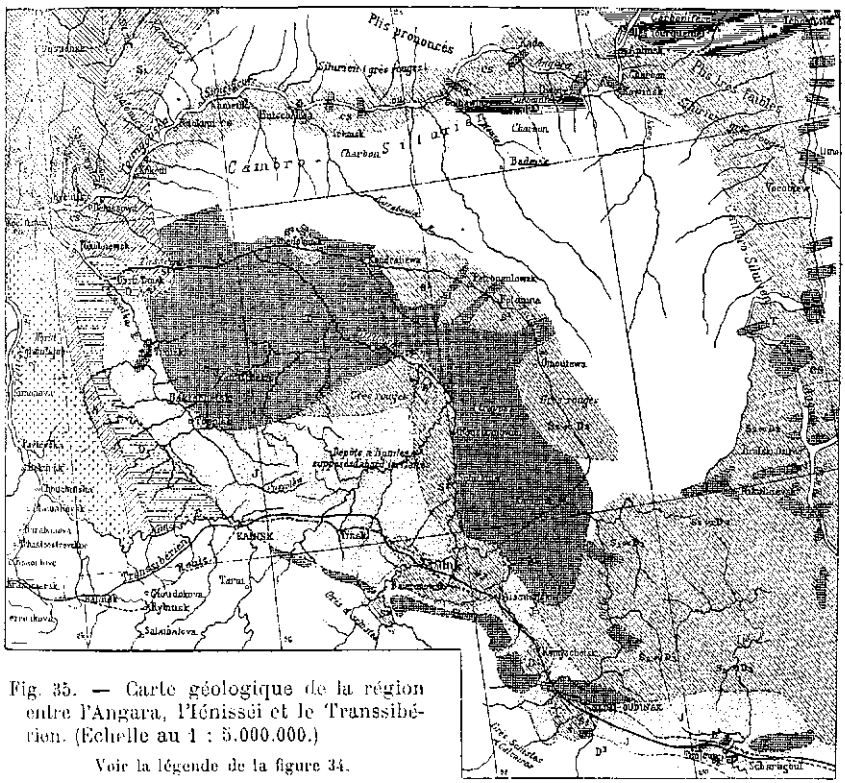


Fig. 35. — Carte géologique de la région entre l'Angara, l'Iénissei et le Transsibérien. (Echelle au 1 : 5.000.000.)

Voir la légende de la figure 34.

silurien sur notre carte, mais considérés par beaucoup d'auteurs comme dévoniens. Les terrains sont faiblement ondulés par des plissements calédoniens ayant pu avoir un contre-coup hercynien et, en outre, localement disloqués par des cassures en rapport avec la montée des trapps. Sous ce nom de trapps, on comprend des roches très diverses, depuis des structures cristallines (gabbros, diabases à olivine) jusqu'à des structures effusives et vitreuses. La composition moyenne correspond à des porphyrites augitiques avec olivine. Les phénomènes qui ont produit leur mise en place ont eu manifestement plusieurs phases réparties sur une longue durée et la métallisation paraît en être un dernier épisode.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La magnétite avec quartz et géodes de calcite, à structure concrétionnée, remplit des veines qui atteignent 3 mètres de large. Elle est accompagnée de quartz, de sidérose et, par réaction secondaire, de gypse. L'étude théorique des gisements est rendue difficile par le rôle considérable des altérations superficielles qui en masquent les caractères primitifs. On observe presque constamment auprès d'eux un développement de minéraux secondaires, zéolites, chlorite, calcite, etc., qui accuse ces transformations ultérieures, prouvées d'autre part par des pseudomorphoses de magnétite en martite.

Pour la genèse primitive de ces gisements singuliers, on peut remarquer que, très probablement liés aux porphyrites à olivine, ils ne sont pourtant jamais dans ces roches mêmes, mais dans leurs tufs et brèches : ce qui exclut l'idée de fer emprunté aux trapps par simple sécrétion latérale. Des pseudomorphoses d'hématite en magnétite laisseraient supposer que l'hématite a été au début la forme dominante de l'oxydation du fer, peut-être avec un peu de sidérose. Cette hématite aurait été produite par du carbonate ou du chlorure du fer émané de la roche éruptive en dissolution siliceuse. Ultérieurement, l'hématite aurait été transformée en magnétite par l'un des agents connus de cette réduction (chaleur, hydrocarbures, etc.). Puis des circulations d'eau superficielles auraient produit les minéraux secondaires précédemment cités. On peut remarquer que la magnétite n'est accompagnée d'aucun sulfure, contrairement à ce qui se passe dans les gisements du Banat et de Traverselle et que, le long des filons, les brèches ont été cimentées par de la silice englobant de la magnétite. Certains gisements, comme Iermak et Kechemsk, renferment de la magnétite sous la forme inusitée de grosses oolithes.

3° Bassin de la Léna (Olekma, Vitim, Patom)[1]. — Les placers dits du bassin de la Léna se trouvent tous situés dans la région accidentée comprise entre le Vitim et la Léna (58° à 61° lat., 113° à 118° long.), qui a été décrite précédemment[2] sous le nom de plateau de la Patom. On a vu alors que cette région présente un système de plis calédoniens affectant les terrains siluriens métamorphisés (sans trace apparente de plis ou mouvements postérieurs, sauf peut-être des dislocations tertiaires) et que son caractère général était dû à un métamorphisme intense exercé par le granite : métamorphisme ayant, suivant qu'il s'effectuait à plus ou moins grande distance, produit des apparences de gneiss et des schistes granulitisés, ou de simples filons d'aplite, avec veines de quartz dérivées dans des terrains de grès et de schistes. L'action granitisante,

[1] Voir la Pl. II, la figure 36 et la description, p. 218 ; — 1902. Gueassimov. *Rech. géol. dans les bassins des rivières Vatcha et Kadali (Léna)* (russe, avec résumé fr., Saint-Pétersbourg).

[2] Page 218.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

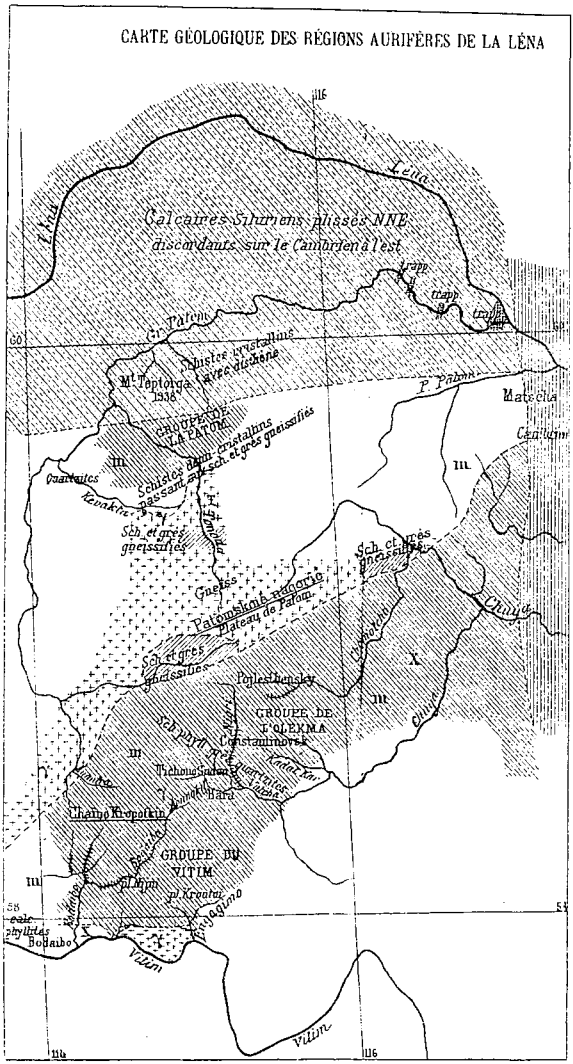


Fig. 36. — Carte géologique des régions aurifères de la Léna.
(Échelle au 1 : 3.059.000.)

- t Tertiaire
- J Jurassique à lignites
- S Calcaires siluriens plissés de la Léna
- c Cambrien horizontal avec gypse de la Léna
- mx Précambrien ou cambrien (Schistes métamorphiques et cristallins, phyllites, quartzites)
- ζ^1 Gneiss et terrains gneissifiés
- T,β Trapps sibériens (Basaltes, porphyrites, etc.)
- γ Granite
- Rivière aurifère et placers

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qui paraît attribuable à ce type de granites relativement superficiels, où domine le rôle du mica blanc et dont nous avons des exemples particulièrement typiques dans le N.-W. du Plateau Central français, s'est traduite, même à distance, par la diffusion de vapeurs qui, en profondeur et sous pression, ont déterminé la cristallisation de la tourmaline, du mica blanc et de la pyrite aurifère. Nous allons voir plus en détail comment cette teneur en or, très faible et très disséminée dans les terrains métamorphiques, a donné des placers qui ont eu une grande époque de prospérité (vers 1890-1891) pour le groupe de l'Olekma, un peu plus tard pour celui du Vitim).

Géographiquement, le haut plateau de la Patom sépare deux premiers groupes de placers (fig. 36) : au Nord, ceux de la Tonoda, affluent de droite de la Patom, dont nous dirons seulement deux mots en terminant et, au Sud, ceux, beaucoup plus nombreux, ou plus explorés, que l'on divise en groupe de l'Olekma et groupe du Vitim. Au groupe de l'Olekma se rattachent tous les gisements situés sur les hauts affluents de la Chuya, affluent de la Tchara, qui elle-même se jette dans l'Olekma, tels que le Chomotcho (placer Poilesthensky), la Nigri, la Vatcha (Constantinovsk), la Bara et l'Aounakit (Tichonosadon) ; puis, au Sud-Ouest de la crête Kropotkin, sur des affluents directs du Vitim, se trouvent les placers du Bodaibo, tels que le placer Nijni et ceux de l'Engagitcha (pl. Kroutoi).

A. *Région de l'Olekma.* — Dans le bassin de l'Olekma, on a un substratum de terrains métamorphiques azoïques (peut-être, comme nous l'avons dit, siluriens), sur lequel reposent les diverses couches alluvionnaires et glaciaires, à la base desquelles on trouve l'or des placers.

L'assise métamorphique comprend : des quartzites, ordinairement imprégnés de pyrite, fréquemment charbonneux et tourmalinifères, des schistes quartzeux, souvent charbonneux, qui contiennent eux aussi en quantité considérable de gros cristaux de pyrite et de braunspath (ou dolomie ferrifère), tendant à se transformer en hématite brune ; puis des grès, parfois amphiboliques, qui se développent vers le Sud ; des phyllites, parfois calcaires, parfois pyriteux (placer Pétrovsky) ; des schistes calcaires et quelques calcaires proprement dits. Le tout a été plissé dans le sens N.-W.-W. (presque E.-W.) et a été pénétré de nombreuses veines de quartz, ordinairement d'un blanc de neige, renfermant accidentellement de la galène.

Pour chercher l'origine primitive de l'or, on a commencé par examiner ces quartz, où l'on n'en a trouvé tout au plus que des traces, ayant pu fournir un appoint à la formation, mais certainement pas la constituer à elles seules. D'autre part, il est incontestable qu'ici comme dans la plupart des gisements aurifères, l'or est associé à la pyrite, probablement sous la forme de sulfure d'or isomorphe avec le sulfure de fer. On a constaté directement cette association en faisant l'analyse des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pyrites qui, dans le lavage des minerais aurifères, s'accumulent et où l'on a trouvé : dans un cas, l'énorme teneur moyenne de 983 gr. d'or à la tonne ; dans un autre, la teneur encore très forte de 62 gr. Il est, dès lors, à peu près certain que l'or provient de la pyrite, si généralement abondante dans la série métamorphique, soit seule, soit accompagnée de braunspath l'enveloppant qui peut être un premier produit de son altération. On est amené à l'hypothèse, annoncée par nous précédemment, d'une pyrite aurifère qui aurait été introduite dans des terrains anciens, soit pendant leur métamorphisme, soit même après celui-ci. La façon dont les cristaux de pyrite sont disposés suivant la schistosité semble confirmer cette idée et M. Guérassimov[1] a signalé également, pour l'appuyer, cette observation, dont nous avons déjà fait ressortir le caractère général[2], que la tourmaline est absolument constante dans les types pétrographiques les plus divers de la série métamorphique là où celle-ci est aurifère. Cette tourmaline doit être en relation avec des massifs granitiques situés au voisinage immédiat de la région aurifère : granites, qui ont visiblement pénétré dans les schistes en les métamorphisant et d'où l'or, associé avec la pyrite, a pu provenir à l'état de fumerolles. Il est à noter qu'en dehors de la pyrite aurifère, du braunspath et de la tourmaline, visiblement cristallisés sur place, tous les autres éléments des terrains métamorphiques sont fortement clastiques et antérieurs.

C'est donc la destruction de ces formations à pyrite aurifère disséminée qui a donné, par une concentration naturelle, l'or des placers. Quand on étudie maintenant les dépôts sédimentaires dans lesquels se trouvent ces placers, on arrive, pour l'ensemble de la région, à en établir approximativement la coupe de la manière suivante, de haut en bas :

1. Dépôts modernes des cours d'eau et du ruissellement (eluvium) ;
2. Argile supérieure à blocaux et vase, atteignant 35 m. au placer Alexandrovsky ;
3. Dépôts interglaciaires de sables, galets et cailloux ;
4. Argile inférieure à blocaux et vase ;
5. Dépôts préglaciaires avec eluvium.

L'histoire pléistocène de la région peut se reconstituer de la manière suivante. D'abord des torrents préglaciaires, entaillant les terrains métamorphiques, déposent l'assise (5). Puis l'activité des torrents devient plus calme, les dépôts commencent à se stratifier. La glaciation commence. On voit apparaître (placer Tikhono-Zadonsky) quelques blocs erratiques. Les glaciers envahissent la contrée et donnent l'assise inférieure (4) à blocs, puis des moraines vaseuses. Un recul des glaciers

[1] Guérassimov. *Région de la Léna* (feuilles II, 6, et III, 6 : 1904 et 1907).

[2] Pages 494 et 502.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

provoque une nouvelle activité fluvio-glaciaire, aux dépôts graveleux, aux vases mélangées en désordre avec des sables (3). Les glaciers reviennent une seconde fois, et de nouvelles moraines supérieures s'accumulent (2). Enfin les glaciers se retirent et nourrissent des cours d'eau, qui essaient de se frayer un chemin à travers les moraines, mais sans réussir à atteindre le sol primitif : ce qui montre combien les glaciers ont eu finalement peu d'influence sur le modelé général du pays.

Les débris de faune et de végétaux semblent indiquer que cette glaciation de la taiga d'Olekma a été retardataire sur celle de l'Europe occidentale, par suite de circonstances climatériques locales.

Pratiquement, les placers portent en général sur l'assise inférieure préglaciaire et, dans celle-ci, sur certains lits de sable gris ou brun rougeâtre présentant une stratification tout à fait irrégulière en diagonale. Ces dépôts peuvent se trouver dans deux conditions distinctes : *placers de vallée* dans les parties les plus basses des vallées fluviatiles actuelles et *placers de terrasse* occupant d'anciennes terrasses longitudinales d'érosion (ouvals).

Vers le confluent des rivières Nigri et Bezymianka, il semble y avoir trois terrasses successives de placers aurifères reposant sur les roches primitives avec une différence de niveau totale de 10 m., que l'on a cru pouvoir rapporter aux étages 1, 3, 5 de la coupe précédente.

Les placers de vallée peuvent à leur tour se subdiviser en placers de vallée proprement dits (les plus riches) et placers de lit du cours d'eau, qui n'en sont que le remaniement appauvri. Mais les placers de terrasses sont rares, ayant pu facilement être détruits par l'érosion.

L'or est de nature différente dans ces divers types de gisements : très fin et parfois flottant dans les lits de cours d'eau, ailleurs en grains plus gros, peu émoussés et fournissant des pépites qui peuvent atteindre 40 gr. Cet or provient évidemment presque directement de son bed-rock, mais a dû être nourri par dissolution. A l'appui de cette idée, l'or des placers semble être en moyenne d'un cinquième plus pur que celui de la pyrite (titre 918 au lieu de 758) : ce qui, si le fait est exact, montrerait bien l'influence d'une action secondaire dissolvante et épurante.

Dans les gisements exploités, la couche aurifère est recouverte par des épaisseurs de terrains stériles souvent considérables (jusqu'à 40 m.). Cette couche repose d'ordinaire directement sur le bed-rock, quoiqu'on ait parfois rencontré, à titre exceptionnel, une seconde alluvion aurifère plus élevée et reposant sur le stérile (placer Proroko-Iliinsky sur la Nigri). Le plus souvent (placers Tikhono-Zadonsky, Predtetchensky), les alluvions débutent à la base par une mince couche, dite « primazka », qui entre dans les fentes des schistes sous-jacents jusqu'à 1 m. de profondeur et qui consiste, tantôt en sables argileux avec menus fragments de roches, tantôt en argile grasse, calcareuse, chargée de fragments anguleux. La primazka présente parfois des parcelles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'or qu'on peut recueillir à la main. Au-dessus vient la couche aurifère proprement dite, dont l'épaisseur ordinaire est de 0,75 à 1 m. et dépasse rarement 2 m. Elle consiste en un sable argileux gris sale avec nombreux fragments anguleux et renferme tellement de pyrite « koubik » que celle-ci constitue la grande masse des résidus de lavage. La teneur en or à la tonne, extrêmement variable, peut atteindre une vingtaine de grammes ; mais on lave parfois des parties qui tiennent à peine quelques dixièmes. En principe, la richesse, maxima dans l'axe du thalweg, diminue vers les bords.

B. *Bassin du Vitim.* — Dans le bassin du Vitim, on arrive à des conclusions très analogues. MM. Obroutchev et Guérassimov ont décrit de ce côté la région de la chaîne Kropotkin, au Nord du Vitim, entre 114° et 116° de longitude et 58° et 59° de latitude. Les placers sont nombreux sur le Bodaibo et l'Engagimo, affluents de droite du Vitim. On a une zone de schistes, phyllites, grès et quartzites métamorphiques de direction N. W. — S. E., avec quelques bancs calcaires dans le Nord, qui, au Sud, est bornée, avant le Vitim, par un massif de granite à mica noir, souvent riche en sphène [1]. Ces terrains, avec plis très serrés et renversés vers le Sud, à structure imbriquée, ont l'aspect ordinaire du précambrien, mais un âge probablement postérieur. Ils sont, dans les régions aurifères toujours voisines du granite, souvent pénétrés de pyrite et de braunspath avec des veines de quartz interstratifiées. Plus on s'éloigne des granites, plus les schistes s'appauvrissent en pyrite et braunspath, plus les placers y deviennent rares. L'analyse y décèle à peu près partout l'existence de l'or dans la région voisine du granite, qui est la région aurifère, tandis que l'or n'apparaît pas en général ou se montre seulement en traces infimes dans les filons quartzeux. Ceux-ci disparaissent d'ailleurs également quand on s'éloigne du granite. On peut donc considérer l'or alluvionnaire comme provenant de la destruction de ces terrains, où il aura été introduit par le métamorphisme dérivant du granite.

Depuis longtemps, dans cette région comme dans beaucoup d'autres, où l'or résulte de même d'imprégnations disséminées sans valeur propre, les prospecteurs, hypnotisés par l'idée des filons d'or californiens ou australiens, se sont attachés à l'étude des veines quartzeuses intercalées, où l'on reconnaît parfois à l'analyse des traces d'or, et dont les débris recueillis dans les placers peuvent offrir des grains d'or adhérents. Ces veines, très irrégulières de forme et pouvant atteindre 10 ou 15 m. de large localement, se poursuivent, dans certains cas, suivant la stratification, sur plusieurs kilomètres. Ces quartz sont généralement d'un blanc laiteux, quelquefois grisâtres ou caverneux. Les essais, faits depuis quarante ans sur un certain nombre de ces filons indubitable-

[1] Liv. II, III et IV, 1903, 1905 et 1907.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment aurifères, n'en ont jamais rencontré un seul où l'exploitation fût payante. Il faut d'ailleurs ajouter, comme M. Obroutchev l'a montré dans un dernier travail[1], que, si l'or est fréquent dans les grès pyriteux et y est reconnu en moyenne une fois sur deux par l'analyse, les teneurs sont très faibles, à peine 1 gr. à la tonne dans la roche triée. Il est donc manifeste que l'enrichissement des placers anciens tient à ce que, succédant à une longue période d'émersion continentale, les phénomènes alluvionnaires ont détruit des affleurements déjà enrichis ; après quoi, un enrichissement continu s'est encore produit dans les placers eux-mêmes, mécaniquement, par la descente des parcelles d'or plus lourdes et surtout chimiquement, par la mise en dissolution d'une partie de cet or à la faveur de l'acidité des eaux ; après quoi, les matières organiques ont amené la reprécipitation.

Les dépôts aurifères préglaciaires occupent, soit les thalwegs, soit d'anciennes vallées d'érosion, avec une teneur allant à 15 gr. et même, exceptionnellement, 30 gr. à la tonne. Ces alluvions sont formées de grès et schistes désagrégés sur place et mélangés de pyrite, ou d'hématite venant de cette pyrite. En haut, ces couches passent graduellement à un lit de galets mêlés de sable et d'argile, qui est stérile. On trouve de l'or à divers niveaux dans les sables interglaciaires et postglaciaires. Cet or est roulé, tandis que l'or préglaciaire est d'ordinaire raboteux. La teneur moyenne est, en même temps, beaucoup plus faible : au plus 4 gr. à la tonne. Au placer Nijni, sur le Bodaibo, la couche aurifère contient 1 p. 100 de pyrite altérée, tenant elle-même 344 gr. d'or argental à la tonne. Au placer Konstantinovsky, la pyrite tient jusqu'à 1.582 gr. à la tonne : ce qui démontre une fois de plus la relation de l'or avec la pyrite. La puissance totale des alluvions atteint 150 m. Au placer Kroutoi, le plus important du bassin de l'Engagimo, la couche aurifère, épaisse de 1 à 2 m., est attaquée à 25 m. de profondeur. Elle est formée de pierraille liée par une argile sableuse tenant 7 à 8 gr. à la tonne.

C. *Placers de la Tonoda.* — Au Nord, sur la Tonoda, affluent de la Grande Patom, on voit également reparaître les placers dans une assise de schistes cristallins micacés, chloriteux et talqueux au voisinage du granite. D'anciennes exploitations y ont été faites en 1860 (Kovaktinsky) et sont épuisées.

D. *Moyen et haut Vitim.* — Les exploitations aurifères dont il vient d'être question sont uniquement situées sur le bas Vitim, qui est seul à peu près facilement abordable. Le cours supérieur de la rivière, plus méridional et plus voisin du Baïkal, est mal connu, mais contient des gisements d'or, sur lesquels l'attention a été attirée depuis 1900. Leur constitution géologique paraît analogue. Sur le moyen Vitim, on cite la rivière Orlofka, sur laquelle on a rencontré quelques riches placers.

[1] Feuilles IV-1 et IV-2 de la Léna, 1907.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Une veine quartzeuse à or visible se présente là au contact de syénite

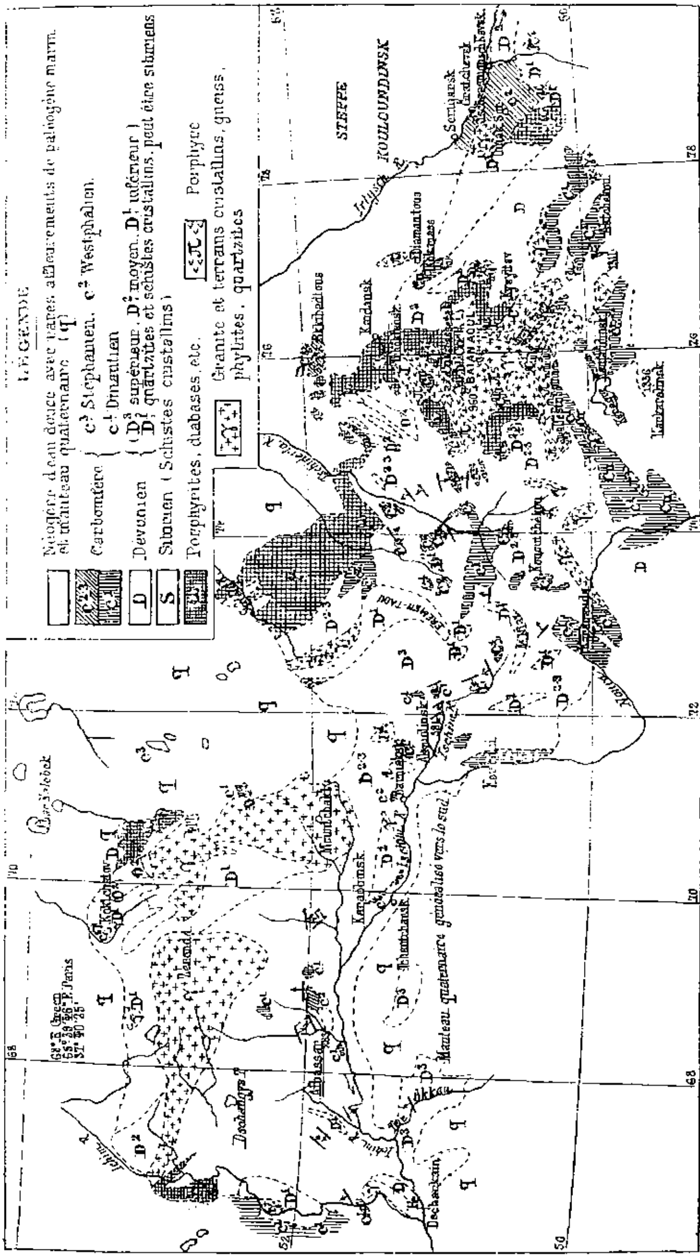


Fig. 57. — Carte géologique de la Steppe Kirghise, d'après les travaux de Krasnopolsky, Meister, Vyssotsky.
(Echelle au 1 : 6.000.000.)

et diorite très pyriteuses. D'après M. Bordeaux, il y aurait quelques filons cuivreux et plombifères dans cette région, qui se rapprocherait

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ainsi du type que nous allons trouver un peu plus au Sud dans le district de Nertchinsk. Enfin, sur le haut Vitim qui est presque voisin du Baïkal, il y aurait, d'après le même auteur, des veines de quartz aurifères minces et pauvres dans les schistes du Vitimkan et sur le Talôï entre des schistes et des syénites.

4° **Steppe kirghise**[1]. — L'étude de la chaîne hercynienne dans l'Asie russe (à laquelle nous passons maintenant) devrait logiquement, suivant l'ordre de l'Ouest à l'Est que nous avons adopté, commencer par une description de l'Oural. Mais l'importance de cette chaîne mérite un chapitre spécial (ch. XXIV) et nous allons aborder directement la steppe kirghise[2].

Or. — Les gisements aurifères de la steppe kirghise, que nous pouvons rattacher à cette chaîne de plis hercyniens, n'ont qu'une assez médiocre importance, peut-être en partie parce qu'ils sont de ceux sur lesquels ont porté les exploitations les plus anciennes. On peut compter, dans ce groupe, quelques placers sur l'Ichim, les monts Koktchetov, au N.-N.-W. d'Akmolinsk, enfin, la région de Semipalatinsk, sur le haut Irtych, qui a encore une tendance à croître.

Sur l'*Ichim*, il a existé des placers d'or importants vers le Nord des lacs Tchébatchy. En 1896, l'exploitation ne donnait plus guère que 33 kg. par an. On a trouvé des indices d'or en gisements originaires : 1° dans un filon de quartz traversant les schistes cristallins à la source du Sara-boulak ; 2° dans un filon de quartz traversant des syénites au Sud du lac Djoukei[3].

Les monts de Koktchetov, au Nord d'*Akmolinsk*, renferment des gisements aurifères, qui furent découverts en 1830 et sont épuisés. L'or en placers y provient de veines quartzeuses dans les gneiss et schistes cristallins, ou, exceptionnellement, des porphyrites. Dans la région de Karkaralinsk (au Sud de Baian-Aoul) (par 75°30′ et 49°30′), on a également signalé plusieurs indices de gisements aurifères[4].

Plomb, zinc et cuivre. — Les gisements plombo-argentifères et cuprifères de la steppe kirghise, très nombreux, quoique jusqu'ici sans

[1] Voir, outre la bibl. de la page 224, et la figure 37 : — 1903. Romanovsky. *Résumé des recherches dans la partie orientale de la steppe kirghise au point de vue géologique et industriel de 1816 à 1899* (Saint-Pétersbourg, 70 p., in-4°, en russe, avec carte géologique en couleur). — 1903. Reoutovsky, *Richesses minérales de la Sibérie* (en russe), p. 28 à 32, sur le fer ; p. 101 à 127, sur le cuivre ; p. 160 à 252, sur le plomb ; p. 253 à 268, sur l'or (avec plans et coupes des mines). — Bogdanovitch. *Traité des gites minéraux* (2e partie, p. 276 à 289, avec bibliog. en russe). — Coll. Ec. d. Mines, n° 2909.

[2] Il ne faut pas oublier, ici comme dans toutes ces descriptions de contrées sibériennes, la très grande étendue et, par conséquent, la diversité inévitable des régions considérées. La steppe kirghise, par exemple, est plus grande que l'Autriche-Hongrie.

[3] Krasnopolsky. *Expl.*, V, p. 48.

[4] Krasnopolsky. *Expl.*, XXI, 1900, p. 345.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

importance industrielle, vont, comme notre théorie l'annonçait, faire ressortir, dès cette première rencontre avec un district métallifère hercynien d'Asie, des analogies frappantes avec les districts homologues, beaucoup plus connus, de nos chaînes hercyniennes européennes.

Au contraire, quand on dépasse au Sud le lac Balkach vers le Tien-chan et le Turkestan russe, on entre dans un groupe métallogénique différent, étudié au ch. XXVI, avec dislocations tertiaires et roches éruptives connexes comprenant des minerais du type Banat et d'autres d'un type alpestre ou pyrénéen.

La plupart des gisements qui vont être décrits sont dans la région montagneuse située entre l'Irtych et le lac Balkach, dont Baian-Aoul et Karkaralinsk sont les centres principaux, et qui fait pendant, de l'autre côté de l'Irtych, à l'autre important district métallifère de l'Altaï étudié plus loin. La grande majorité d'entre eux sont d'un type filonien, bien que l'on ait constaté, en divers points, dans les porphyrites, des traces de cuivre ou de magnétite, comme cela se passe dans beaucoup d'autres régions[1].

En ce qui concerne ces filons, M. Romanovsky a, suivant la tradition de Freiberg, établi toute une classification fondée sur les groupements dominants de métaux et sur l'allure des cassures remplies, causée par la nature des terrains encaissants. Sans méconnaître l'intérêt pratique de ces divisions, nous chercherons plutôt, dans l'ordre d'idées qui domine ce travail, à synthétiser en réunissant toutes les formations d'aspect plus ou moins différent auxquelles on peut attribuer une même origine. Pour nous, comme pour M. Bogdanovitch[2], il n'y a ici qu'une seule grande formation, dans laquelle, avec la silice comme gangue, dominent, tantôt la galène argentifère, tantôt la pyrite cuivreuse, accompagnées à l'occasion des autres sulfures métalliques habituels, pyrite de fer, blende, etc. Les fractures métallisées se sont produites, tantôt dans des schistes, tantôt dans des calcaires, tantôt dans des porphyres et ont pris, suivant le cas, une allure tout à fait différente, conforme d'ailleurs à ce qu'on a l'habitude d'observer, dans les mêmes conditions métallogéniques, avec des terrains semblables. Dans les schistes (Baian-Aoul), il y a eu tendance à la dissémination en filons-couches ou à la production d'amas interstratifiés, si bien que l'on a pu parfois penser à des gîtes sédimentaires. Dans les calcaires (Kizil-espé, Ala-bouga), les métallisations ont rempli des cavités irrégulières pouvant donner lieu à des amas et se sont étendues par imprégnation aux terrains encaissants, et les altérations superficielles, dont nous allons parler, ont contribué à leur donner une allure spéciale. Enfin, dans les porphyres

[1] *Aperçu des explorations* (p. 20, 23, 25). Voir plus loin, page 527. On peut comparer ce qui a été dit, p. 502, sur les magnétites de Nikolaievsk.

[2] *Loc. cit.*, p. 287.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

(Kousou-Adir, Berkara), il ne s'est produit que des fissures minces et des métallisations sans extension latérale.

Ajoutons aussitôt que tous ces gisements, à peu près inexploités, ont été explorés seulement à l'affleurement ou jusqu'à 10 ou 20 m. de profondeur, en sorte qu'on y a surtout observé les types altérés (oxydes et carbonates de fer, cuivre, plomb, zinc, exceptionnellement cuivre ou argent natif, pyromorphite, etc.). Comme il arrive souvent en pareil cas, on a été tenté de voir, dans certains effets de remise en mouvement en terrain calcaire (Ala-bouga), un remplissage de grottes et une métallisation récente aux dépens de terrains dissous.

Suivant la division précédente, nous étudierons successivement les gîtes encaissés dans des schistes, des calcaires et des porphyres, dont les types sont pratiquement très différents.

Les veines éparpillées et souvent interstratifiées dans les schistes sont surtout connues dans le district de *Baian-Aoul* et la montagne de *Karagandy*, parfois au voisinage ou même au contact de porphyres ou de porphyrites. On trouve également là des quartzites, poudingues et grès pénétrés de cuivre dans des conditions qui ont pu faire supposer (sans doute à tort) une formation sédimentaire contemporaine. Le gîte de *Sviato Makarief*, dans les monts Salkin-taou, à 3 km. de Dieltosk, contient, avec du quartz et de la barytine, des pyrites de fer et cuivre légèrement aurifères, altérées à la surface.

A *Karkaralinsk*, on a signalé l'affleurement d'un filon pyriteux prenant la forme d'un chapeau de fer oxydé de 30 m. de large. Ce gisement, assez comparable, dit-on, à ceux de l'Est-Algérien, comme l'Ouenza, a donné lieu à des évaluations tout à fait variables, peut-être un peu hâtives, atteignant 90 millions de tonnes et plus. La partie superficielle y est très épurée en soufre et, comme toujours en pareil cas, pure en phosphore[1].

Les meilleurs types de filons dans les calcaires sont au Sud-Ouest de Karkaralinsk. On trouve, à 260 km. S.-W. de Karkaralinsk, à *Kizil-espé*, et au voisinage, à *Kaskai-gir* et *Aktchagal*, de bons types de remplissages plombo-cuprifères à gangue quartzeuse en milieu calcaire avec forte altération superficielle. D'après les descriptions d'Antipof, le calcaire encaissant est très silicifié et métallisé, puis altéré. Le gisement du Kizil-espé forme un amas de 50 m. sur 15, subdivisé à l'Est en deux branches. Les minerais primitifs comprennent galène, blende, pyrites de fer et de cuivre : leurs altérations enrichies, anglésite, pyromorphite, cupro-plombite, phillipsite, cuivre gris, azurite et malachite, cuivre natif, argent natif, avec gypse et pyrolusite. Un gisement de ce groupe contient, en outre, du grenat.

[1] 1897. De Catelin. *Etudes sur les propriétés de M. Diéroff* (dans la région de Sergiopol). Paris. — 1903, Levat. *Richesses minérales des possessions russes en Asie centrale* (Annales des mines, mars, p. 321). — Coll. Ec. d. Mines, n° 2910.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Également au Sud de Karkaralinsk, à *Ala-bouga*, dans les monts Kizil-taou, les effets d'altération ont donné lieu, par des remises en mouvement très récentes, à la production de poches argileuses dans les calcaires, avec cérusite, ocre ferrugineuse, gypse, barytine, etc. Les minerais sont en nids discontinus. Une veine de diorite de 0,70 m. de large recoupe les terrains.

A 4 km. N.-W. du Balkach, le filon de quartz plombeux de *Goultchad* remplit, au contact du calcaire et de la diorite, une veine atteignant 12 m. de puissance, qui renferme un peu de pyrite aurifère, de blende et de chalcopyrite.

Il existe également, au Sud de Karkaralinsk, divers filons plombeux ou cuivreux dans les porphyres, ou au contact des porphyres et des schistes.

Kousou-Adir (ou Rochdestvensk), à 180 km. S.-W. de Karkaralinsk, au Sud des montagnes de Kizil-tach, est un exemple du premier cas. On a des veines quartzeuses avec fines ramifications latérales dans les fissures du porphyre quartzifère qui, assez développées à la surface, se coincent rapidement en profondeur (galène, blende et pyrite, avec altération jusqu'à 8 m). *Berkara* (70 km. S.-W. de Karkaralinsk), qui a alimenté la fonderie de cuivre de Bogoslovsk, contient, dans des conditions analogues, une série de veines, surtout cuivreuses au Sud-Est, plombeuses au Nord et au N.-W. A *Ouspiensk* (limite des districts de Karkaralinsk et Akmolinsk, les veines de quartz cuprifère suivent le contact d'un porphyre quartzifère avec un schiste chloriteux et siliceux.

Indépendamment de ces filons plombo-cuprifères, une couche assez puissante de fer oligiste, subordonnée aux quartzites compacts, a été constatée près du contact des quartzites avec le granite dans le district de Karkaralinsk.

D'immenses masses de baryte se trouvent encore au milieu de quartzites métamorphiques alternant avec les micaschistes près du mont *Maï-Kain* (région de Karkaralinsk). On a remarqué, à ce propos, que l'Allaï renfermait plusieurs masses de baryte dans des conditions semblables. Il est probable qu'il s'agit de formations filoniennes (peut-être avec ultérieure concentration superficielle).

5° **Altaï russe** [1]. — Les gîtes métallifères, qui ont fait la réputation

[1] Une bibliographie générale du district de l'Altaï a été donnée dans le premier fascicule des *Travaux de la Section géologique du Cabinet de Sa Majesté* (Saint-Pétersbourg, 1895). Ce recueil contient de nombreux mémoires en russe, avec résumé français, sur cette région, décrite carte par carte. Voici quelques-uns des travaux les plus importants sur les mines de l'Altaï :

1845. Tchihatcheff. *Mémoire sur la constitution géologique de l'Altaï* (C. R. de l'Ac. des Sc., XX, 1845). — 1871. B. v. Cotta. *Der Altaï*, Leipzig. — 1893. Fuchs et de Launay. *Gîtes métallifères* : I, 240, *Emeraudes* ; II : 562, *Plomb*, avec bibliographie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ancienne de l'Altaï russe, sont des remplissages filoniens à sulfures complexes, où la galène argentifère joue le rôle principal, avec du cuivre accessoire, comme dans les districts classiques de la chaîne hercynienne en Europe, mais où la pyrite de fer aurifère et les composés tellurés (Zavodinsk), qui interviennent accessoirement, constituent un trait particulier, plus habituel aux venues tertiaires du type Chemnitz qu'aux venues paléozoïques.

Ce district comprend les deux groupes, très inégalement importants, de Sméinogorsk (avec Tchérépanovsk, Syrianovsk, Riddersk, Sokolnoi, Zavodinsk, Biéloouzof), et de Salaïrsk.

Les descriptions anciennes de Cotta représentaient les gisements comme des amas ou filons-couches développés par réaction de contact le long des roches intrusives de l'Altaï, et cette idée s'est transmise longtemps d'un livre à l'autre. D'après les descriptions récentes de Bogdanovitch et de Spring, les conditions, seraient tout autres, et rappelleraient beaucoup plutôt ce que l'on observe pour tous les champs filoniens intercalés dans des massifs de schistes et grauwackes primaires que les conditions du Banat. La relation avec les roches éruptives, qui demeure possible, n'apparaît pas en tous cas directement.

Commençons par le district de *Sméinogorsk* (mont des Serpents). Il y a là, au Nord-Est de Sémipalatinsk, à peu près sur le méridien de Barnaoul, au Nord et à l'Est de la ville d'Oust-Kaménogorsk, une zone primaire d'environ 15 kilomètres de large intercalée entre deux massifs de granite, où l'on a reconnu superficiellement près de 3.000 gisements. Ces terrains, rattachés au dévonien inférieur et moyen par H. v. Peetz, se composent surtout de grauwackes avec quelques calcaires : l'ensemble étant discordant sur des chloritoschistes, qu'on observe au Sud contre le granite, où ils ont subi manifestement son action métamorphisante. Divers auteurs, ayant considéré ces chloritoschistes, eux aussi, comme d'âge dévonien, ont admis un effet de métamorphisme général exercé par le granite sur le dévonien : ce qui paraît inexact. Les filons métallifères sont encaissés dans ces grauwackes, qui, à leur contact, ont été imprégnées d'innombrables veines de quartz pyriteux, ayant eu pour effet de leur donner un aspect de quartzites ou de hornstein assez constant, auquel on a cru jadis devoir attribuer à tort une idée de niveau également constant. Toute cette zone dévonienne a subi des mou-

— 1904. H.-V. Peetz. *Description de la 13e feuille de la carte gén. du gouv. Tomsk.* (en russe), avec bib.; Trav. Soc. geol. du Cabinet de Sa Majesté, t. VI, 1; 274 p. — 1903. Bogdanovitch. *Traité des gites minéraux* (en russe), p. 251 à 276. — 1905. R. Spring. *Zur Kenntniss der Erzlagerstätten von Smejinogorsk und Umgebung im Altaï* (Z. f. p. G., 135 à 141). — 1905. Reoutovsky. *Rich. min. de la Sibérie* (en russe), p. 45, sur le fer; 127 à 141, sur le cuivre; 188 à 219, sur le plomb. — 1907. Freise. *Vorder und Mittel Asien während des Altertums* (Z. f. pr. G., 116, avec bibliographie. — 1909. G. Hergenreder. *Zur Kenntnis des Altais* (Z. f. p. G., p. 166). — Voir, plus haut, p. 230 et Pl. II. — Coll. Ec. d. Mines, nos 2321, 2392, 2528, 2566.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vements successifs, dont on peut, par assimilation avec ce qui se passe à Kouznetzk ou Elbach, considérer l'époque comme postérieure au carbonifère et en rapport avec l'ensemble des accidents hercyniens. Il en est résulté une série de venues ignées et hydrothermales : les unes formées de roches cristallines, telles que des microgranulites passant à des porphyres pétrosiliceux ou des pechsteins, des diabases ophitiques et porphyrites augitiques (trapps des anciens auteurs, lamprophyres des Allemands); les autres métallifères, qui s'enchevêtrent les unes dans les autres et ont réagi les unes sur les autres, tout en affectant d'une façon moyenne l'allure de filons-couches, habituelle dans tous ces massifs sédimentaires anciens. On pourrait, par exemple, établir, à certains égards, des points de comparaison avec les roches du même genre et les minerais pyriteux de la province d'Huelva, bien que la métallisation soit, dans les deux cas, différente.

Les microgranulites ont, en dehors de leur type filonien, affecté l'allure de nappes épanchées, à laquelle nous sommes accoutumés dans le Plateau Central, et qui paraît plutôt due à des intrusions ultérieurement décapées qu'à de véritables nappes superficielles. Elles sont accompagnées, également comme dans le Plateau Central, par des brèches de friction tournant au conglomérat. Les porphyrites, en filons de 2 à 3 mètres, ont exercé, comme toujours, un métamorphisme insignifiant à leur contact.

Avec les idées de venues successives et de classifications détaillées qui sont habituelles à l'école de Freiberg, Bogdanovitch a retrouvé ici les types suivants ayant tous, sauf certains filons du premier groupe (où l'or apparaît), leurs équivalents en Saxe : 1° formation cupro-argentifère noble à barytine (Sméinogorsk), ou à quartz dominant avec traces d'or (Syrianovsk et Riddersk); 2° formation quartzeuse noble (Tchérépanovsk); 3° formation plombeuse barytique (Salairsk); 4° formation transitoire entre le plomb pyriteux et le quartz cuprifère, avec prédominance des minerais de cuivre (Biéloouzof et Sougatof); 5° formation quartzo-cuprifère (Tchoudak). D'autre part, M. Spring a cru pouvoir établir la série suivante :

1° Galène et pyrite à gangue barytique, avec blende et pyrite de cuivre subordonnées;

2° Galène à gangue quartzeuse (Tchérépanovsk), avec blende et un peu de pyrites, cuivreuses ou non;

3° Pyrites cuivreuses, avec quartz et un peu de blende, ayant parfois suivi le contact immédiat des porphyrites auxquelles elles sont postérieures;

4° Pyrites aurifères, avec quartz, postérieures aux porphyrites, qu'elles disloquent et imprègnent (d'après M. Spring, beaucoup plus jeunes).

On peut ajouter (5°), et en leur attribuant un rôle capital, les réactions d'altération secondaires ayant modifié les parties utilisées autre-

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fois du gîte : formation d'un chapeau ferrugineux, enrichi en or, constituant la zone de peroxydation ; puis au-dessous, zone de cémentation, pouvant descendre jusqu'à 200 m., avec minerais argentifères, à la disparition desquels les exploitations se sont arrêtées en 1869.

Peut-être la série précédente est-elle moins rigoureusement chronologique qu'on ne l'a dit et y a-t-il plutôt des phénomènes locaux, à peu près contemporains, que des phénomènes réellement successifs. Comme nous l'avons déjà fait remarquer à propos de la steppe kirghise, nous croyons qu'il y a quelque convention dans ces essais de systématisation allemande et que l'on distingue avec grand soin des formations sulfurées de métaux divers ayant une origine commune et entre lesquelles la nature a établi toutes les transitions. En tout cas, il semble assez logique d'attribuer l'ensemble de ces venues aux fumerolles dégagées par le magma profond, dont les microgranulites et les porphyrites représentaient la montée intrusive.

Mécaniquement, les filons de Sméinogorsk même sont composés de fissures parallèles à la direction moyenne des terrains, elle-même grossièrement parallèles au contact du granite. Il a dû y avoir là une zone de dislocation, sur laquelle les efforts de fracture se sont réitérés dans le même sens. Après le plissement du dévonien, un système de cassures a donné passage aux filons de microgranulite, quartz, etc. ; puis s'est ouvert la fente principale, qui recoupe nettement des terrains divers et, réduite quelquefois presque à zéro, s'élargit par endroits en de grands amas, sur lesquels ont porté les exploitations principales : tel de ces amas ayant eu, sur 340 m. de long, jusqu'à 100 m. de puissance. De petites cassures latérales et parallèles l'accompagnent et souvent la rejettent elle-même ; quelques-unes ont donné passage à des porphyrites ou hypersthénites, qui seraient donc postérieures au gîte principal.

Le remplissage normal est formé de barytine avec quartz renfermant, dans les parties inaltérées : pyrites de fer et cuivre avec traces d'or, galène et blende.

Tchérépanovsk, à 9 kilomètres Nord-Est de Sméinogorsk, comprend un réseau compliqué de nombreuses veines minces, pour la plupart parallèles entre elles, que recoupe, sans rejets, un réseau, également complexe et à peu près parallèle dans son ensemble, de porphyrites augitiques. Le minerai primitif est formé de galène parfois très argentifère, blende, pyrites de fer et de cuivre, avec quartz et, exceptionnellement, fluorine.

Syrianovsk, la seule mine actuellement un peu exploitée de l'Altaï, comprend aussi un système irrégulier et complexe de veines, pour la plupart interstratifiées dans les schistes argileux dévoniens : veines qui, après s'être éparpillées en filons-couches, se groupent localement en une sorte de stockwerk. Un faisceau de porphyrites augitiques accompagne les minerais métallifères. Le remplissage primitif, que l'on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

trouve vers 80 m. de profondeur et qu'on a suivi jusqu'à 200 m., est formé de sulfures de fer, cuivre, plomb et zinc, avec métaux précieux dans une gangue de quartz. La zone altérée commence, à sa base, par une masse terreuse noire, parfois manganésifère, contenant des restes de sulfures et, plus près de la surface, se continue par des minerais ocreux et carbonatés dans un quartz poreux, tendant à s'émietter. Conformément à l'idée générale que nous avons soutenue plus haut, la répartition des métaux varie beaucoup dans l'intérieur d'un même gisement, comme elle se modifie d'un gîte à l'autre. Tantôt on n'a que de la galène et pas de blende; ailleurs, on atteint 20 p. 100 de zinc. Les parties hautes du gisement avaient subi, dans leur altération, une concentration de l'or, qui a permis d'extraire un peu de ce métal jusqu'en 1880.

A *Riddersk*, un stockwerk, encaissé dans des schistes quartzeux passant à des cornéennes, atteint 33 m. d'épaisseur. Les minerais sont les mêmes qu'à Syrianovsk et contiennent également de l'or; mais au quartz de la gangue s'ajoute de la barytine, comme à Sméinogorsk.

A *Zavodinsk* (S.-W. de Syrianovsk) une particularité intéressante est la présence du tellure associé au plomb et à l'argent.

Dans le même district, les mines de *Biéloouzof*, *Tchoudak* et *Sougatof*, près d'Oust-Kaménogorsk, se caractérisent par la prédominance des pyrites de fer et de cuivre dans une gangue quartzeuse. Cependant, si la galène est rare, elle existe, notamment à Sougatof, et cela suffit pour qu'il n'y ait pas lieu d'établir une démarcation métallogénique entre ces gîtes et les précédents.

Enfin le gîte de *Salaïrsk*, dans un district différent, comprend de la barytine et du quartz avec pyrite, galène et blende formant filons-couches dans les schistes. A la surface, il y avait un peu d'or et d'argent natifs.

Dans cette même région de l'Allaï, il y a lieu de signaler, comme autres richesses minérales, le fer de Telbesse, la néphrite [1], l'émeraude, la houille et un lac salé.

Fer de Telbesse [2]. — M. A. Inostranzeff a décrit en 1895 les gîtes de fer du Telbesse (affluent du Kondom, bassin du Tom), à l'Est de Salaïrsk. On observe, sur une même ligne, trois gisements de magnétite analogues, Telbesse, Odraé-Bacha et Soukhorinka, qui d'après les descriptions, se relieraient à des tufs de porphyrites amphiboliques, dans des conditions rappelant les monts Blagodat et Magnitnaia dans l'Oural [3]. Des veines de ces porphyrites traversent des grès et argiles rouges qui paraissent un faciès littoral du dinantien ou du dévonien supérieur.

[1] Voir Z. f. p. G., 1899, 112.

[2] 1895. A. Inostranzeff. *Excursion géologique dans l'Altaï en* 1894 (Trav. de la Sect. géol. du Cab. de S. M., I, 2). — 1901. De Peetz. *Descr. géol. de la feuille Anisimowa-Borovanka* (Trav. de la Sect. géol. du Cab. de S. M., III, 2).

Voir plus haut. Nikolaievsk, p. 520 et plus loin, p. 522, 529, 538 et 549 à 564.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

6° **Districts d'Atchinsk et de Minoussinsk**[1]. — Les deux districts, dont nous allons nous occuper dans ce paragraphe, sont situés sur les deux rives de l'Iénisséi dans une zone primaire plissée, dont les chaînons sont probablement tous d'âge carbonifère ou permien par assimilation avec la région Ouest, voisine de Kouznetsk, pour laquelle le fait est certain, mais qui pourrait être également, par endroits, plus ancienne. Les terrains secondaires lacustres sont, ici comme dans la plus grande partie de la Sibérie, restés horizontaux au-dessus d'eux et n'ont pas été plissés par les efforts orogéniques tertiaires. Des dislocations, connexes de ces efforts, les ont atteints localement, comme en Transbaïkalie, surtout à l'Est de l'Iénisséi; mais on n'a pas l'impression qu'elles aient joué un rôle actif dans la métallisation. Celle-ci semble, au moins pour la plus grande partie, reliée aux mises en place des granites, et autres roches de la même famille, de la même profondeur (diorites, syénites, etc.), ou encore à l'intrusion des micro-granulites et des porphyrites, qui en représentent le départ ancien, effectué, suivant toutes vraisemblances, du dévonien au permien inférieur. A l'Ouest de l'Iénisséi, nous n'aurons guère à signaler que des imprégnations ou veines aurifères ; à l'Est, il s'y ajoute un certain nombre de filons plombeux. Vers le Sud, nous trouverons, en outre, des amas d'oxydes de fer analogues à ceux de l'Oural et présentant, comme ceux-ci, une liaison au moins apparente avec des roches acides, notamment des granulites.

Tout d'abord, dans l'*Alataou de Kouznetsk*, de Tissoul à Tchebaki, Kouznetzov et Abakan, entre le 88° et le 90°., au Sud d'Atchinsk, on a organisé, depuis 1898, un certain nombre de petites exploitations filoniennes, avec moulin rudimentaire à arrastras, dont quelques-unes ont donné 1 ou 2 millions d'or. D'après les descriptions de M. Bordeaux, il semblerait s'agir partout de veines quartzeuses à pyrite aurifère et parfois à chalcopyrite, encaissées de préférence dans les diorites ou syénites, mais peut-être accompagnées aussi de pénétrations latérales dans les terrains schisteux : en tous cas, de venues présentant certains caractères filoniens, sans que la continuité de ces filons paraisse bien prouvée, ni même, ce semble, bien probable. Quelques indications empruntées au travail de M. Bordeaux vont préciser ce mode de gisements.

Dans le groupe de Tchebaki, sur le haut bassin de l'Yous noir, la mine Podvintzev porte sur une veine de quartz à pyrite aurifère dans la diorite, à côté de riches placers.

Sur un affluent de gauche de l'Yous, le filon Toumani, attaqué en

[1] *Die Goldquarzgänge von Sarela in Mittel Sibirien* (Z. f. p. G., 1901, p. 113) (le Sarela est un sous-affluent du Tchoulym qui se jette dans l'Iénisséi). — 1901. Zaitzeff. *Ueber die Goldlagerstätten des Atschinsk Minussinskischen Kreises in Sibirien* (Centralb. f. Min., p. 136-139). — 1902. Bordeaux. *Les Gisements de quartz aurifère en Sibérie* (Ann. d. M., t. II). — Voir la pl. IV.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

1902, est également une veine de quartz de 5 à 6 m. dans la diorite à grain fin. La région avoisinante est surtout formée de dévonien gréseux et de calcaires horizontaux, probablement du même âge.

Plus au Sud, sur le bassin de l'Yous blanc, il existe des placers situés au milieu des schistes argileux, pouvant faire penser d'abord aux conditions plus habituelles dans le Nord de la Sibérie. L'or des placers est, tantôt accompagné de quartz et tantôt sans quartz; il paraît provenir, au moins en grande partie, de veines semblables. Cependant plusieurs des placers de cette région ont un bed-rock de schistes ou de calcaires avec fissures contenant de l'or et du quartz.

La mine Mouromsk porte sur un filon de quartz aurifère dans la granulite.

La mine Bogom-Darovanny, ou Ivanitzky, comprend plusieurs veines de quartz à pyrite aurifère et chalcopyrite, le plus souvent sans salbande, encaissées dans la syénite. D'après M. Bordeaux, le système de fractures presque vertical doit sortir de la syénite pour pénétrer dans les schistes encaissants. Quelques travaux faits, de 1898 à 1902, sur une poche d'environ 10.000 t. (30 m. de long sur 70 de profondeur) ont donné 1.500.000 fr. (45 gr. par t.).

Beaucoup plus au Nord, la mine Ilodimsky, à 45 km. du Transsibérien, près de Tissoul, exploite également une veine de quartz très redressée dans la syénite.

A une centaine de km. au Sud du lac de Chira et à l'Ouest de Minoussinsk, se trouvent les mines *Kouznetzov*, sur la rivière Tibika, affluent de l'Ouibaka qui se jette dans l'Abakan. On a commencé là, depuis 1898, à exploiter diverses veines de quartz un peu feldspathisé, avec pyrite et traces de cuivre : les unes dans le granite à mica blanc; les autres, à son voisinage, dans le gneiss micacé ou amphibolique. La nature de la gangue et le rapprochement avec le granite à mica blanc font ressortir la relation entre la pyrite aurifère et les granites, habituelle dans la Sibérie plus septentrionale, que nous aurons également l'occasion de signaler dans l'Oural et que nous retrouverons en Transbaïkalie. Il y a ainsi, dans cette région, tout une série de veines présentant à peu près toutes les directions possibles, quoiqu'on ait fait effort pour les systématiser autour des deux directions N.-S. et E.-W.

Une fonderie de cuivre avait été construite, en 1874, près de l'Yous blanc, sur la Pechitcha, pour traiter de minces imprégnations cuivreuses dans des schistes.

Au Sud de Minoussinsk, on a exploité le cuivre anciennement dans les temps préhistoriques, puis au XVIIIe siècle, enfin de 1837 à 1841 avec fonderie à Lougavskoi.

Dans toute cette région, on n'a guère signalé d'autres minerais sulfurés que la pyrite aurifère, ou parfois des traces assez insignifiantes de chalcopyrites. Tous ces petits gisements sans grand intérêt indus-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

triel indiquent simplement une imprégnation de minerais sulfurés, probablement associés à des quartz, dérivés des orthophyres, ou, plus profondément, des granites, dans un ensemble de terrains schisteux. A l'Est de l'Iénisséi, nous allons, au contraire, trouver d'assez nombreux filons de plomb, correspondant en moyenne à une zone moins profonde des chaînes métallisées.

Si nous franchissons l'Iénisséi vers l'Est, nous trouvons, au Nord et au Sud de la Touba, qui suit à peu près le 54e parallèle, un autre groupe intéressant de filons, sur deux affluents de la Touba, l'Irba au Nord et le Kisouir au Sud. La partie métallisée des monts Sayans est formée de terrains métamorphiques allant jusqu'au silurien et de dévonien, avec quelques minces passées charbonneuses pouvant représenter le carbonifère, et des roches cristallines. Il semble, en quelques points, que les placers soient en relation avec la présence du granite métamorphisant les schistes, sur lesquels est souvent leur bed-rock. La présence des calcaires a paru défavorable à la métallisation.

On peut noter en passant que les granites de cette région renferment parfois de la molybdénite, dont la présence ne saurait nous étonner au voisinage de pyrites aurifères rattachées aux granulites (voir des exemples en Californie, dans les Tauern, à Masinga (Mozambique), à Remolinos (Chili), etc.) A ces granites sont associées des microgranulites plus récentes, probablement post-dévoniennes. Quelques placers de cette région sont situés sur des schistes avec veines de quartz ; mais, suivant une remarque que nous avons eu déjà mainte occasion de renouveler, rien ne prouve que cet or provienne du quartz, où l'analyse n'en rencontre au plus que des traces.

En partant du Nord, nous trouvons d'abord les placers du *Sisim*. Sur la rivière Séiba, on connaît, dans les schistes argilo-micacés qui forment le substratum d'un placer, une veine irrégulière de quartz avec galène, chalcopyrite et minerais altérés de plomb et de cuivre. Le cuivre a été rencontré encore en traces sans valeur dans un porphyre feldspathique à 2 km. de Guélaktionova, près la rivière Djérim et dans une roche du même genre, à Medviedevoi près de Nemir, ou encore au-dessus de Pokrovsk, sur la rive gauche du Kisouir.

Tout en admettant qu'il peut y avoir un lien entre les minerais de fer de cette région et les sulfures de plomb, fer ou cuivre avec lesquels se trouve l'or, il y a lieu cependant de les décrire séparément pour ne pas attribuer trop d'importance à cette relation très problématique et, en tout cas, lointaine.

Les montagnes situées sur les deux rives de l'Iénisséi supérieur, dans les districts de Tchebaki et de Minoussinsk, présentent un certain nombre de gisements de fer, dont l'importance industrielle est, ce semble, médiocre, mais dont l'intérêt théorique est réel, en raison du rapprochement qu'on peut établir avec ce que nous trouverons bientôt,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans l'Oural, sur une chaîne tectoniquement comparable. On est amené, dans un cas comme dans l'autre, à l'idée d'un départ par pneumatolyse ayant procédé de roches cristallines, syénites, felsites, etc. pour concentrer l'oxyde de fer dans des cassures, avec épuration particulière au contact des calcaires.

Dans le bassin de la *Touba*, on a signalé, au milieu de la granulite, des nids de magnétite assez importants pour avoir été exploités : ce qui rapprocherait du cas de Kirunavara et de divers exemples dans l'Oural. D'autres poches de magnétite se sont trouvées dans des felsites, avec des caractères scandinaves. Il existe également des veines de magnétite (parfois à structure oolithique[1], mine Ermakovsky) au milieu de brèches et tufs associés aux trapps.

Le gisement de fer de l'*Irba*, sur le Kisouir, appartenant à la Couronne, a alimenté une usine de 1760 à 1829[2]. Il est sous la forme de poches ou stockwerks de magnétite, alignés sur environ 1.600 m. de long et ayant chacun individuellement 100 à 200 m. de long sur un cinquantaine de large. On en connaît 7 principaux, dont le plus grand a 170 m. sur 47 m. La section horizontale de l'ensemble représente 24.000 m. carrés. Admettant, d'après les travaux, une épaisseur moyenne de 14 m., on est arrivé à supposer un cube de 340.000 m. cubes, ou 1.600.000 t., en minerai à 65 p. 100 de fer magnétique. La magnétite très compacte, accompagnée à sa périphérie de martite produite par son altération, est encaissée entre un granite à pyroxène et un hälleflint ou un pétrosilex formant toit, dans des conditions qui pourraient faire songer à Kirunavara, mais sans trace de phosphore. Dans l'amas n° 7, où le toit est en pétrosilex, celui-ci repose directement sur le minerai. Dans le cas du hälleflint, il y a passage par une couche siliceuse vert sombre riche en magnétite grenue ou onduleuse. Le contact du minerai et du hälleflint est incliné à 50°. Au voisinage se trouve, dans la même concession, une importante veine de galène avec barytine et calcite, au contact du calcaire et du pétrosilex.

A *Akabansk*, la mine de Magnitnui, à 2 km. de la rivière Abakan et 200 km. en amont de Minoussinsk, est analogue à celle de l'Irba[3]. Un stockwerk de magnétite, formé de plusieurs masses disjointes, se trouve au contact des calcaires ou dolomies et des porphyres. On évalue sa longueur totale à près de 2 km., son épaisseur à 6,5m., sa profondeur à 32 m. et son cube à 1,5 million de t. La teneur en fer est de 54 à 69 p. 100. Le phosphore y est seulement à l'état de traces. Une usine, existant depuis 1869, occupe 2.500 âmes. Le charbon jurassique de Yasikh, à 40 km. Sud de Minoussinsk, sert au traitement.

[1] Voir plus haut, p. 504, un fait analogue à Nikolaievsk.

[2] *Expl. géol. le long du Transsibérien*. Yavorovsky. Compte rendu des explorations de 1893. (Saint-Pétersbourg, 1895), p. 121 à 125, avec carte géologique.

[3] Coll. Ec. d. Mines, n° 2903.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En continuant encore vers l'Est, on trouve le district de Nijni-Oudinsk, renfermant des minerais analogues à ceux que nous venons de signaler.

7° Région du Sayan oriental (mine de graphite)[1]. — Dans cette région, nous avons à signaler des gisements de graphite célèbres, exploités par Alibert de 1848 à 1858 et, depuis lors, abandonnés. Ce graphite se

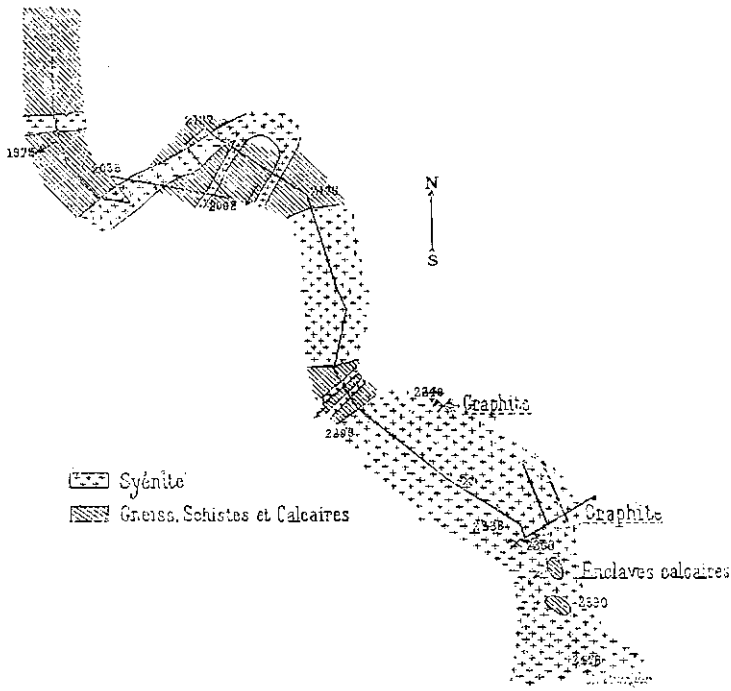


Fig. 38. — Carte géologique de la région des gisements de graphite Alibert.

trouve par 118° 22′ de long. Est et 50° 21′ de latitude Nord, à 2.258 m. d'altitude, à l'Est des Alpes de Kistoi, sur la rive droite du haut cours du Botogol, affluent de la Khonechone qui se jette dans la Biélaia.

On est là dans une région de terrains fortement plissés, comprenant des gneiss, micaschistes, schistes talqueux, schistes micacés et graphitiques, etc., avec des bancs calcaires, sur lesquels diverses roches intrusives, granites, syénites, etc., ont exercé un métamorphisme qui a sou-

[1] L. De Launay. *Notes sur la théorie des gîtes minéraux, la géologie du graphite* (Ann. d. M., janv. 1903, p. 17 à 19; avec carte et bibliographie, p. 17). — Cf. 1896. Helmhacker. *Graphitvorkommnisse in Russland* (Berg. und Hüttenm. Z. p. 29). — 1899. Jaczevsky. *Le Gisement de graphite de J.-P. Alibert, au sommet du rocher Botogolsky* (en russe, avec résumé français); Expl., IX, p. 19-56. — Suess, t. III, p. 94.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

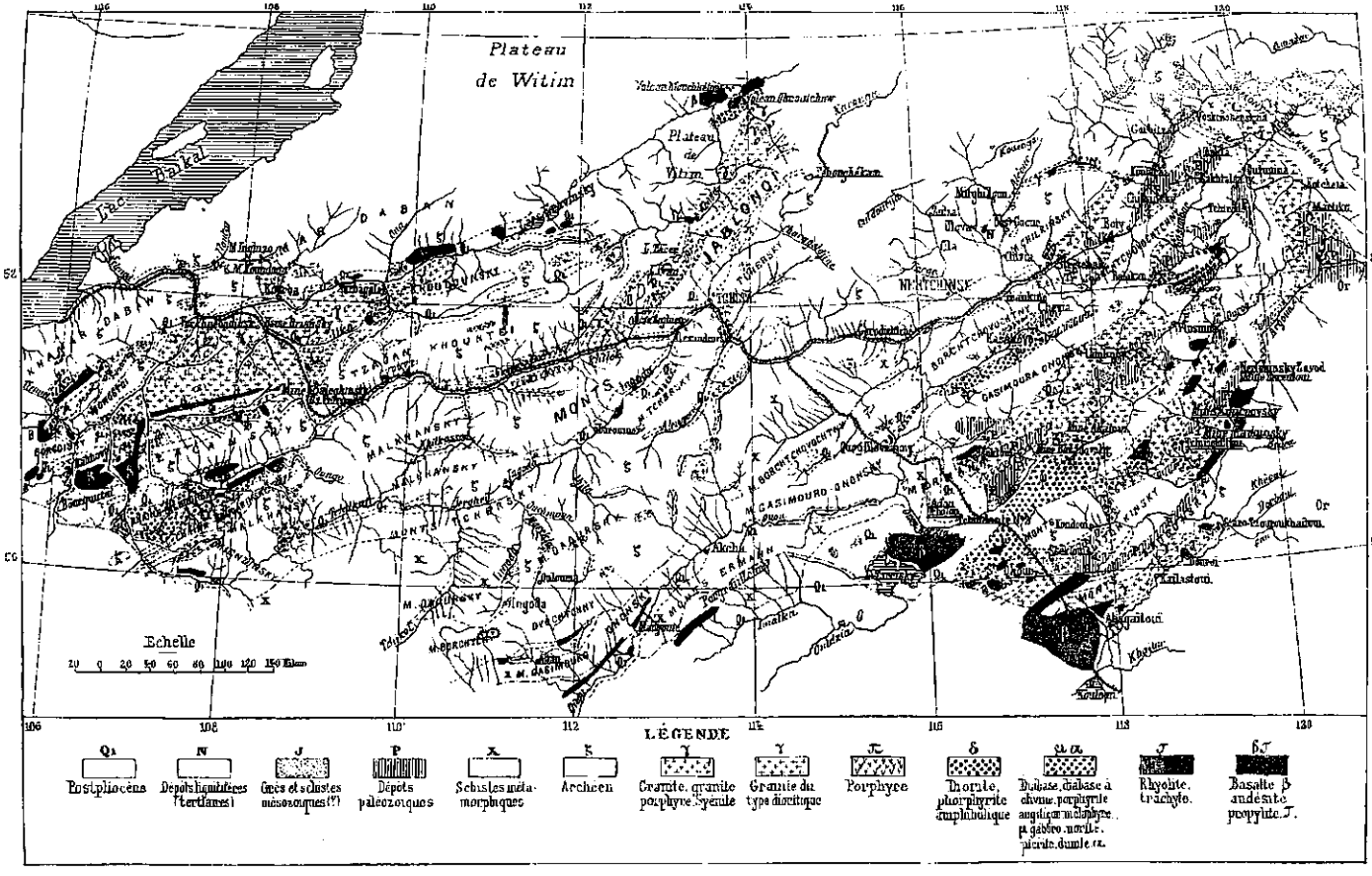


Fig. 39. — Carte tectonique et minière de la Transbaïkalie méridionale, d'après Obroutchef, Ghérassimof et le prince Geudroic. (Échelle au 1 : 6.580.000.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vent développé du pyroxène. A l'époque tertiaire, de violentes dislocations, en rapport avec celles du lac Baïkal, ont segmenté la région et provoqué des épanchements de basaltes, que des mouvements verticaux ultérieurs, accentuant l'effet naturel des érosions, ont parfois portés à de grandes altitudes (3.400 m. sur le Mounkou Sardyk, au Nord du lac Kossogol). On a cru reconnaître, un peu plus au Nord, de véritables bouches d'éruption. L'intérêt de cette région pour notre sujet est la présence d'un gisement de graphite, exceptionnel par ses dimensions, au contact d'une syénite néphélinique et d'un calcaire.

D'après les descriptions, la syénite néphélinique, à gros grains de 1 à 2 cm. traverse des gneiss, schistes divers et calcaires en lançant des filons latéraux. Le graphite remarquablement pur (jusqu'à 97 p. 100 de carbone) forme, surtout dans la syénite, mais aussi dans le calcaire traversé et métamorphisé, des enclaves qui peuvent atteindre 30 à 40 cm. de diamètre. Il est associé à du graphite non foisonnant (donc attribuable à une réaction calorifique), avec du sphène et avec des minéraux ferrugineux. Les schistes encaissants sont parfois eux-mêmes graphiteux, et M. Jaczewski a cru pouvoir expliquer la production des filons de graphite par un emprunt aux veinules des schistes. Il semble plus naturel d'y voir un produit d'hydrocarbures ayant accompagné, à l'état de fumerolles, la mise en place de la syénite.

8° **Transbaïkalie. — Districts de l'Onon, de l'Ud et de la Chilka. — Filons plombifères de Nertchinsk, etc.** [1]. — La Transbaïkalie a déjà été l'objet d'une description tectonique, qui en a fait ressortir les caractères principaux. Nous aurons à en retenir l'existence d'une région, d'abord plissée à l'époque précambrienne, puis à l'époque hercynienne (plis affectant au moins le dévonien), ayant été ensuite l'objet de dislocations violentes pendant la période tertiaire et ayant, par suite de ces dislocations, pris une allure tout à fait caractéristique de coulisses disjonctives parallèles aux plis, avec alternances de horsts surélevés et de cuvettes d'effondrement et production locale de plis à grande amplitude affectant le tertiaire. Topographiquement, le paysage est celui d'une chaîne usée, érodée, sans saillies accidentées, uniforme comme dans l'Altaï.

Les gîtes métallifères se rattachent à deux groupes principaux. Les uns, où l'on trouve l'or, sont du type filonien, habituel aux minerais auro-stannifères des chaînes hercyniennes. L'or y est directement associé avec des aplites (ou combinaisons à grain fin de quartz et de feldspath), et nous y trouverons exceptionnellement représenté l'étain lui-

[1] 1896. Levat. *loc. cit.* — 1899. Obroutchev. *Orographie und Tektonik Transbaikaliens* (Verh. d. Z. Int. geogr. Congr. Berlin, p. 192-206). — 1900. *Aperçu des expl. géol. et min. le long du Transsibérien*, p. 104 à 176. — 1902. Bourdeaux, *loc. cit.* — Voir plus haut, p. 237 et fig. 39. — Coll. Ec. d. Mines, n° 2001 (or d'Akcha).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

même (qui n'apparaît nulle part ailleurs en Sibérie). C'est de granulites ou aplites pyriteuses, analogues à celles dont nous verrons bientôt l'importance dans l'Oural, que dérivent la plupart des riches placers de cette région. Il existe, d'autre part, dans le district de Nertchinsk, tout un groupe de filons plombo-argentifères ou cuivreux.

Un premier district, situé entre la Sélenga et la Tchikoï, ne présente, comme minerais métallifères, qu'un peu de fer dans le massif granitique de Tsagan-Daban, et des indices de cuivre et de manganèse.

D'après une expédition allemande de 1901, dont M. Beck a annoncé les premiers résultats [1], il existerait pourtant, sur la *Dchida*, une intéressante formation cuprifère, représentée par des mélaphyres amygdaloïdes contenant, dans des conditions analogues à celles des mélaphyres cuprifères du lac Supérieur, des veines et amas de cuivre natif avec argent natif atteignant 1 kg. Cette présence de cuivre dans des roches de la famille des porphyrites et mélaphyres est un phénomène dont il existe d'assez nombreux exemples dans des régions diverses, et nous en avons cité un précédemment en Sibérie, dans la steppe kirghise.

Groupe aurifère de l'Onon. — Puis vient, dans l'Est, vers le 112e degré long., à la frontière de Mandchourie, le riche district aurifère de l'*Onon*, qui a été, en 1895, l'objet d'une étude industrielle de M. Levat.

Cette étude a fait ressortir, avec une netteté toute particulière, la relation entre la pyrite aurifère et le granite, sur laquelle nous avons déjà maintes fois insisté, mais ici dans des conditions spéciales qui se rapprochent davantage du cas de l'Oural. D'après M. Levat, l'or en place ne serait pas, en effet, disséminé dans les schistes argileux, mais réellement concentré dans certains filons d'aplite ou des veines quartzeuses qui en dérivent.

L'ensemble de la région est constitué par des schistes argileux ayant subi le métamorphisme du granite qui y a injecté les filons d'aplite en question. Par suite du métamorphisme, on a des schistes siliceux, amphiboliques, parfois même de véritables phyllades. Les aplites sont, d'une façon assez générale, pyritisées et donnent, par conséquent, en s'altérant, une masse argileuse avec ocre ferrugineuse ou hématite brune ; cette altération, tout à fait secondaire, paraît avoir été accompagnée d'une certaine concentration aurifère.

Les placers, où l'on exploite les produits immédiats de la destruction de ces terrains et filons, sont, pour la plupart, à l'Ouest de l'Onon, sur la Kyra, la Byrtsa, le Khangarok. Ce district particulier est constitué par des schistes argileux (peut-être siluriens) N.-E.—S.-W., compris entre deux massifs de granite qui les ont pénétrés et métamorphisés. Un grand filon d'aplite E.-W. dérive de ce granite à travers les schistes,

[1] Z. f. p. G., 1901 p. 391. Voir plus haut, P. 513 et 515.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et la plupart des placers semblent en relation avec lui, ou avec de petites veines moins importantes qui lui sont parallèles.

L'or en place se trouve partout, soit dans l'aplite même, soit dans tout un réseau de veines quartzeuses formant stockwerk, qui dérivent directement de celle-ci et se chargent par endroits de pyrite aurifère. Quelques veines de ce genre, pouvant présenter une certaine continuité, sont absolument interstratifiées dans les schistes [1].

C'est là ce qu'il faut entendre par les filons de quartz aurifères sibériens de l'Onon, dont il a été parfois question avec un optimisme exagéré.

Les résultats industriels des essais sur ces sortes de veines quartzeuses aurifères (Compagnies Bielogolovy, Iévgrafsky, etc.) ont été assez médiocres, quoiqu'on ait trouvé localement, dans certains chantiers d'abatage, des teneurs en or de 25 à 30 gr. à la t. mais avec une extrême irrégularité. Toutefois, comme c'est là le seul côté d'avenir que puisse présenter cette formation, quelques détails pourront ne pas être inutiles.

Dans le groupe de l'Onon (appelé sur place groupe du Khangarok), le filon Bielogolovy est encaissé dans des schistes argileux au contact du granite. Les broyages, commencés en 1879, interrompus de 1887 à 1897, ont donné une moyenne de moins de 11 gr. On a exploré le gite sur environ 140 m. Le filon de Baian-Zourga, exploité par la Compagnie Sabachnikof, est également un quartz encaissé dans les schistes au contact du granite : quartz épais de 0,10 m. à 0,70 et ayant donné, dit-on, 18 gr. au broyage.

D'autres exploitations aurifères dans ce district portent sur la haute Kyra (cabinet de Sa Majeté), sur la haute Ilia (affluent de gauche de l'Onon) au Sud de Tchita, sur l'Ounda, affluent de droite de l'Onon, etc., en terrains archéens.

Tout l'ensemble correspond, comme nous l'avons dit déjà, à une injection feldspathisante émanée des granites au moment de leur mise en place, qui a apporté, dans les terrains encaissants, une imprégnation de pyrite aurifère, ou qui a gardé cette pyrite cristallisée dans les veines d'aplite et de quartz [2].

Dans les placers de l'Onon on remarque, au-dessous du principal niveau aurifère oxydé de teinte rouge, un second niveau gris bleuâtre, dont la teinte est due à l'abondance de la pyrite de fer inaltérée. La plu-

[1] Il est à noter que, dans un autre placer de la même région (Malamelsky), étudié aussi par M. Levat, aucun granite ni aplite n'apparaît, mais des schistes et des épanchements de porphyre avec veines quartzeuses souvent pyriteuses.

[2] M. Levat suppose que le refroidissement serait l'agent essentiel, par lequel se serait produite la fissuration, non seulement des aplites, mais des schistes en contact : fissuration ayant ensuite donné lieu à d'innombrables lentilles quartzifères. Cette théorie ne paraît difficilement admissible sous cette forme.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

part des autres placers, dont M. Levat a fait l'étude détaillée, présentent ainsi des sables colorés en rouge par l'oxyde de fer.

Le bassin de l'Aga, au Sud de Nertchinsk, est occupé par un système de schistes, grès, conglomérats et calcaires métamorphiques (cambro-silurien), assez curieusement traversé, dans le sens N.-E., par une suture étroite de granite, porphyre et diorite. A la bordure Est de ces schistes métamorphiques et sur le bas Onon, se trouve la mine de cuivre abandonnée de Tsougolsky-Datzan.

Groupe de Nertchinsk. — Enfin nous arrivons au massif métallisé qui occupe l'intervalle entre Nertchinsk, l'usine de Nertchinsk (Nertchinsky-Zavod) et la frontière chinoise [1]. Ici les terrains présentent une complication assez grande, attribuable à plusieurs mouvements superposés : archéen N. E., paléozoïque (dévonien supérieur) W. N. W., avec tertiaire à lignites allongé, tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre de ces deux directions. Il y a lieu, dans cette région, de signaler des minerais de fer analogues à ceux que nous avons vu sur le haut Iénisséi au Sud de Minoussinsk et des filons plombo-argentifères qui ont été célèbres.

1° En ce qui concerne le *fer*, un filon d'oligiste dans le granite se trouve sur la rivière Bérézovaïa (bassin du haut cours de l'Ounda). Dans la chaîne Iéliéznaia (ou ferrugineuse), des roches à olivine, dunites, etc., traversant des schistes métamorphiques, offrent des amas de fer magnétique associés comme dans l'Oural. Ailleurs, dans la vallée Ontchor-Kalga, près de Kalga, de la magnétite accompagne également de la diabase recoupant un granite à amphibole. Un certain nombre d'autres amas de magnétite de la même région sont au contact de porphyres et de syénites avec des calcaires. Près d'Algatchi, où se trouvent des filons de plomb argentifères associés à une roche qui semble être une propylite, de la magnétite suit un granite à amphibole à son contact avec un calcaire. La magnétite de la Dranetcha est associée à un filon de diorite. Enfin, à Doutchar, du fer oligiste avec quartz est en filons dans la rhyolithe. On peut donc supposer ici une venue de type ouralien associant le fer à des roches basiques et une autre de type tertiaire, où l'oligiste serait arrivé avec des roches éruptives.

2° Un peu de *chalcopyrite* a été observée à Chakhtaminsk, près d'un des placers de Taina.

3° Les *filons plombo-argentifères* sont nombreux dans le S.-E. du district. On en a exploré près de 300 et travaillé autrefois 89. C'est un

[1] 1867. Ozersky. *Esquisse géol. des richesses min. et de l'industrie min. de la Transbaïkalie* (en russe). — 1872. Bogoloubsky. *Descr. hist. et stat. de la production du district minier de Nertchinsk de* 1703 *à* 1871 (en russe). — 1899. Pr. Guedroic. *Rech. géol. dans le district de Nertchinsk en* 1896 (Expl., 1898) et *Rech. géol. dans le S.-E. de la Transbaïkalie en* 1897 (Expl. 1899) (en russe). — 1903. Bogdanovitch. *Traité des gîtes minéraux* (en russe), p. 271-276.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC
UNIVERSITE DE PARIS - GEOLOGIE

champ de filons compliqué, qui se distingue de ceux précédemment étudiés dans la steppe kirghise ou a Nertchinsk par certains caractères du remplissage, aussi bien que par un âge en général plus récent. Quelques-uns de ces filons accompagnent des porphyrites (Savo-Borzia), ou une diabase (Dono), peut-être simplement par un accident de contact mécanique. Celui d'Algatchi, déjà cité, semble se relier à une andésite propylitisée, ceux de Bazanovsky également à des prophylites, c'est-à-dire encore à des roches tertiaires. Suivant A. Guedroic, les galènes des mines Zérentouisky, Yavlenny, Smirnovsky, Koultouminsky se relieraient à des porphyres quartzifères et celle de la mine Mikhailovsky à une rhyolithe. Aux mines Bazanovsky et Zorgolkonsky, la galène, associée à une andésite dans le premier cas, à une rhyolithe dans l'autre, occupe des fentes d'une microgranulite.

Les gisements, étendus sur 30.000 km. carrés, forment, d'après la description trop systématique d'Ozersky, dans les schistes et calcaires paléozoïques ou les roches associées, sept bandes minéralisées, dont cinq N.-E. et deux transversales N.-W., avec les formes de gisements les plus diverses (filons, amas, poches, stockwerks), mais avec des probabilités générales d'imprégnations filoniennes. Les dimensions sont parfois notables. A Akatouief, on a exploré, sur 1.400 m. de long, des veines dont l'épaisseur va de quelques cm. à 16 m. La gangue est ordinairement quartzeuse, parfois avec sidérose. La galène, parfois antimonieuse (boulangérite), est accompagnée de blende, pyrite, chalcopyrite, quartz, calcite et barytine. Un peu d'or y est rarement associé. Sur la Chilka qui passe à Nertchinsk, M. Bordeaux a décrit, par exemple, une veine de galène fine avec pyrite aurifère encaissée dans le granite et ayant donné, au voisinage des affleurements, de l'or libre. Aux affleurements, on a trouvé (Akatouief) des minerais de manganèse argentifères (comme dans le Montana, à Milo, etc.), puis des cérusites et calamines (Kadainsk, Ildikamsk), des oxydes de fer, des oxydes et carbonates de cuivre, et cette altération est parfois descendue jusqu'à 200 m. Les terrains encaissants sont souvent silicifiés, imprégnés de fer, ou, s'il s'agit de calcaires, dolomitisés.

4° L'*or* de Transbaïkalie orientale ne paraît plus, on le voit, comme dans les districts précédents, être disséminé uniquement dans un terrain métamorphique, ou concentré sur des veines d'aplite ou de quartz dérivant directement d'un granite. Au placer de *Loukin*, sur l'Ounda, des veines de quartz aurifère recoupent la diorite, ou suivent le contact de celle-ci avec un porphyre quartzifère. A la *Chakthama*, les veines de quartz à pyrite aurifère sont au contact d'une porphyrite amphibolique avec un granite à amphibole. A *Taïna*, on a des veines de contact pyritisées entre des roches du groupe des diabases ou diorites et des calcaires et schistes. La mine d'or Kozlikha est en rapport avec des diorites. A Verkhné-Taidinsk (sur la Chirokaïa), Tchachino-Ildikansk

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et Koultouminsk, l'or est dans des microgranulites passant à des porphyrites, etc.

5° On peut noter, dans le district de Nertchinsk, le seul point où l'*étain* ait été signalé jusqu'ici en Sibérie, sans d'ailleurs être exploité[1]: *Olovianaia* (*Olovo*, étain). Cette absence générale de l'étain dans une chaîne hercynienne établit aussitôt une différence essentielle avec les chaînes hercyniennes d'Europe, où ce métal, sans être en quantités très abondantes, se trouve pourtant fréquemment. Il ne semble pas, d'ailleurs, que les granites à mica blanc, ou surtout à quartz bipyramidés, avec lesquels ce métal est d'ordinaire associé, jouent un rôle considérable dans le pays, sauf peut-être dans des régions comme les monts Stanovoi et la Zéya. Vers le Sud de l'Asie, nous retrouverons l'étain sur des plis du même âge en descendant vers le Yunnan, la presqu'île de Malacca, etc.

La mine d'Olovionaia, découverte en 1811, est entre les rivières Koussoli et Tsotsouli, affluents de l'Onon, à 250 km. S.-W. de Nertchinsk. Au milieu de schistes argileux grisâtres passant à des gneiss, on observe, sur 100 m. de long, des veinules quartzeuses avec cassitérite, larges au maximum de 0m,10, qui s'insinuent dans les schistes en les recoupant, se coincent et se ramifient. Les salbandes sont formées de greisen à gros grains. L'étain est accompagné de ses satellites ordinaires, beryl, etc.

6° Si l'étain n'existe qu'en un point, par contre, sur le haut cours de la Zerny-Ildikan, à Ildikansk, on rencontre du cinabre (inexploité) au contact d'une microgranulite avec un calcaire. La présence de ce cinabre, accompagnant ici de la galène, qui n'est pas un cas exceptionnel dans cette région, correspond avec l'idée, précédemment développée, de dislocations récentes ayant affecté la Transbaïkalie et, par conséquent, de remplissages plus superficiels, auxquels en principe nous rattachons le mercure. On a trouvé, à diverses reprises, du cinabre dans les placers aurifères de Nertchinsk[2].

Enfin, en descendant la Chilka vers l'Amour, on trouve : des filons de stibine et de fluorine à Pachkova, au pied des monts Khingan ; un filon de 10 m. d'épaisseur de belle fluorine dans les granites des monts Sakhanaï ; des phosphorites à Biélaia-Gora ; des asphaltes, et, dit-on, des pétroles à Koltzova, le tout seulement signalé jusqu'ici ; puis des améthystes dans les amygdales des basaltes à Moulina et Godymboi et enfin de la tourmaline, de la topaze, du béryl, etc., dans les pegmatites des monts Adoun-Tcholon.

[1] **Etain** en Transbaïkalie (Z. f. p. G., 1901, p. 245) — 1905. Reoutovsky. *Richesses minérales de la Sibérie* (en russe), page 156 avec plan. — **Cuivre** : R. Beck. *Die zeolitische Kupfererzformation in Transbaikalien* (Z. f. p. G., 1901, p. 391).

[2] Reoutovsky. *loc. cit.*, p. 95. On a trouvé également des débris de cinabre dans d'autres sables aurifères, soit du gouvernement de Tomsk (riv. Bezdovka), soit du bassin de l'Iénisséi (Tchernek et Algiak).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

9° Bassin de l'Amour (Zéya, Sélemdja, Bouréya, Oussouri, Amgoun). — Le bassin de l'Amour, dont nous avons précédemment étudié la cons-

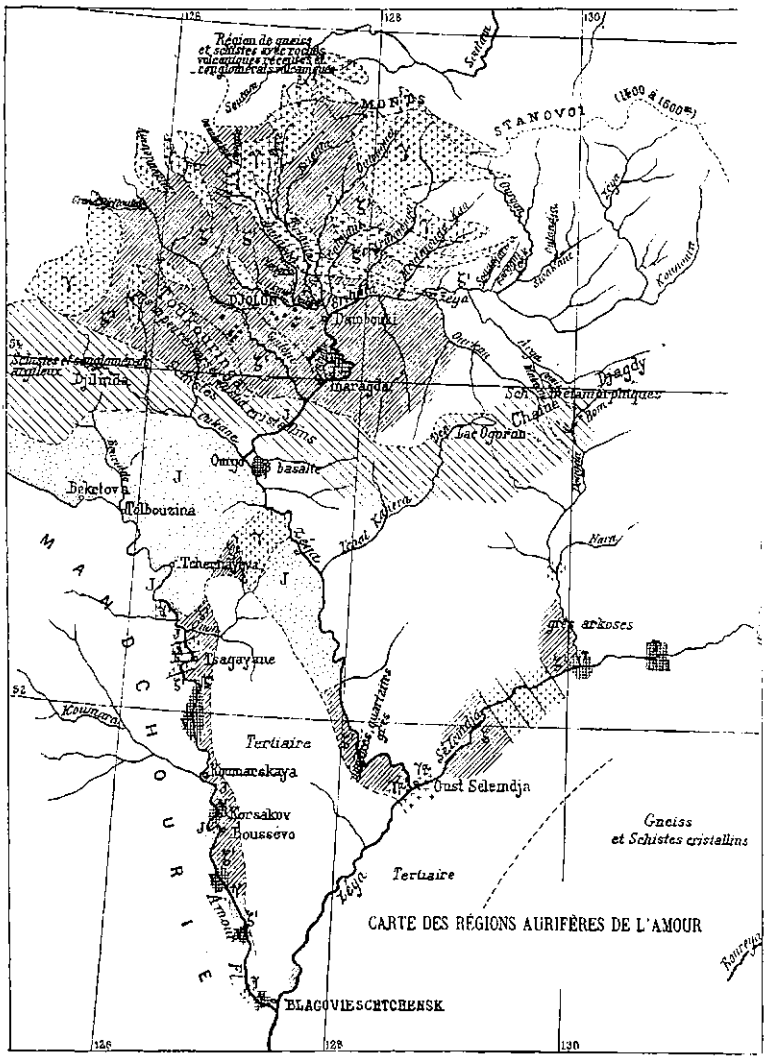


Fig. 40. — Carte des régions aurifères de l'Amour. (Echelle au 1 : 5.054.000.)
(Pour la légende, voir figure 36, p. 505.)

titution géologique [1], a, comme nous l'avons dit alors, pris une grande part dans la production aurifère de la Sibérie en ces dernières années.

[1] Voir p. 239, avec bibl., la carte d'ensemble, Pl. II et la carte de détail, fig. 40. — Cf. Z f. p. G., 1894, 288 ; et *ibid.* 1902, p. 245. — 1901. YAVOROVSKY. *Rech. géol. dans le bassin de la Zeya* (2 livr. russe, avec rés. fr.), IVANOV, *ibid.* — Coll. Ec. d. min. n° 2012.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

D'une façon générale, on peut dire que la plupart des affluents de l'Amour sont aurifères (Almazar et Argoun, Oldoï, groupe de la Zéya, Sélemdja, Bouréya, affluents de l'Amgoun, etc.). Mais, comme nous le verrons, le principal district industriel est celui de la Zéya, entre les deux chaînes du grand et du petit Khingan, à l'Ouest et à l'Est, et des monts Stanovoi au Nord. C'est là que se trouvent, entre autres, les placers fameux du Djilinda, du Djolon (sur la Brianta), sur lesquels nous avons particulièrement à insister.

La description que nous avons donnée de la région occupée par le bassin de la haute Zéya et ses affluents, nous montre un pays fortement métamorphisé par des massifs intrusifs et des injections de granite à mica blanc, dont l'aspect général rappelle, par suite, les zones archéennes du N.-W. de notre Plateau Central. Il est difficile, comme nous l'avons vu, de préciser l'âge réel des derniers plissements. La région a été certainement influencée à l'époque calédonienne ; il est probable qu'elle l'a été, en outre, à l'époque hercynienne, quoique les très rares lambeaux de sédiments échappés au métamorphisme général ne permettent pas de l'affirmer. Les plissements, ou même les dislocations tertiaires, ne semblent pas intervenir. Les minerais d'or paraissent, pour la plupart, du groupe de ceux qui se relient très directement aux intrusions aplitiques et granulitiques, dans des conditions ressemblant à ce que nous avons trouvé précédemment sur l'Onon [1].

Tout d'abord dans la région des Stanovoi, au Nord de la Zéya supérieure, il existe quelques placers sur les rivières Gargani, Soudjari, Kokhani et Soudjarikan : le tout, d'après M. Ahnert, sur une bande de gneiss.

Plus au Sud, M. Ivanov, a signalé sur la *Guiloui*, affluent de gauche de la Zéya, des terrains analogues avec une direction générale N.-W., qui se retrouve dans le relief du sol et la direction des cours d'eau. Ici l'or se rattacherait, d'après cet auteur, à des zones de gneiss ou de gneiss amphiboliques riches en veines quartzeuses ou aplitiques.

C'est la conclusion à laquelle arrive également M. Levat pour les placers du Djolon et du Soundjari, qui sont vers 54°30′ au Nord de la Zéya.

Dans la région du Djolon, le bed-rock est composé, suivant les cas, de gneiss avec nombreux schistes amphiboliques (vallées de l'Ougane, du Mogotte, etc.), de schistes cristallins et intercalations de granite à mica blanc, pegmatite, aplite, etc., ou de lits quartzeux. La pyrite est fréquente, aussi bien dans les schistes amphiboliques que dans le granite, où elle remplit (Djolon) des sortes de minces stockwerks, devenus par altération ferrugineux, et c'est évidemment avec cette pyrite que l'or a cristallisé.

[1] Page 527.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La description du *Djolon*, en particulier, montre un bed-rock de granite à mica blanc proprement dit, avec infinité de filets ferrugineux finissant par donner localement des bandes d'un rouge vif, qui ont commencé par être, avant leur altération superficielle, chargées de pyrite, et dans lesquelles l'or a cristallisé [1].

Ailleurs, on est sur les schistes amphiboliques. Partout le quartz filonien proprement dit fait totalement défaut ; mais on peut citer, comme veines quartzeuses aurifères, outre le placer Guenadievsky de la Sélemdja, situé dans un autre district et sur lequel nous allons revenir, le placer Innokentievski de l'Ougane, affluent de la Zéya près du Guiloui, où l'or existe dans des veines de quartz blanc très fissuré, ayant jusqu'à 2 m. de large et interstratifiées dans les micaschistes.

A l'autre extrémité Est du bassin de la Zéya, dans le système du Tok, le placer Pakrovsky de l'*Outandja* tire également son or, d'après M. Levat, de couches d'aplite et de quartz interstratifiées dans les micaschistes, au voisinage immédiat d'un granite à mica blanc.

Dans le système de l'*Olongro*, affluent de l'Ounakha, qui se jette dans la Brianta, l'or paraît, au contraire, provenir de pyrites comprises dans des roches vertes, syénites, etc.

Vers le S.-W., la région exceptionnellement riche de la *Djilinda* présente des conditions un peu différentes, quoique répondant sans doute au même phénomène originel. Au lieu de terrains archéens et schistes cristallins, on a là des schistes argileux, se rapprochant plus de ce que nous avons vu sur l'Iénissei et la Léna, et, sur le placer même, des conglomérats et grès, renfermant, d'après Ivanov, dans leur ciment, de l'or qui paraît être la source des placers [2]. La remarque n'est pas sans intérêt comme pouvant établir un rapprochement avec les si riches gisements de conglomérats anciens à ciment aurifère qui existent en divers points du continent africain et qui ont pris un extraordinaire développement au Witwatersrand. On peut se demander si, dans les deux cas, on n'aurait pas affaire à une imprégnation de sédiments antérieurs.

Entre la Zéya et la Sélemdja (ou Sélindja), la chaîne *Djagdy* renferme un assez grand nombre de placers sur les rivières qui en dérivent, comme l'Ounia, sous affluent de la Zéya (par l'Arga), et le Bom, affluent de la Dougda, qui descend au Sud vers la Sélemdja, à l'Est du lac Ogoron. Ces placers dérivent directement de schistes argileux, associés avec quelques lambeaux de calcaire métamorphique : le tout fortement plissé, avec renversement vers le Nord et injection de courtes veines quartzeuses. L'or, comme dans tous les autres gisements que nous étudions en ce moment, provient des terrains eux-mêmes et non de leurs quartz.

[1] Voir passim. *Le Messager de l'Industrie de l'Or*, intéressant recueil édité à Tomsk.

[2] Voir plus haut, p. 241.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans le groupe de la Sélemdja on est, comme nous l'avons vu, sur des schistes plissés avec peu d'aplite. Bien qu'on ait trouvé des traces d'or visible dans quelques veines quartzeuses (placer Guenadievsky, etc.) l'or exploité paraît provenir des roches métamorphisées, des gneiss, des schistes micacés ou quartzo-amphiboliques, où on peut supposer qu'il aura été introduit, comme dans les cas précédents, pendant le métamorphisme. La plus forte teneur en or rencontrée dans les analyses de roches de ce district a été donnée par un schiste quartziteux micacé du placer Zlaoutovsky.

Au S.-E. des sources de la Sélemdja, les hauts cours du Niman, (affluent de la Bouréya, vers le 134e degré) et du Kerbi (affluent de l'Amgoum) sont également aurifères. L'or provient d'un substratum de gneiss, schistes cristallins, phyllades, schistes argileux et granites à biotite ou à amphibole, avec porphyrites, sur lequel subsistent quelques lambeaux de jurassique. Son origine principale est encore dans les schistes. L'or du petit Kinghan, au Sud de la Bouréya (131e long. 48e lat.) dérive également, comme nous l'avons dit, de gneiss à mica noir ou à amphibole (fig. 40).

L'Amour lui-même est aurifère en amont de Blagoviechtchensk.

Si on passe dans le bassin de l'Amgoun, on retrouve de riches placers sur la rivière *Kerbi*. Ceux-ci, d'après M. Ivanov, sont en relation avec des schistes amphiboliques, phyllites, etc. (archéen?), renfermant des veines quartzeuses, qui, comme toujours, peuvent tenir des traces d'or, sans jouer un rôle notable dans la formation des placers.

Des conditions analogues se poursuivent encore sur l'Amgoun jusqu'à son confluent avec l'Amour, et même, au Nord de celui-ci, sur les petits cours d'eau qui se jettent dans le lac d'Orel (Pl. II). Cependant, entre ce lac et la mer d'Okhotsk, on trouve, pour la première fois, un gisement aurifère tout différent: celui des placers de la Koltchan, affluent du Kol, dont l'or, d'après M. Khlaponine, se rattache à des liparites tertiaires.

Dans l'ensemble et sauf le dernier cas exceptionnel que nous venons de citer, la tectonique de toute cette région amène à la considérer comme un massif de consolidation ancienne ayant été ramené en profondeur et ayant subi alors un métamorphisme, par lequel l'or semble avoir été introduit: massif, sur lequel l'érosion a laissé fort peu subsister des sédiments qui ont pu s'y déposer depuis son immersion.

Quand on cherche à remonter des placers aux gîtes primitifs pour interpréter le mode de formation aurifère, on peut faire ici la même remarque que dans la plus grande partie de la Sibérie: l'or, relativement gros et souvent anguleux, n'a pu subir un transport prolongé et provient d'un remaniement presque sur place de son bed-rock, où on est donc en droit de chercher les cristallisations de pyrite aurifère qui pourraient expliquer sa venue.

Dans cet ordre d'idées, il faut d'abord remarquer qu'ici, comme dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le reste de la Sibérie, ce bed-rok ne renferme pas de filons quartzeux proprement dits : tout au plus des veines de quartz sans continuité réelle, dérivées des granites à mica blanc et, tantôt interstratifiées dans les schistes, tantôt transversales. Cette absence de filons réduit aussitôt les possibilités futures d'exploitation industrielle sur les gîtes primitifs quand on aura épuisé les alluvions [1]. L'or, d'où proviennent les placers, semble se trouver, soit dans certaines zones des divers terrains atteints par le métamorphisme, tels que les gneiss, les gneiss amphiboliques, ou même les schistes argileux et les conglomérats (Djilinda), tantôt dans des veines d'aplite comme celles que nous avons décrites en Transbaïkalie, ou encore dans des lentilles de quartz, qui renferment parfois même de l'or visible (placer Guenadievsky sur la Sélemdja, d'après M. Khlaponin), mais qui beaucoup plus souvent sont stériles. Ce sont les conditions que nous avons déjà tant de fois signalées comme représentant pour nous le type de ces anciens massifs (Afrique centrale, Madagascar, Guyane, Inde, etc.) métamorphisés en profondeur, pendant la mise en place des magmas granitiques, avec injection de fumerolles contenant de l'or, soit en sulfures associés avec la pyrite de fer, soit à l'état de chlorures, et cristallisation simultanée de l'acide borique sous la forme de la tourmaline [2].

Nous ajouterons seulement quelques mots sur les placers du bassin de l'Amour pour signaler ce qu'ils peuvent présenter de particulier, sans revenir sur les traits généraux communs à tous ceux de la Sibérie.

En ce qui concerne la Haute Zéya, M. Levat a remarqué que le granite à mica blanc, avec lequel beaucoup de ces placers présentent une relation plus ou moins directe, occupe souvent les parties basses des vallées ; ce qui peut s'expliquer naturellement par la double raison que ce granite à mica blanc est toujours très altérable et qu'en outre, ayant cristallisé en profondeur sous un manteau de schistes, il a dû commencer par occuper en moyenne un niveau inférieur à ceux-ci.

D'après le même auteur, dans le fil d'un placer, on observe une première zone à forte pente de 5 p. 100, où le granite a donné des dalles ; puis des pentes de 4 p. 100 avec encore de gros blocs, ensuite des pentes de 2 à 3 p. 100, qui sont la partie ordinairement la plus exploitée, avec blocs atteignant 30 cm., et enfin des graviers à or fin, généralement négligés comme trop pauvres sur la Zéya. Suivant la nature du bed-rock, la constitution de la couche aurifère varie beaucoup : tantôt sol couvert de gros blocs, entre lesquels il est difficile de tout enlever ;

[1] Les placers les plus riches, comme le Djolon, correspondent à des gîtes primitifs inexploitables (voir LEVAT, *loc. cit.*, p. 162).

[2] Il est inutile de dire qu'il ne s'agit pas ici des fractures tertiaires à caractère tout différent, qui peuvent se rencontrer à Madagascar ou sur le continent africain et qui ont beaucoup plus de chances d'être riches.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tantôt, sur les schistes amphiboliques, sables verts lourds chargés d'amphibole et de pyrite.

Au placer **Léonovsky**, le plus important de la Compagnie du Djolon et qui a donné 30 millions de francs d'or en dix ans, la teneur moyenne était de 10 gr. à la tonne. Dans les autres placers du même système, elle oscillait entre 2 et 3.

Les placers du Kerbi (affluent de l'Amgoun), étudiés par M. Ivanov, montrent une formation presque sur place (par éluvium), dans des schistes altérés. La teneur des sables en or atteint exceptionnellement 6 gr. à la tonne ; et les essais faits sur les pyrites abondantes que l'on recueille dans les résidus de lavage ont montré que la teneur moyenne de ces pyrites était de 3 gr. à la tonne.

Dans la région du *petit Khingan*, le placer Nagorny, sur l'Amour, a donné lieu, de la part de M. Iavorovsky[1], à une observation intéressante qui confirme ce que nous avons dit[2] sur l'âge des placers de Sibérie, un peu trop uniformisé dans les théories ordinaires. On a, en effet, constaté là, par exception, une terrasse supérieure d'alluvions plus anciennes, située à environ 80 m. au-dessus de la rivière Soutar. Les sables, qui reposent sur un granite à grain fin, contiennent une couche aurifère de 0,75 à 5 m. consistant en argile, sables et galets recouverts par 10 à 30 m. de couches argilo-sablonneuses, ou formées d'argile et de galets. La couche aurifère proprement dite tient de 2 à 23 gr. Mais il existe, dans la série supérieure, plusieurs couches tenant également près de 1 gr. à la tonne. Cette présence d'alluvions anciennes aurifères a semblé pouvoir élargir beaucoup le champ des recherches pour l'avenir. Certains auteurs, tels que M. Jaczevsky, qui a étudié la région baïkalienne, croient à l'existence possible d'alluvions aurifères sous les basaltes (ou trapps), comme cela se produit en Californie.

Sur le haut Amour, l'industrie de l'or s'est développée sur le cours supérieur de l'Oldoï (Ayan), la Mongoli, la Sergatcha, la petite Koungourak, le cours moyen de l'Ouroucha et l'Ourka.

Dans la région de l'*Ossouri*, qui a été spécialement étudiée pour la construction de la ligne de Vladivostok, on trouve, à l'état plissé, du dévonien, du calcaire carbonifère supérieur, du trias marin, enfin du jurassique lacustre avec quelques gîtes de lignite sans valeur et du wealdien. Les couches miocènes, au contraire, sont horizontales. On n'a signalé que des traces de cuivre et d'antimoine et des indices d'alluvions aurifères.

10° **District de Vladivostok.** — Dans l'île d'*Askold*, à 60 km. Est de Vladivostok, un filon aurifère, formé de plusieurs veines minces parallèles constituant un faisceau inconstant, est encaissé entre des quartzites et

[1] *Loc. cit.*, V. 6.

[2] Page 499.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des roches cristallines. Dans ce système à peu près vertical, on a trouvé une cheminée riche de 40 à 50 m. de long avec des teneurs de 30 à 50 gr. Finalement, sur 60 m. de haut et 270 m. en développement, on a extrait 800.000 fr. d'or ; mais le gîte est extrêmement irrégulier.

Près de la baie d'*Olga*, à 400 km. Nord-Est de Vladivostok et à 32 km. de l'embouchure de la rivière Tuteka, de la galène argentifère forme des veines entrelacées dans le calcaire : veines contenant, en outre, de la blende, des pyrites de fer et de cuivre, du cuivre gris, du quartz et de la barytine. On paraît avoir trouvé à la surface de l'argent natif. Cette région, qui rentre dans le type des minerais du Pacifique et se rattache plus au Japon qu'à la Sibérie, paraît être une de celles où l'exploitation minière des minerais complexes est susceptible de prendre du développement.

Le gisement important de magnétite de *Biélogora* est à 12 km. Nord du port d'Olginski dans la baie d'Olga [1]. Le minerai suit le contact d'une roche qualifiée de porphyrite avec un calcaire. Comme toujours au contact des calcaires, il est accompagné de grenat, dans des conditions qui font penser au Banat. Un premier amas au Nord a 300 m. de long sur 2 à 20 m. de large. Après 300 m. d'interruption, un second a 160 m. de long sur une largeur atteignant 60 m. On évalue le cube total à au moins 1.500.000 t., pouvant monter au triple. Les minerais tiennent de 50 à 57 p. 100 de fer ; de 2 à 3 p. 100 de manganèse ; de 10 à 20 p. 100 de silice et environ 2,50 p. 100 d'alumine.

Un gîte analogue, à 15 km. S.E. de Bielogora, se trouve à 8 km. du golfe de Saint-Vladimir. Il a 200 m. de long sur 6 m. de large.

Le gisement de *Nikolaievsk*, près de cette ville, est formé d'hématite superficielle attribuée à la décomposition de mélaphyres riches en magnétite. On y admet 2 millions de tonnes à 43 p. 100 de fer, et 0,2 p. 100 de phosphore.

Beaucoup plus au Nord, les explorations de Bogdanovitch [2], depuis 1895, ont mis en évidence, de Nikolaievsk à Okhotsk, une série d'axes N.E.-S.W. se succédant les uns aux autres et se raccordant dans leur ensemble aux monts Stanovoi : axes, suivant lesquels apparaissent, dans le Sud, surtout des granites et des diabases, puis, au Nord-Est, vers le 48e degré, des andésites. Des gisements d'or assez nombreux ont été

[1] Reoutovsky. *Rich. min. de la Sibérie* (en russe), p. 87 à 89, 1908. — Voir plus haut, p. 523 et 529 et plus loin p. 549 à 564, la description d'autres gîtes de fer qui peuvent être à comparer. — Iostrancew, A.-A. *Gediegen Roheisen von der Russischen Insel bei Wladiwostock* (Soc. Imp. d. Naturalistes de Saint-Pétersbourg, vol. XXXV, liv. 5, Sect. Geol. et Mineral., p. 21-57).

[2] 1905 *Recueil* (en russe) *à la mémoire d'Ivan Vassiliévitch Mouchkétov* (Saint-Pétersbourg). – *Comptes rendus préliminaires* (en français) *des explorations et des recherches de l'or accomplies par l'expédition d'Okhostsk-Kamtchatka.* — 1907. Edelstein, J.-S. *Ueber die Notwendigkeit, die Goldgebiete des Sichota-Alin-Gebirges zu untersuchen.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

reconnus le long des axes granitiques, notamment de la baie Ouda au golfe Théodore (au Nord de Port-Ayan), sur un système qui paraît calédonien.

Les difficultés d'une région déserte, au sol souvent gelé en permanence, ont préservé jusqu'ici ces gisements alluvionnaires de l'exploitation intensive qui a épuisé ceux des zones plus favorisées. On n'y a pas reconnu les gisements en place ; mais les descriptions de tous les placers montrent l'or, soit associé avec des grains de fer magnétique roulés sur des syénites et gabbros dans les systèmes de la Yarra, du Lavlamakit (affluent de la Némoui), de la Moutè, etc., soit surtout sur des bed-rocks de granite et de gneiss dans les systèmes de la Lantar et de ses affluents, la Kaïtchakit, la Douroukin, dans la région de Taimghéi, dans les monts Aldama, aux bords de l'Oui.

Les descriptions ne signalent pas de relations avec les roches éruptives tertiaires.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXIV

MÉTALLOGÉNIE DE L'OURAL[1]

L'Oural forme, comme nous l'avons vu, une partie de la couronne hercynienne qui entoure la plate-forme primitive d'Irkoutsk; mais c'est aussi une chaîne ayant son individualité tout à fait distincte, qui, sans être aussi anormale tectoniquement et géographiquement qu'on pourrait le croire d'abord d'après sa direction, présente néanmoins des traits bien particuliers. C'est pourquoi (le sujet méritant, d'autre part, des développements assez étendus), nous avons cru devoir lui réserver un chapitre spécial.

Il faut d'abord, suivant notre méthode, replacer cet accident orogénique dans l'ensemble dont il fait partie et rappeler les traits essentiels de sa constitution. Ceux qui nous importent pour la métallogénie sont, avant tout, les suivants : 1° l'Oural est une chaîne hercynienne Nord-Sud, superposée, comme un pli posthume, à de plus anciens plissements de même direction et faisant partie d'une très large zone plissée, qui commence dès la plate-forme scandinave, à l'Ouest, et se continue probablement sous le quaternaire, à l'Est, vers la plate-forme sibérienne d'Irkoutsk; 2° il y a eu, sur cet alignement Nord-Sud, dont la direction ne nous étonne que par une généralisation trop rapide des observations faites dans l'Europe centrale, de premiers plis précambriens, reproduits pendant le silurien, puis vers le milieu du carbonifère, à la fin du permien et ayant pu avoir encore quelques plus faibles échos ultérieurs;

[1] Voir plus haut, p. 221. — On trouvera, dans *le Compte rendu du Congrès géologique de Russie* en 1897, une série de monographies sur l'Oural (avec bibliographie antérieure). On peut consulter, en outre, les mémoires du Comité géologique russe :

Première série : VI. 1888. P. Krotov. *Geologische Forschungen am westlichen Ural-Abhange in den Gebieten von Tscherdyn und Solikamsk.* — X. 1895. N. Sokolov. *Ueber die Enstehung der Limane Südrusslands.* — XI. 1899. A. Krasnopolsky. *Feuille Perm-Solikamsk.* — XVIII. 1901. J. Morozevicz. *Le mont Magnitnaia.* — XVIII. 1901. N. Sokolov. *Die Manganerzlager in den tertiären Ablagerungen des Gouv. Jekaterinoslaw.* — XIX. 1902. D. Nikolaiev. *Recherches géologiques dans le domaine minier de Kychtym.*

Nouvelle série : 1. 1903. L. Konoiouchevsky et P. Kovalev. *Les Gisements de fer de la région minière de Bakal.* — 1904. L. Duparc et L. Mrazec. *Le Minerai de fer de Troitsk.* — 1904. A. Krasnopolsky. *Rech. géol. dans les alentours de l'usine Lemesinsky (arr. minier d'Oufa).* — 1906. L. Konoiouchevsky. *Rech. géol. sur les gis. de fer de Zigaza et de Komarovo (Oural méridional).* — 1909. A. Krasnopolsky. *Descr. géol. du district minier de Néviansk.* — Voir, en outre, plus loin, à l'occasion des divers gisements, les bibliographies locales.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

3° tant par suite de sa superposition aux plis antérieurs que par sa situation au centre d'une immense zone partout plissée de même, l'Oural n'affecte pas les caractères d'autres tronçons hercyniens, qui se sont trouvés pris et laminés entre deux voussoirs primitifs très rapprochés. Son éloignement des accidents alpins postérieurs l'a mis également à l'abri des dislocations provoquées, en d'autres cas, sur des horsts hercyniens, par le choc des grandes vagues venues des Alpes ou de l'Himalaya.

Malgré les mouvements plus récents dont l'Oural peut présenter la trace locale, on ne doit donc pas s'attendre à y trouver le type des larges cassures métallisées qui constituent les filons d'incrustation de la Saxe, du Harz, de la Bohême, de la Meseta espagnole, etc., et dont nous avons vu un certain équivalent dans la steppe kirghise, l'Altaï, le district de Nertchinsk, etc., pas plus qu'on n'y observe les roches d'épanchement volcanique, ni les bassins tertiaires effondrés qui sillonnent ces vieux massifs. Les gisements métallifères doivent, en principe, y remonter aux mouvements dévoniens et carbonifères, — sinon à des accidents antérieurs ayant pu laisser déjà leur empreinte, comme on l'observe dans la plupart des chaînes plissées, où il existe des manifestations attribuables à deux périodes distinctes.

L'érosion a puissamment travaillé sur ces gisements primaires ; elle a surtout entaillé le versant Est de l'Oural, réduit presque à une pénéplaine, où se sont trouvées mises à nu les traînées de roches profondes avec minerais connexes. Les gisements ont donc toutes les chances d'appartenir à des types de profondeur, sans être toutefois aussi profonds que dans les plates-formes primitives de Scandinavie ou du Canada.

Nous y rencontrerons, en effet, comme on va le voir, des formations, dont les principales se rattachent à la mise en place des magmas à structure granitique ou microgranitique et aux auréoles de métamorphisme qui accompagnent cette mise en place dans les sédiments encaissants, notamment dans les calcaires. Les principaux de ces gisements, ceux de magnétite avec chalcopyrite, peuvent être considérés comme remplissant, au contact des magmas microsyénitiques dont ils dérivent, et le long des enclaves prises dans ces magmas, des fractures ayant souvent l'allure de filons-couches, avec accompagnement ordinaire de roches à grenat et à épidote dues à la réaction interne sur les calcaires encaissants. Ils se différencient par là fortement des minerais assez analogues que l'on trouve en Scandinavie et que l'on a souvent été tenté de leur comparer : minerais dérivés des roches très basiques et formant, au milieu d'elles, des amas de ségrégation, comme les fers chromés des serpentines. Dans l'Oural, la zone des roches basiques est distincte de celle des gisements de fer et située en moyenne plus à l'Ouest ; elle ne renferme ni fer ni cuivre, mais d'autres métaux de ségrégation basique, comme le platine, l'or ou le chrome. Au contraire, les magnétites de l'Oural ne présentent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ni le nickel ni le titane habituels aux ségrégations scandinaves ; on leur trouverait des équivalents dans les cicatrices tertiaires à suture de roches cristallines dont le Banat fournit l'exemple le plus classique.

Un type de gisements tout à fait différents, que nous rencontrerons encore dans l'Oural, présente des caractères filoniens plus accusés, sans ressembler pourtant en aucune façon aux filons concrétionnés du groupe plombifère, que nous considérons comme ayant occupé en moyenne une position plus élevée dans la hauteur des plissements orogéniques. Ce sont des craquelures minces et multipliées ayant plus ou moins l'allure d'un stockwerk, comme en présentent les gîtes stannifères (dont il n'existe pourtant pas ici de représentant) : filons dont le minerai principal est un minerai d'or, qui apparaît à Bérézovsk, Kotchkar, etc., comme cela lui arrive très souvent ailleurs, dans des conditions analogues à celles du groupe stannifère, en dérivations presque immédiates d'un magma acide, en départ chloruré ou fluoré des granulites. On semble voir là, autour des magmas à structure granitique (syénites et microsyénites), qui ont dû provoquer une auréole immédiate de chlorures de fer donnant les magnétites, une auréole un peu plus excentrique (c'est, en effet, sa position géographique), dans laquelle les départs de roches plus chargées de carbonates alcalins, à magma plus fluide, comme les granulites, ont été accompagnés de fumerolles aurifères fluorées, avec quelques sulfures, comme la galène, commençant à apparaître.

Enfin, certaines régions de l'Oural, dont la plus célèbre est celle de Miask et des monts Ilmen, offrent toute cette famille de minéraux remarquablement caractérisés, qui se rattachent, eux aussi, aux magmas granulitiques : les émeraudes, les topazes, les corindons, etc.

En tout cela, la métallogénie de l'Oural présente : tantôt certains caractères qui la rapprochent des gisements tout à fait primitifs (ségrégations basiques, gemmes associées aux granulites comme au Canada, etc.), tantôt des caractères qui annoncent déjà les phénomènes filoniens proprement dits, mais en connexion plus intime avec les magmas éruptifs que ne le sont les filons plombifères et mercuriels. Les types des filons ouraliens peuvent accuser une zone de cristallisation plus profonde que ces derniers, et, par conséquent, une prédominance des métaux dont les fumerolles se sont déposées les premières dans ce départ, c'est-à-dire les fumerolles chlorurées et fluorées, tandis qu'on y rencontre moins la trace de fumerolles sulfurées (plomb, zinc, etc.).

On peut ajouter que l'érosion très avancée de l'Oural, qui a déterminé l'aspect orographique du pays, se traduit par une altération très forte des gisements superficiels : altération leur donnant parfois, comme dans le cas des gîtes de cuivre, leur forme industrielle, mais ne descendant pas à des profondeurs aussi grandes que dans les pays dont le relief est resté plus accidenté.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Toute la longueur de la chaîne de l'Oural n'est pas intéressante pour nous. Soit que ses extrémités, ramenées par l'érosion à la superficie de la plaine environnante, manquent réellement de minerais, soit que les explorations de la région Nord en des pays couverts de tourbières et de forêts soient encore incomplètes, c'est à peu près uniquement dans la région comprise entre Solikamsk au Nord et Orenbourg au Sud, du 60e au 52e degré, sur 700 kilomètres de long, que se trouvent les gisements utiles (Pl. II). Dans cette partie, l'Oural, malgré quelques inflexions dont la principale est provoquée par le plateau d'Oufa, garde sa direction méridienne. Si nous avions à le suivre vers ses extrémités, nous verrions, au Nord, la chaîne se bifurquer en deux rameaux, dont l'un, par le Timan et la presqu'île de Kanin, tourne à l'Ouest pour aller envelopper la plate-forme scandinave, tandis que l'autre, par la Novaia Zemlia, tourne à l'Est (également dans le sens Est-Ouest) pour aller sans doute encercler le plateau sibérien. Au Sud, de même, l'extrémité de l'Oural s'infléchit entre la Caspienne et le lac d'Aral et tourne vers l'Est pour aller peut-être, raccordée avec un rameau des Tien-chan, s'insinuer au milieu de tout ce faisceau si serré, si colossalement haut, qui passe au Nord de l'Himalaya. De la sorte, les deux extrémités de l'Oural, qui dessinent, avec lui comme branche droite, une sorte d'S colossal, tendent, au Nord comme au Sud, à reprendre cette direction Est-Ouest, à laquelle nous sommes accoutumés en Europe et dans l'Asie centrale pour tous les plissements qui se sont succédés depuis le carbonifère. On peut ajouter que, pour ces deux extrémités, les plissements se sont prolongés plus longtemps. Le Timan a rejoué à l'époque permienne. Près de la Caspienne, dans l'Ergheni, les couches sarmatiennes elles-mêmes ont été influencées sans que l'aralo-caspien le soit.

Si nous revenons maintenant plus spécialement à la coupe de l'Oural dans la région métallifère, nous savons qu'il semble accuser, dans l'ensemble, une poussée de l'Est vers l'Ouest, qui, plus loin vers l'Ouest, aboutit à des renversements et qui a également provoqué, par le laminage, des métamorphismes analogues à ceux des Alpes (transformation de la houille en graphite). Les plis du versant sibérien doivent peut-être à cette disposition d'avoir été plus facilement arrasés et annihilés par l'érosion. La plaine sibérienne, avec ses terrains tertiaires, commence, en tout cas, brusquement, à l'Est de l'Oural, aussitôt mise en contact, soit avec les quelques lambeaux de jurassique ou de crétacé qui existent sur le flanc Est, soit d'habitude avec les terrains cristallins ou primaires formant la chaîne. A l'Ouest, au contraire, on voit une série de rides parallèles à la crête centrale s'abaisser peu à peu, parfois avec des ressauts de chaînons parallèles. Leur régularité est telle, dans certaines régions, qu'elle a fait comparer la zone sub-ouralienne à un Jura paléozoïque.

Sur le versant Ouest, le dévonien et le carbonifère se montrent

UNIVERSITE DE PARIS - GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plissés, recouverts par du permien discordant et horizontal, où l'on observe des indices de la destruction de la chaîne hercynienne, allant jusqu'à déterminer la formation de sédiments cuprifères. On constate que le bord Ouest de l'Oural a formé rivage à l'époque du jurassique moyen pour une mer qui s'étendait, du Nord au Sud, à travers la Sibérie.

A l'exception des minerais détritiques, comme le cuivre du permien, ou l'or et le platine des alluvions, les minerais de l'Oural sont, nous l'avons dit, à peu près tous sur le versant Est de la chaîne, le seul où se montrent les roches de profondeur avec lesquelles ils sont en relation tout à fait immédiate. Sans entrer dans les détails pétrographiques, on peut diviser ces roches en trois grandes familles : 1° les roches sombres basiques, péridotites, dunites, gabbros à olivine, serpentines, etc., dans lesquelles on trouve le platine, le nickel, le chrome, avec une partie de l'or; 2° les roches claires, feldspathiques, pauvres en silice, mais sans basicité accentuée, du groupe des syénites, auxquelles la magnétite et la chalcopyrite sont associées; 3° les roches granitiques acides avec filons d'or et pierres précieuses. C'est en faisant cette grande coupure entre elles que nous allons les étudier; mais je crois que ce serait un tort de subdiviser davantage et d'envisager, par exemple, séparément le fer et le cuivre, dont le gisement est très manifestement le même, avec prédominance locale de l'un ou l'autre des deux métaux.

Parmi ces types de roches, les roches neutres feldspathiques méritent une mention spéciale par l'importance des minerais qui leur sont liés. Elles ne présentent pas, dans la zone métallisée, de types microlithiques. On n'y trouve pas, — et il était aisé de le prévoir, étant donnée la profondeur atteinte par l'érosion, — des roches d'épanchement, mais des roches dont la structure accuse une mise en place profonde ou une intrusion, c'est-à-dire des structures granitiques, avec plus ou moins de finesse des grains donnant des apparences de porphyre (microgranulite), et développement local de micropegmatite. En grande partie sans doute suivant la nature des sédiments absorbés par endomorphose, la composition chimique et, par conséquent, minéralogique, de ces magmas varie, comme leur structure se différencie, suivant les conditions du refroidissement, sans qu'il y ait lieu, à mon avis, d'attacher une grande importance théorique (du moins pour les questions de métallogénie qui nous intéressent en ce moment), à des modifications locales d'un même magma ayant pu amener, suivant les points, le développement d'un feldspath plus ou moins calcaire, d'un silicate plus ou moins magnésien. L'important pour nous est l'existence d'un magma profond riche en alcalis et en fer, ne contenant pas assez de silice pour saturer immédiatement le fer, qui a été l'objet d'un départ périphérique sous forme de chlorures de fer (peut-être avec sulfures connexes décelés par la pyrite profonde de divers gîtes, où même avec carbonates plus problématiques).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

4° **Gisements des roches basiques. Chrome. Platine, etc.** — Les gisements en rapport avec la série basique n'ont pas en eux-mêmes d'importance dans l'Oural, sauf lorsqu'ils ont subi une préparation mécanique naturelle qui a formé, à leurs dépens, les alluvions platinifères et aurifères. On ne trouve pas ici, à l'état exploitable, le type, développé en Scandinavie ou au Canada, des ségrégations de magnétite titanée, fer chromé, pyrrhotine nickélifère dans les gabbros, ou à leur contact immédiat. Cependant on connaît quelques magnétites de ce genre près de Troïtsk. Les amas de fer chromé, qui rentrent tous dans ce type, ont eu jadis un certain intérêt dans l'Oural, où l'on a exploité également un peu de nickel dans ces conditions. Enfin, et surtout, les alluvions platinifères méritent une étude spéciale.

Chrome[1]. — Les amas de fer chromé, situés sur le versant Est de l'Oural, comme toutes les roches cristallines avec lesquelles sont liés les gîtes métallifères dont nous faisons ici l'étude, commencent au Nord dans le district de Goroblagodatsk, traversent le district de Nijni-Taguilsk, etc.

Ce sont des amas dans la serpentine, ayant rarement plus de 20 m. de large et jamais exploités à plus de 20 m. de profondeur, dans lesquels l'oxyde de chrome, formant à peu près moitié de la masse, est associé avec la serpentine et la magnétite.

Platine. — La production platinifère de l'Oural jouit, en fait, d'un véritable monopole industriel, puisqu'elle fournit 95 p. 100 de la production mondiale, le reste étant tiré de la Colombie, de la Californie, du Canada, de Bornéo ou de la Nouvelle-Galles du Sud. L'épuisement, qui se manifeste pour les gisements ouraliens, et qui est tout naturel pour des minerais d'alluvions, apporte un intérêt de plus à cette étude[2].

La région platinifère occupe une longueur d'environ 130 km. sur les deux versants de la chaîne, dans le gouvernement de Perm (district minier d'Iékatérinenbourg). Les deux centres d'exploitation les plus importants sont ceux de Goroblagodatsk ou de la rivière Iss sur le versant asiatique, au Nord, dans le bassin de l'Iss, affluent de la Toura (mines du comte Shouvalof à Kreztovoz-Dvichensk, de MM. Bourdakof, etc.) et ceux de Nijni-Taguilsk, au Sud, du côté européen, qui appartiennent entièrement à la famille Démidoff. D'autres placers d'importance secondaire se trouvent à Verkné-Isetsk, Tcherno-Istchiusk, Kyttim, Solva, puis à Slatoust, Iékatérinenbourg et sur quelques affluents de la Toura, où l'or accompagne le platine. Le platine de

[1] Voir *Gîtes métall.*, II, p. 39 et bibliographie. — Coll. Ec. d. M. n° 2543 et 2554.

[2] L. de Launay, article *Platine* dans la *Grande Encyclopédie*, et bibl. *ibid.*, notamment un article de M. Laurent dans les *Ann. des Mines*. de 1890, et *Die Platinlagerst. am ob. Tarafluss im Ural* (C.-W. Purington). — Coll. Ec. d. M., n° 1319, 2378.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Goroblagodatsk provient du massif montagneux du Saranaia, de l'Elovaia et du Katchkanar; celui de Nijni-Taguilsk, de la Vissim et de la Martiane.

Les chiffres suivants, donnent la production relative des divers districts de l'origine à 1895 [1].

Nijni-Taguilsk	Rivière Martian	49.791 kg.
	— Vissim	28.661 —
	— Chaitanka	1.719 —
	— Chouga	2.015 —
	Autres districts	8.378 —
Goroblagodatsk	Compagnies diverses	26.217 —
	Kreztovoz-Dvichensk (Comte Shouvalof)	8.521 —
Total général pour l'Oural (chiffres officiels)		125.302 kg.

Géologiquement, le platine provient, on le sait aujourd'hui avec netteté, de roches basiques à forte teneur en magnésie et en fer, péridotites, dunites et serpentines dérivées, dans lesquelles ce métal est disséminé en parcelles tellement fines et éparpillées qu'aucun de ces gisements primitifs ne sera d'ici longtemps exploitable. C'est le type le plus caractéristique de ce que j'ai appelé autrefois les gîtes d'inclusions, c'est-à-dire les gîtes où un minerai utile se présente, au milieu d'une roche, dans des conditions analogues à celles de tous les autres minéraux qui constituent cette roche, sans avoir subi une concentration assez avancée pour en faire un gîte de ségrégation.

On soupçonnait depuis longtemps cette origine du platine sans en avoir la preuve absolue, les gisements pratiques et industriels étant bornés aux produits de concentrations alluvionnaires; on avait été seulement frappé de voir les sables platinifères apparaître uniquement là où se trouvaient des galets de ces roches ultra-basiques et, de préférence, dans les parties hautes des cours d'eau, à proximité des massifs en place de ces roches. En 1892, M. Inostranzeff trouva le platine finement disséminé dans une roche serpentineuse du district de Nijni-Taguilsk, où il était accompagné de fer chromé [2]. Puis, dans le même district, on mit en exploitation une veine de péridotite très décomposée et serpentinisée dans la péridotite massive : veine de 2 m. de large, qu'on a pu suivre en profondeur jusqu'à 12 m. et qui contenait, paraît-il, en moyenne 23 gr. de platine à la tonne. Quelques géologues ont même soutenu à cette occasion que le platine, étant concentré dans la portion décomposée et serpentinisée de la roche, avait pu y être introduit, dans une réaction secondaire, par le processus de la décompo-

[1] Voir plus haut, p. 48 et 67, pour la production récente.

[2] Le platine dit de Nijni-Taguilsk est principalement recueilli dans le bassin de la Vissim et de la Martiane, qui s'écoulent au Sud des monts Solovief, un peu aussi au Nord de ce massif, dans le système de la Chouga (ou Tchaouch).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sition. Une telle théorie, qui a été également émise pour les masses de fer chromé (presque exclusivement rencontrées elles aussi dans les roches altérées, tandis que les péridotites, dont elles dérivent, tiennent seulement le chrome en fines inclusions de picotite), ne paraît pas admissible, et l'on voit difficilement comment un métal aussi insoluble que le platine aurait pu être déplacé et concentré chimiquement sans l'intervention d'une réaction ignée. Il reste toutefois très curieux que, seules dans le monde, les péridotites serpentinisées de l'Oural se soient trouvées dans les conditions géologiques nécessaires pour renfermer une portion utilisable (d'ailleurs extraordinairement minime) de platine, et une analyse théorique de ces conditions spéciales, qui n'a pas encore été faite à notre connaissance, présenterait un vif intérêt.

Industriellement, comme nous l'avons dit, ces gisements primitifs et en roche du platine n'ont aucune importance : la teneur en platine de ces péridotites étant beaucoup trop faible pour permettre une exploitation fructueuse. Les gisements utilisés de ce métal sont ceux où la nature s'est chargée de faire, pendant de longues suites de siècles, un premier travail de broyage et de préparation mécanique, qui a isolé, dans les alluvions de certains cours d'eau, des sables platinifères à teneur encore bien restreinte, 2 à 3 gr. par tonne, ou 2 à 3 : 1.000.000 en moyenne. On a peut-être une indication de la manière dont cet isolement du platine s'est opéré dans un fait qui serait très frappant s'il était scientifiquement et précisément démontré. Les résidus anciens, autrefois rejetés comme stériles, du traitement des sables de l'Oural ont été souvent repris et traités fructueusement au bout de quelques années, sans qu'il y ait lieu de mettre en cause un perfectionnement introduit dans les procédés de traitement, restés très rudimentaires. Il y a, sans doute, une première cause à cela, c'est l'augmentation progressive du prix du platine depuis une vingtaine d'années; mais on s'est demandé s'il n'intervenait pas, en outre, une décomposition à l'air de roches qualifiées de stériles, ayant pour effet de mettre en liberté le peu de platine disséminé qu'elles pouvaient contenir. En tout cas, la pauvreté extrême des roches mères, qui ont fourni jadis les alluvions platinifères et où l'on arrive à peine de loin en loin à reconnaître la présence de ce platine en des points exceptionnels, indique suffisamment quelles quantités énormes de ces roches ont dû être désagrégées et soumises à cette préparation mécanique naturelle pour fournir des sables exploités, et, par conséquent, combien longue a du être la durée des érosions, dont le phénomène résulte. Cela peut permettre de comprendre comment on a trouvé autrefois, de temps à autre, dans les sables riches, aujourd'hui épuisés, quelques pépites de platine très volumineuses : la plus grosse à Nijni-Taguilsk, pesant 9.620 gr. (aujourd'hui au musée Demidoff), à Saint-Pétersbourg); une autre à Goroblagodatsk pesant 2.247 gr., etc. Il faut, en effet, remarquer que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les 150.000 ou 200.000 kg. de platine, produits par l'Oural depuis l'origine des exploitations, résultent du lavage industriel de 30 à 40 millions de mètres cubes de sables platinifères, qui, eux-mêmes, ont peut-être exigé la destruction de centaines de milliards de mètres cubes de roches, ou, sur 100 km. de long et 10 km. de large, l'érosion de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Or, étant donné, d'une part, la densité du platine, qui n'a pas permis son transport à grande distance par les cours d'eau, de l'autre, son aspect très spécial et son prix, qui font que tout échantillon de quelque dimension a dû être remarqué et recueilli, on ne peut s'étonner que, sur cette quantité colossale de roches, il se soit trouvé de très rares pépites de forte dimension, et l'on voit, en même temps, combien seraient extraordinairement minimes nos chances d'en rencontrer de semblables par quelques coups de pic ou de dynamite donnés au hasard dans la roche en place.

Cette formation des alluvions platinifères par la désagrégation et l'érosion superficielle des roches, suivies d'une sédimentation mécanique, d'une sorte de lévigation dans les cours d'eau, a obéi aux lois ordinaires de ce genre de phénomènes, que l'on a l'occasion de constater, en tant de pays, pour les alluvions d'or et d'étain [1].

En premier lieu, le transport n'a jamais été bien prolongé; il l'a été d'autant moins que le minerai était plus dense et plus difficile à déplacer par les courants d'eau. Les sables platinifères se trouvent donc toujours à très faible distance des roches dont ils proviennent, parfois sur le massif même de ces roches, au moins à son contact immédiat. En s'éloignant progressivement du point de départ de cette préparation mécanique, on trouve, d'abord, à l'état accidentel et très isolé dans des alluvions pauvres, les plus gros fragments de métal, qui n'ont pu être entraînés au loin et qui n'ont pas eu, dans ce déplacement restreint, le temps de recevoir une concentration marquée. Puis on arrive à la zone riche, plus ou moins longue, où se sont précipitées ensemble les parcelles fines de grosseur comparable, constituant un sable platinifère relativement homogène; et, quand on continue à descendre les vallées, on voit les alluvions s'appauvrir peu à peu, ne plus contenir que des paillettes assez fines pour avoir pu flotter un moment sur l'eau, et finalement se stériliser. Il résulte de cette première observation que les alluvions riches forment, à la périphérie des péridotites platinifères, une couronne d'étendue restreinte, sur laquelle ont tout naturellement porté les premières exploitations et que, cette couronne une fois dépassée, on ne peut que trouver une diminution graduelle des teneurs.

En second lieu, la lévigation, qui s'est opérée dans les eaux des torrents sur le produit de broyage des roches, a eu pour effet de précipiter

[1] Voir plus haut, pour l'or, p. 496 et plus loin, p. 574.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'abord au fond les minéraux les plus denses, parmi lesquels le platine; ce métal, comme nous l'avons indiqué pour l'or[1], s'est trouvé d'ailleurs naturellement arraché aux roches dans la première phase de l'alluvionnement, quand ces roches affleuraient encore. La couche platinifère se trouve donc dans la base des alluvions, sur le soubassement rocheux, dont les aspérités ont contribué à retenir les grains de métal, et les sinuosités du cours du torrent, ses coudes, les remous que ses déviations ont pu produire, ont eu une influence sur son enrichissement.

Nous ajouterons seulement, comme dernière remarque générale sur les alluvions platinifères, qu'ici comme en Colombie, à Bornéo, en Californie, etc., le platine est souvent associé à de l'or. Le fait a une réelle importance pratique pour l'Oural; car certaines exploitations d'or se trouvent produire, en même temps, du platine qui, s'il était seul, ne vaudrait pas la peine d'être exploité. Il est très possible que ce rapprochement de l'or et du platine tienne, en grande partie, à une simple coïncidence : l'or provenant néanmoins de gisements tout à fait distincts de ceux qui fournissent du platine. Cependant on a trouvé à Bérézovsk, près Iékatérinenbourg, un peu de platine dans les produits de lavage de quartz et de granulites aurifères, sans qu'il y ait là de serpentine. De même, en Colombie, Boussingault a rattaché la présence de certains gîtes de platine à des filons de quartz aurifère traversant des syénites. L'or de Californie donne, par son raffinage à l'Hôtel des Monnaies, une quantité appréciable de platine. Enfin le platine est un élément fréquent dans les pyrites et pyrrhotines nickélifères et cuprifères, qui contiennent souvent un peu d'or. Les péridotites platinifères peuvent renfermer, dans ces conditions, de la pyrite aurifère en même temps que du platine.

2° Gisements de magnétite et de chalcopyrite [*avec altérations en peroxyde de fer (martite) et en sels oxydés de cuivre*]. — Les gisements, pour la plupart classiques, dont il va s'agir ici, sont, du Nord au Sud : Bogoslovsk, Troïtsk, Katchkanar, le mont Blagodat (Gora Blagodat)[2], Nijni-Taguilsk et le mont Vissokaya, Goumechevsk, Soimonovsk et le mont Magnitnaya. Il en existe beaucoup d'autres, connus ou à découvrir.

Géologiquement, ces gîtes de fer ont donné lieu à d'innombrables théories : ce qui suffirait à montrer la difficulté des problèmes qui se posent à leur propos. Peut-être cependant ces divergences tiennent-elles pour beaucoup à ce qu'on a étudié d'ordinaire le problème dans chaque cas particulier, en employant, suivant la méthode allemande, comme

[1] Page 498.

[2] Je n'ai pas besoin de rappeler que *gora* veut dire *montagne*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

instrument principal, l'analyse chimique, au lieu de s'attacher aux conditions géologiques et tectoniques, que va, je crois, mettre en évidence une étude d'ensemble, appuyée sur la comparaison avec d'autres parties de l'écorce terrestre.

Parmi ces théories que je me contente de rappeler en deux mots, il en est qui me paraissent bien difficiles ou même impossibles à soutenir : celle d'abord d'Helmersen (1836) voyant, dans les amas de magnétite, un épanchement volcanique, ayant coulé comme un torrent de fonte, ou, à l'opposé, la théorie de Bischof (1864), reprise dernièrement, avec une variante, par M. Morozevicz, dans laquelle le fer serait le résultat d'une altération, soit de l'augite, soit du grenat (qui accompagne presque toujours le minerai par un métamorphisme en relation manifeste avec sa venue). C'est, je crois, par une tendance contre laquelle je me suis depuis longtemps élevé, confondre le phénomène primaire de cristallisation avec l'altération secondaire qui n'a fait que transformer ou déplacer légèrement les métaux, depuis longtemps apportés de la profondeur. Il n'est, à mon avis, que deux théories vraiment soutenables, toutes deux invoquant l'action des roches cristallines, avec lesquelles le minerai paraît en relation : l'une (Zémiatchensky, 1900), supposant que le minerai de fer préexistait dans des sédiments, seulement recristallisés par l'action du magma igné; l'autre admettant que le fer procède, d'une manière quelconque, de ce magma (Tchernychev, Beck, Vogt, Fedorov, etc.). Les exemples de sédiments ainsi recristallisés suivant la première de ces deux hypothèses existent ailleurs dans des terrains, ou cristallophylliens, ou primaires, avec une quasi-certitude, et il est, en effet, tout naturel qu'il s'en soit produit, étant donné l'abondance des dépôts ferrugineux dans les terrains qui ont pu se trouver soumis au métamorphisme. Mais toutes les descriptions de gîtes ouraliens accusent un rapport intime du fer avec les roches syénitiques, tandis que les sédiments non enclavés dans ces roches ne contiennent pas de minerais pareils, et souvent même les sédiments font tout à fait défaut auprès de la magnétite, ou se bornent à des calcaires (transformés ou non en grenatites), dont les conditions de dépôt (récifs coralliens, etc.) n'impliquent pas la possibilité d'une sédimentation ferrugineuse. Il est donc extrêmement probable que le fer a été apporté par la roche ignée, qu'il dérive d'elle.

Dans ces conditions, j'écarterai encore l'idée d'une différenciation proprement dite : les gisements ouraliens n'accusant en aucune façon ces passages progressifs qui caractérisent les ségrégations du type Taberg en Scandinavie, ne se trouvant pas du tout dans les mêmes roches et enfin montrant constamment, dans les enclaves sédimentaires pincées par la syénite, une disposition interstratifiée, qui (l'idée de sédiments recristallisés ayant été écartée), doit impliquer des filons-couches. Je crois l'idée de la différenciation particulièrement discutable dans la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

piège de Fédorov (1898), qui fait intervenir les grenats (selon moi, un produit caractéristique du métamorphisme exercé sur des sédiments), comme un point de départ de sa différenciation, supposée avoir agi sur un magma augito-grenatifère. Nous arrivons donc à l'idée d'une émanation ayant eu pour point de départ le magma syénitique et s'étant concentrée sur des fissures par pneumatolyse : soit dans de simples fractures de la roche, soit de préférence dans les délits des sédiments enclavés (d'où l'apparence de filons-couches).

Ainsi que je l'ai soutenu depuis vingt ans, la nature de ces sédiments a dû avoir une influence capitale, tant mécanique par la disposition résultante pour les fissures, que chimique par les doubles réactions connexes. Les gisements les plus purs, à la fois les plus dépourvus de phosphore et les plus manganésifères, par conséquent ceux que l'industrie a particulièrement recherchés, ont eu généralement un rapport avec des calcaires, et c'est même en relation avec ces calcaires que se trouvent, d'une façon absolue, la plupart des grands amas. J'avais, dès 1890, été conduit ainsi à supposer la possibilité d'une intervention calcaire, même dans des gisements où le calcaire n'apparaît pas tout d'abord, comme la Vissokaya, et à considérer, en principe, l'apparition des roches à grenat (analogues au skarn norvégien), qui sont presque constantes au contact des minerais ouraliens, comme procédant d'une telle action du magma ferrugineux sur des calcaires disparus. J'ai développé une semblable idée à propos des gîtes scandinaves, et j'ai été heureux de constater récemment que les travaux de M. Iakovlev avaient permis de suivre, dans tout le district de Nijni-Talguisk, une série de bancs calcaires, reconnus maintenant comme en relation nette avec la plupart des mines de fer, là même où on ne les soupçonnait pas auparavant[1].

Ces idées vont devenir plus claires en parcourant tour à tour les principaux gîtes.

Bogoslovsk. — A peu près sur le 60e degré, le district de Bogoslovsk, à l'Est de l'Oural, est anciennement renommé pour l'exploitation du cuivre[2]. Les mines, vendues en 1877 par le Gouvernement russe, ont eu une production décroissante depuis 1889. Il y a, dans ce district, des minerais de fer et de cuivre dans des auréoles de métamorphisme rappelant beaucoup le Banat, autour de roches intrusives qui traversent des grès et calcaires dévoniens, et qui gardent ailleurs, par endroits, des

[1] Voir plus loin, fig. 46.

[2] 1897. Fedorov. *Resultate geol. Forschungen im Bogoslovskischen Bergrevier* (Ann. géol. et minier de la Russie, Varsovie, II, p. 114-125; III, 1899, p. 91 à 103). — Nov. 1900. Ouspensky. *Les Gisements métallifères du district de Bogoslovsk* (Journ. des Mines, IV, Saint-Pétersbourg, en russe). — 1901. Fedorov et Nikitin. *Le District de Bogoslovsk*, Saint-Pétersbourg, 1901 (en russe). — *Gîtes métallifères*, II, 245 à 247. — Beck, p. 691 à 744. — Coll. Ec. d. Mines, n° 1950.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lambeaux de la couverture ancienne formée sur eux par des terrains du même âge. Ces roches sont principalement des granites à amphibole, ou des diorites. Auprès d'elles, le calcaire se charge de grenat et de pyroxène et, en même temps, de minerais, qui sont tantôt des sulfures de fer et cuivre, avec un peu de blende, tantôt de la magnétite, attribuable peut-être à des vapeurs de chlorure de fer[1]. On observe les altérations superficielles, habituelles en terrain calcaire : cuivre gris, phillipsite, cuivre oxydé et carbonaté, cuivre et argent natifs. Enfin les minerais sont recoupés par des porphyrites, montrant, comme dans le cas que nous allons examiner ensuite à Troïtsk, l'âge primaire, au plus hercynien, des minerais. On a exploité, dans les mines de Frolov, Vasilievsk, Sukhodoisk, Saint-Michel-Archange, etc., des filons atteignant 6 m. d'épaisseur, parfois reliés par des filonnets, qui, dans leur partie oxydée, sur les affleurements, donnaient des minerais tenant jusqu'à 10-12 p. 100 de cuivre, tandis qu'en descendant on a eu des pyrites à 3-4 p. 100 de cuivre comme dans tant d'autres gisements pyriteux.

Ce gisement met en évidence l'association du fer à l'état de magnétite avec la pyrite de cuivre : association que nous allons retrouver dans une série d'autres gisements, également rattachés à des auréoles de métamorphisme. On remarquera, en même temps, le polymorphisme pétrographique des roches intrusives, qui ont produit des réactions analogues.

Troïtsk. — La région de l'Oural du Nord, à l'Est de Solikamsk, au Nord-Est de Perm, où se trouve Troïtsk, sur la haute Kosva, a été l'objet, dans ces dernières années, d'intéressantes monographies dues à M. Duparc. C'est d'après elles que nous décrirons le pays[2].

La région comprend, suivant lui, en partant de l'axe de la chaîne, une première zone de schistes cristallins métamorphiques avec boutonnière de roches basiques, puis des terrains dévoniens et carbonifères régulièrement plissés (avec du houiller productif), sur lesquels le permien horizontal s'étend vers l'Ouest en discordance. Le dévonien inférieur est traversé par de nombreuses roches éruptives basiques et englobe, près de la Kosva, une intercalation de microgranulites (granite-porphyre acide), à laquelle d'importants minerais de fer semblent très anciennement liés. Nous avons donc ici deux catégories distinctes de roches cristallines : d'abord, une série basique comprenant des pyroxénites à olivine

[1] Pour M. Fedorov, les minerais sont encaissés dans une roche grenato-augitique, primaire et éruptive. Mais l'origine secondaire du grenat est générale en pareil cas. Le grenat est postérieur à l'augite et lui-même se transforme en épidote. Il se développe, en même temps, du quartz et de la calcite secondaires. D'après M. Ouspensky, une partie de l'hématite est due à l'altération de la grenatite.

[2] Duparc. *Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural* (2 mém. in-4°. Genève, 1902 et 1905). — Duparc et Mrazec. *Le Minerai de fer de Troïtsk* (Mém. du Comité géolog. russe, 1904, liv. 15), avec bibliographie. — Krasnopolsky, *Recherches géologiques sur le versant Ouest de l'Oural* (Mém. du Comité géolog., t. XI).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

(Kosvites), des dunites, des gabbros à olivine, etc.; puis une série acide formée de granites à micropegmatite, microgranulite, etc. La série acide a fourni des galets aux conglomérats dévoniens, que les roches basiques traversent. Les gisements ferrugineux de la série basique, dont nous allons d'abord dire un mot, n'ont pas d'importance pratique par eux-mêmes, et leur type, qui prédomine dans d'autres régions, comme la Scandinavie, les Alpes, etc., est exceptionnel dans l'Oural, où les principaux minerais sont, au contraire, reliés à la série claire feldspathique.

1° Sans entrer dans les détails pétrographiques, on peut assimiler les kosvites à des granites dont la structure se serait exceptionnellement réalisée en milieu très basique, à des magmas homogènes cristallisés en profondeur et dont dérivent toute une série d'autres roches jouant, par rapport à elles, un rôle analogue à celui des aplites, microgranulites, porphyrites, etc., par rapport aux granites : filons de dunite ou de feldspath, etc.

Or la kosvite est remarquable par l'abondance de la magnétite qu'elle contient en nids ou veinules, pouvant fournir des blocs de 200 kg.; la dunite, de son côté, renferme d'assez nombreux blocs de fer chromé, qui ne dépassent pas quelques kilogrammes. Les magnétites de la kosvite sont nettement des minerais de ségrégation. Quand cette magnétite diminue, la kosvite rentre dans les simples pyroxénites à olivine. Mais, dans la roche bien caractérisée, la magnétite est abondante et, comme fait le quartz du granite, moule tous les autres minéraux, après lesquels elle a cristallisé. Les dunites sont l'exagération basique de ce magma, comme les aplites sont l'exagération acide du granite.

Ailleurs on a, dans les mêmes conditions, une boutonnière de gabbros uralitisés, ou des pyroxénites (Tilaï), ou des norites, et, en résumé, des roches diverses, émanées d'un même magma basique, avec endomorphose probable de sédiments variables, qui ont contribué à en modifier la composition.

2° Il existe à Troïtsk, près de la Kosva, des gisements de fer magnétique, se présentant dans des conditions remarquables (comparables d'ailleurs au grand gisement de Kirunavara en Laponie [1]), à l'état d'en-

[1] Rappelons, en quelques mots, les caractères de ce gisement que j'ai décrit dans les *Annales des Mines* de 1903. On a là un banc de magnétite phosphoreuse large de 50 à 100 m., intercalé avec une pente de 60° sur l'horizon entre deux porphyres sodiques du groupe des orthophyres sodiques augitiques, présentant des types fluidaux. La coupe complète présente : syénites augitiques (passant aux orthophyres précédents); porphyres avec intercalation de la magnétite; conglomérats à fragments de minerais de fer et schistes; quartzites avec porphyre. La magnétite est accompagnée d'un peu de pyrite. La relation du minerai de fer avec la roche syénitique y est à peu près certaine et paraît impliquer un départ du fer en fumerolles, une pneumatolyse, soit par un simple processus filonien, soit avec addition de phénomènes sédimentaires intercalés sous une forme quelconque.

Les analogies avec les gîtes de l'Oural consistent surtout dans le rapprochement de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

claves associées à des cornéennes, qui sont des sédiments métamorphiques, probablement prédévoniens, dans l'intérieur d'un massif de « granite-porphyre acide ». On a reconnu plusieurs semblables enclaves métallifères à Osamka, Ostchepkovsky, etc., dont les dimensions atteignent 527 m. sur 132 à Osamka.

Le massif cristallin, de 8 km. sur 2, qualifié par M. Dupare de granite-porphyre, contient des types de structures assez variables, manifestement dérivés d'un même magma acide et dont les caractères rappellent beaucoup ceux des séries carbonifères de granites à micropegmatite, microgranulites, porphyres pétrosiliceux, etc., que j'ai eu l'occasion d'étudier dans le Plateau Central et le Morvan, analogues aussi à ceux que l'on observe dans la montagne de fer de Kirunavara. Ces roches sont, comme cela arrive d'ordinaire, accompagnées de brèches, accusant des compressions mécaniques presque contemporaines et leurs galets se retrouvent dans les conglomérats dévoniens du voisinage : ce qui assigne un âge prédévonien au minerai de fer, renfermé lui-même, comme nous allons le voir, à l'intérieur de ce porphyre.

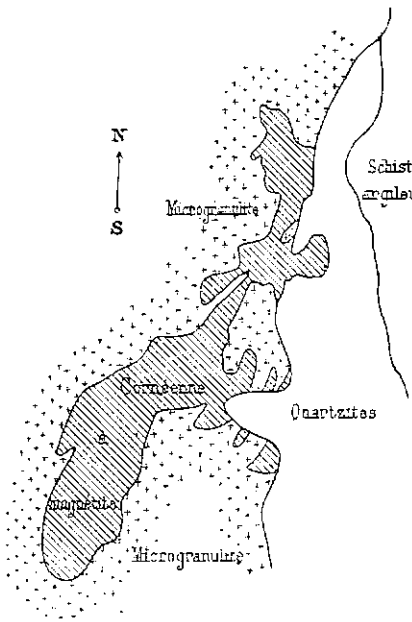


Fig. 44.— Plan de la mine Osamka à Troïtsk, d'après Dupare et Mrazec.

Cette masse de roches acides a exercé, sur les terrains encaissants, comme sur les enclaves sédimentaires qu'elle renferme, un métamorphisme incontestable, d'autant plus intéressant à étudier que le développement de la magnétite en est peut-être un épisode. Sur la bordure Est se sont développées des cornéennes, contenant aussi, quoique en moindre quantité, de la magnétite, et ce sont également des cornéennes ou hornfels que l'on retrouve au contact des minerais. Ces cor-

la magnétite avec un magma syénitique à pyroxène et riche en soude. Mais le caractère fluidal, si marqué à Kirunavara, ne se reproduit pas, à ma connaissance, dans l'Oural, non plus que l'abondance si caractéristique du phosphore. On n'a, par contre, à Kirunavara, ni cette série de petits bancs ferrugineux à apparence interstratifiée, ni ces roches de grenat, que nous attribuons dans l'Oural à des couches calcaires métamorphisées. — Voir des types analogues, p. 523, 537 et 738.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mènes renferment beaucoup de calcite, et les hornfels peu cristallins, qui les accompagnent, sont riches en dolomie. M. Duparc a été conduit ainsi à une hypothèse que j'ai faite ailleurs pour certaines leptynites du Plateau Central entourées d'amphibolites: celle d'anciens calcaires dolo-

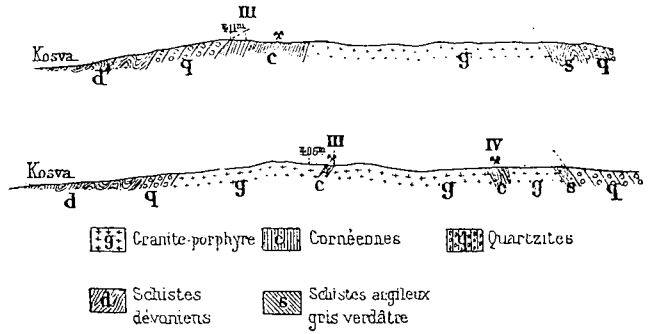


Fig. 42. — Profils à travers le massif de Troïtsk, par les mines d'Osamka (III) et de Spirine (IV), d'après Duparc et Mrazec.

mitiques argileux transformés ici en cornéennes et qui auraient contribué, d'autre part, à exercer sur le porphyre une transformation par endomorphose. Cette idée est à noter pour nous, étant donné l'association de la magnétite, et le rôle que nous avons attribué volontiers aux calcaires encaissants dans le développement des minerais de fer.

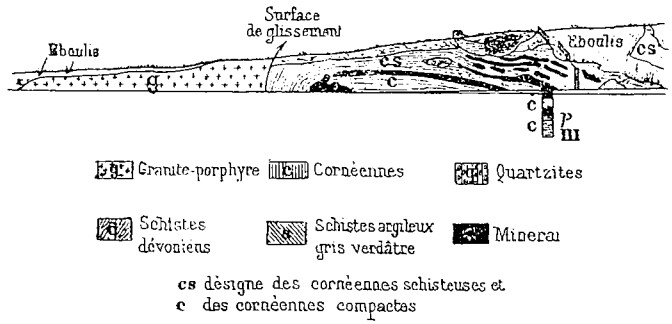


Fig. 43. — Profil longitudinal de la mine Osamka à Troïtsk, d'après Duparc et Mrazec.

Si l'on examine maintenant une des mines de fer, Osamka (fig. 41 à 43), on y voit, au milieu des cornéennes et hornfels (c), qui plongent vers l'Est sous le porphyre (g), des minerais de magnétite avec un peu d'oligiste, qui tantôt s'interstratifient localement (comme cela se produit toujours dans les sédiments métallisés) par petits bancs ou lentilles allongées dont l'épaisseur ne dépasse pas 1,50 m. et qui, ailleurs, sont nettement transversaux aux strates; les terrains voisins renferment en outre, très fréquemment, des mouchetages de minerais. Le porphyre

UNIVERSITE DE PARIS - GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lui-même contient des grains de magnétite, qui ont plutôt l'aspect de débris repris que de cristaux originaires. La plupart de ces traits rappellent ceux que nous avons étudiés autrefois à Kirunavara, sauf que la magnétite de Troïtsk ne paraît pas être phosphoreuse. Dans notre théorie, l'absence de calcaires à Kirunavara et leur présence ancienne à Troïtsk pourrait y avoir contribué.

M. Duparc a été conduit à écarter l'idée, assez séduisante au premier abord, de terrains déjà ferrugineux sous une forme quelconque, comme les terrains siluriens de l'Orne ou du Maine-et-Loire, qui auraient été pris, eux et leurs minerais, dans le porphyre, où un métamorphisme aurait été exercé sur eux. Le développement des minerais semble, en effet, lié au voisinage du porphyre et en quelque sorte proportionnel au métamorphisme. Il croit plutôt à des fumerolles dégagées en profondeur par le magma granitique acide (comme l'oligiste des bombes volcaniques) et ayant apporté du chlorure de fer dans les terrains pris à l'intérieur du porphyre, où, faute de silice en quantité suffisante pour saturer le fer, une partie de celui-ci se serait isolée. La réaction serait à rapprocher de celles que M. Lacroix a décrites pour les minerais de fer développés au voisinage des granites pyrénéens (Boutadiol). On peut également se rappeler ce qui s'est produit à l'île d'Elbe, où il est fort vraisemblable que les minerais ont une relation d'origine avec les granites tertiaires et se sont développés par leur influence dans des terrains de calcaires et de schistes, surtout dans les calcaires, dans des conditions comparables à celles des autres produits du métamorphisme. Enfin on doit songer aux auréoles métallifères du Banat ou de la région de Christiania. Dans tous ces cas, on aurait, autour des granites, dégagement, soit de chlorures, soit de sulfures (ou même de carbonates) venant déposer du fer dans les terrains encaissants, sous des formes que la nature de ces terrains contribue à rendre variables. Ce seraient des minerais de fumerolles, à distinguer des ségrégations proprement dites que l'on rencontre ailleurs dans les magmas basiques moins chargés en minéralisateurs volatils, où, du reste, il semble, malgré tout, que ces minéralisateurs aient dû contribuer à la localisation des minerais. Enfin il y aurait lieu d'en conclure l'existence probable d'autres enclaves métallifères englobées dans le porphyre et invisibles pour nous.

Katchkanar, mont Blagodat [1]. — *Katchkanar*, vers le 59e degré, pré-

[1] 1838. Helmersen. *La Montagne Magnitnaya dans l'Oural sept.* (en russe) (Journ. des Mines, t. III). — 1866. Muller. (Berg und Huttenm. Zeitung). — 1873. Mostovenko. *Note sur les recherches de la montagne Blagodat* (en russe) (Journ. des Mines, n° 1). — 1875. Lessenko. *Aperçu historique des recherches de la montagne Blagodat* (en russe) (Journal des Mines, n° 5). — 1878. A. Karpinsky. *Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe.* — 1889. Th. Tchernychev. *Recherches géologiques dans l'Oural en 1888* (Bull. du Comité géolog., vol. VIII, p. 121-143). — 1897. Tchernychev. *Le Chemin de fer de l'Oural dans les limites des districts miniers de Taguil et de Goroblagodat* (Congrès géologique intern., Guide IX). — Beck. *Gîtes*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

seule un amas de fer dans une roche augitique traversant les schistes amphiboliques et, plus à l'Est, vers Goroblagodatsk, se trouvent les alluvions platinifères de la rivière Iss, dont nous avons parlé précédemment.

Cinquante-cinq kilomètres plus au Sud, vers le 58e degré, on trouve, au *mont Blagodat* (ou Gora Blagodat), une montagne de fer célèbre, dont on a évalué le cube total à environ 17 millions de tonnes. Ce gisement, exploité à ciel ouvert depuis 1730, a donné, de 1813 à 1900, près de 3 millions de tonnes de minerai à 54 p. 100 de fer, que l'on traite aux hauts fourneaux de Kouchva, Barantcha, Verknétourié.

D'après les coupes du mont Blagodat, données par Th. Tchernychev[1],

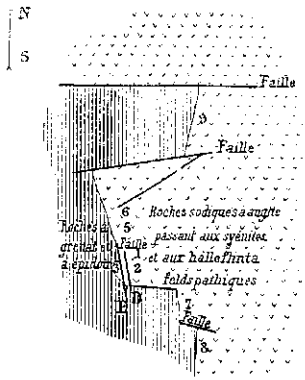


Fig. 44. — Carte géologique du mont Blagodat, d'après Tchernychev. (Gisements de fer 4 à 9).

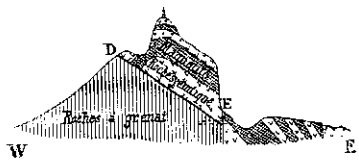


Fig. 45. — Coupe transversale du mont Blagodat, d'après Tchernychev.

le minerai forme des intercalations (trop systématisées sur ces coupes) sous forme de nids, amas, etc., au milieu de roches sodiques dérivées d'un magma syénitique, qui présentent toutes les transitions, soit à des syénites proprement dites, soit à des roches d'orthose compacte, analogues aux hälleflints suédois [2]. Les bancs de minerai ont une inclinaison générale vers l'Est, avec une voûte anticlinale vers le sommet de la colline, reproduisant par conséquent cette allure interstratifiée (ici dans une roche éruptive) que nous avons déjà rencontrée à Troïtsk et que nous retrouverons encore ailleurs (mont Vissokaya, mont Magnitnaya, etc.). A l'Est et au Sud, s'étendent de longues bandes de calcaire dévonien inférieur, auxquelles on serait tenté d'attribuer un rôle dans

métallifères, p. 24. — 1901. Samoiloff. *Zur Miner. der Bakalskaij-Erzlagerst.* (*Süd Ural*) (Verh. d. Rus. Kais. min. Ges. zu S.-Péters., p. 329 à 336; russe et allemand).

[1] Voir figures 44 et 45.

[2] Ces roches, parfois qualifiées d'orthophyres, ne présentent pas de types microlithiques.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cette allure singulière, qui doit correspondre à d'anciens filons-couches dans des sédiments métamorphisés. A l'Ouest (fig. 45), une faille limite brusquement la roche syénitique et le minerai connexe contre une roche métamorphique de grenat, épidote, calcite, chlorite, amphibole, etc., qui a dû être originellement calcaire[1]. Enfin, on peut remarquer l'existence de nombreuses failles postérieures au minerai, dans lequel elles ont découpé des faces polies en miroirs : failles donnant lieu à des brèches avec débris de fer magnétique.

Le minerai est de la magnétite très pure, qui, en profondeur, se charge de chlorite et prend le nom de minerai bleu, tandis qu'au voisinage de la surface elle est oxydée et rougie. On y remarque l'absence presque complète de phosphore et la présence de traces de vanadium, comme dans la plupart des minerais de fer de l'Oural.

En résumé, nous avions ici un nouveau cas de minerai de magnétite, encaissé, comme celui de Troïtsk et comme celui de Kirunavara, dans une roche non basique à structure microgranitique, et paraissant devoir son origine à des vapeurs ferrugineuses émanées de cette roche, qui ont peut-être commencé par développer des filons-couches de magnétite, avec roches connexes de grenat, calcaire, etc., dans des calcaires dévoniens, ultérieurement disloqués et mis en contacts anormaux les uns avec les autres par des accidents mécaniques.

Mont Vissokaya[2]. — Du mont Blagodat à la mine également célèbre du mont Vissokaya, la distance est encore d'environ 50 km. par le chemin de fer de l'Oural. Le même massif d'orthophyre se prolonge d'un gisement à l'autre, et des minerais de fer lui sont associés dans des conditions analogues : cette fois, avec gisements de cuivre et de manganèse connexes.

La mine de fer du mont Vissokaya (Vissokaya Gora) fait partie du grand district métallifère de Nijni-Taguilsk, où l'on exploite, en même temps, d'autres minerais de fer phosphoreux à la mine Lébiéjaya, du manganèse à Sopolsky, du cuivre à Mednoroudiansk, puis des alluvions platinifères et aurifères sur les rivières Martian, Tchaouch, et du chrome dans les serpentines, etc. (fig. 46). Nous n'avons pas à envisager en ce

[1] M. Iakovlev a récemment signalé des rudiments de calcaire au mont Blagodat.

[2] 1837. G. Rose. *Mineralogisch-geognostiche Reise nach dem Ural, dem Altai, und dem Kaspichen Meere.* — 1859. P. Iéréméev. *Les Minerais de fer dans les districts miniers de la chaîne de l'Oural* (Journ. des Mines, II, p. 313 : en russe). — P. Iéréméev. *La martite dans la montagne Vissokaia* (Journ. des Mines, t. IV, p. 438 ; en russe). — 1866. Müller (Berg und Hüttenm. Zeitung, p. 185). — 1878. A. Karpinsky. *Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe.* — 1880. S. Kontkievicz. *Compte rendu des recherches géologiques exécutées le long du chemin de fer des mines de l'Oural* (en russe) (Journ. des Mines, t. II, p. 325). — 1893. *Gîtes métallifères*, I, 654, et II, 245. — Beck, p. 23 et 669. — 1897. Tchernychev. Guide du Congrès géol. intern., IX. — 1898. Travaux de Hoghom et Bauermann. — 1906. Iakovlev. *Esquisse géologique de la région des syénites dans le district de Nijné-Taguilsk* (Bull. du Comité géol., t. XXV, p. 413 à 448, avec carte ; russe et résumé français).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

moment l'or, le platine et le chrome, qui sont bien dérivés du même massif de roches profondes, mais qui se relient aux roches basiques, tandis que le fer de tout ce district est toujours associé aux roches

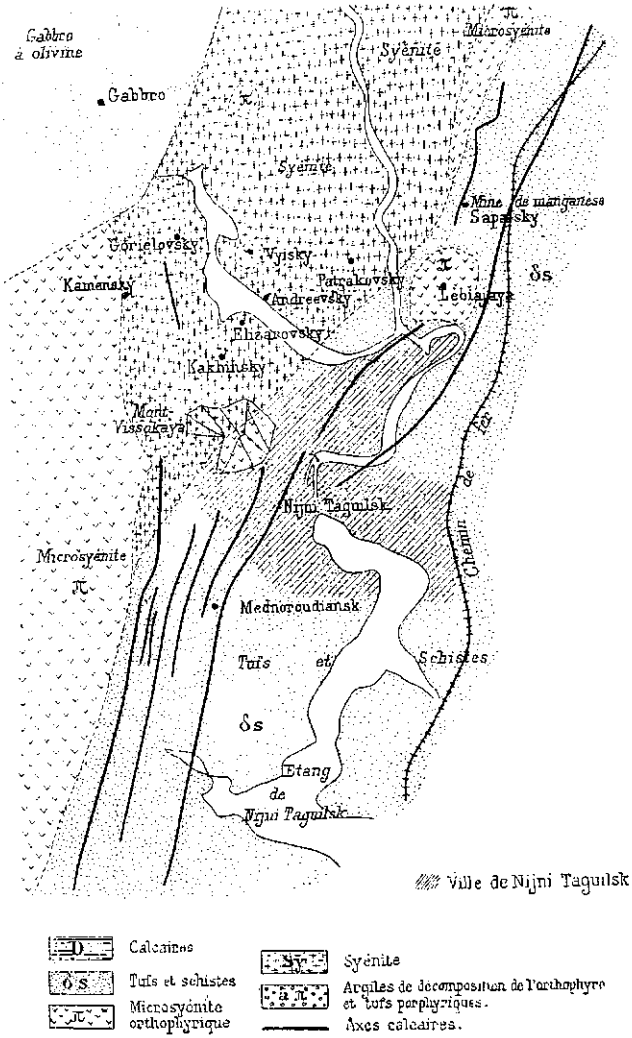


Fig. 46. — Carte des environs de Nijni-Taguilsk, d'après Iakovlev (1906). (Echelle au 1 : 150.000.)

claires, feldspathiques et acides. Au contraire, pour comprendre la genèse du fer, il est indispensable d'examiner en même temps le cuivre, le manganèse et les traces de cobalt qui en sont connexes.

En deux mots, les magnétites du mont Vissokaya et les martites (ou

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sesquioxydes) associées sont, avec des roches à grenat et épidote (comme à Bogoslovsk, comme à Troïtsk, comme au mont Blagodat), encaissées, à l'état de veines, nids, amas irréguliers, au milieu des syénites et microsyénites à tendance orthophyrique [1]. Comme partout où de semblables roches à épidote et grenat se présentent en connexion avec des roches éruptives dont elles accusent l'action métamorphique, il y a lieu d'y voir la transformation de bancs calcaires, dont, en effet, les affleurements existent immédiatement au Sud des travaux sous la forme de pointements isolés et s'accentuent vers le Sud à la mine de Mednoroudiansk, où nous allons voir leur rôle nettement en évidence.

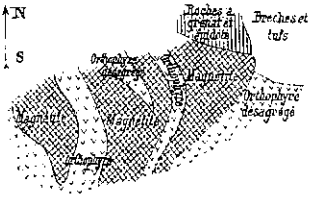


Fig. 47. — Plan de la partie de la montagne Vissokaya appartenant à l'usine Taguil, d'après Tchernychev.

Les derniers travaux de M. Iakovlev ont fait reconnaître un anticlinal isoclinal de dévonien avec des bancs calcaires, auxquels la plupart des gîtes de fer sont associés. Au contact du magma syénitique avec les calcaires, la syénite s'appauvrit en amphibole et la roche augito-grenatifère apparaît, puis les minerais.

Nous trouvons, d'ailleurs, intercalés entre les bancs de porphyre, des lits de minerais à apparence stratifiée plongeant tous vers l'Est ou le S. E.; ce qui, comme nous l'avons déjà remarqué pour les gîtes précédents, représente, suivant toute vraisemblance, la disposition des anciens terrains sédimentaires, au milieu desquels ont dû s'introduire les roches éruptives, avec formation de minerais connexes aux dépens de calcaires altérés. L'analogie est donc très grande avec le mont Blagodat et Troïtsk, où nous avons rencontré de même ces sortes de lits, et le cas de Troïtsk, où les terrains sédimentaires subsistent, seulement transformés en cornéennes, peut aider à comprendre les autres, où ces sédiments ont plus complètement disparu. On retrouve, en outre, ici les traces d'accidents mécaniques postérieurs à la formation du minerai, les failles que nous avons déjà eu à signaler dans les gisements précédents.

Le minerai est de la magnétite, avec association de martite (c'est-à-dire de ce sesquioxyde à forme cristalline de magnétite qui, suivant toute vraisemblance, est une simple pseudomorphose de magnétite en sesquioxyde par altération superficielle). Cette oxydation, dont nous allons voir le paroxysme à Mednoroudiansk, contribue à rendre le minerai friable et facilement réductible au haut fourneau. Sa teneur est d'environ 65 p. 100. Un peu de zinc y est associé en franklinite; et l'on y trouve aussi du cobalt avec du manganèse qui, en s'oxydant,

[1] Voir figure 46.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ont formé de la rabdionite. Le soufre et le phosphore sont très irrégulièrement répartis, l'un à l'état de pyrite cuivreuse, l'autre en apatite, ci, naturellement, ce sont surtout les minerais où ces impuretés manquent que l'on a exploités et, par suite, décrits. L'altération superficielle a beaucoup contribué à cette épuration. Néanmoins, dans le quartier de Revdinsk, on a jusqu'à 0,75 p. 100 de soufre et à peu près autant d'acide phosphorique. Nous parlerons bientôt d'un gisement voisin à Lébiéjaya (ou Lébiajinsk), où l'apatite devient visible et souvent très abondante. Le vanadium accompagne, comme d'habitude, le phosphore. Il faut noter encore, entre le mont Vissokaya et Mednoroudiansk, un minerai exploité pour cuivre, qui est une magnétite avec 2 p. 100 de cuivre en pyrite et 0,77 d'acide phosphorique en apatite, et qui paraît correspondre à un type résiduel de ce que pouvait être une partie importante de ces minerais de Taguilsk avant leur altération.

Les gisements voisins vont nous aider à comprendre cette métallogénie.

Par exemple, la mine Lébiéjaya, à environ 5 km. Nord du mont Vissokaya, nous montre un gisement de magnétite analogue et également encaissé dans la microsyénite, mais qui, contrairement au premier, est industriellement déprécié par l'abondance du cuivre et du phosphore. Tout à côté, la mine Ivanov est un véritable gîte de cuivre. La présence du cuivre prouve seulement la connexion des deux métaux, qui est très générale dans l'Oural et qui se retrouve dans tous les gisements analogues (Scandinavie, etc.), traduite, soit par l'association de la chalcopyrite avec la magnétite, soit par le mélange des deux pyrites de fer et de cuivre. C'est ce que nous allons revoir à Mednoroudiansk. Mais le mélange d'apatite cristallisée et de magnétite (parfois par parties égales) achève de montrer l'analogie avec Kirunavara. Ainsi que je l'ai développé autrefois à l'occasion des gîtes scandinaves, il semble que la présence du phosphore dans les gites de fer soit surtout marquée dans ceux qui ont une enveloppe de terrains siliceux, tandis qu'au contact des terrains calcaires, comme au mont Vissokaya, où ces calcaires ont donné les grenats, etc., une épuration du fer a pu se produire, tant par la métallurgie profonde que par les altérations superficielles.

A la mine de manganèse de *Sopolsky* [1], 1 km. au Nord de Lébiéjaya, le minerai forme des nids associés aussi à des calcaires dévoniens au milieu de schistes. On a ainsi, dans la plupart des districts ferrugineux (île d'Elbe, province d'Huelva, etc.), des parties plus manganésifères, où la teneur en manganèse s'accentue par l'altération superficielle et atteint toujours son maximum là où il existe du calcaire. Les gisements scandinaves, auxquels il faut toujours revenir quand on étudie ces gise-

[1] *Gîtes métall.*, I, 667.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ments profonds et profondément métamorphisés de l'Oural, en fournissent d'excellents exemples, à Dannemora, etc.

Enfin, à *Mednoroudiansk* [1], dont j'ai reproduit autrefois les coupes détaillées, on doit avoir une association de magnétite et chalcopyrite avec quelques sels de zinc, (franklinite ou blende), etc., formant un filon de contact entre des calcaires dévoniens et des orthophyres altérés, des tufs orthophyriques et schistes verts. Le développement exceptionnel des phénomènes d'altération superficielle récente donne à ce gisement son aspect particulier et caractéristique. Il n'est pas douteux que Mednoroudiansk et le mont Vissokaya fassent partie d'un même ensemble métallogénique, où la teneur en cuivre s'est localement accrue (Mednoroudiansk, Lébiéjaya), ailleurs celle en manganèse (Sopolsky), et l'explication qui convient pour l'un doit convenir également pour l'autre.

Le rôle des altérations superficielles, dues à la circulation active des eaux constamment réoxygénées, au contact du minerai, à travers les calcaires fissurés, est très manifeste ici. C'est cette altération qui a transformé tant les calcaires que les orthophyres en des produits argileux, dont la présence a contribué à introduire quelque confusion dans les descriptions. La grande traînée, désignée sur les cartes russes comme argiles (porphyres et tufs désagrégés), de Mednoroudiansk autour du mont Vissokaya, puis vers Lébiéjaya, lui est attribuable et doit présenter, mêlées avec les altérations de porphyres, des altérations de calcaires ayant dissimulé en partie l'importance de ces terrains dans le pays. Quand elle a porté sur les minerais, cette altération a donné, comme d'habitude, des oxydes, carbonates, phosphates, silicates et sulfates de cuivre, avec du cuivre natif : notamment les blocs célèbres de malachite, qui ont été trouvés dans une poche de décomposition argileuse ayant 120 m. de large au milieu des calcaires disloqués. Quelques minerais enrichis par cémentation ont donné du sulfure de cuivre, ou covelline. En même temps, le zinc passait en calamine ; le cobalt et le manganèse s'isolaient sous la forme de ces boules noires oxydées que l'on trouve en des cas analogues en Nouvelle-Calédonie, à Voel Hiraddog (pays de Galles), etc. ; le vanadium formait des vanadates ; et la magnétite, ou s'isolait simplement, ou se peroxydait et s'hydratait en

[1] 1859. P. Iéréméev. *Observations sur les gîtes cuprifères du versant Est de la chaîne de l'Oural* (en russe) (Journ. des Mines, t. IV, p. 76). — 1866. Muller (Berg und Hüttenm. Zeitung, n° 22). — 1876. Gr. Mayer. *Le Gisement de cuivre de Roudiansk* (en russe) (Journ. des Mines, III, 290-299), et *Ueber die Kupfer-Erzlagerstätte Mednoroudiansk am Ural* (Oester-Zeitschr., 1877, nos 36, 37). — 1878. A. Karpinsky. *Aperçu des richesses minérales de la Russie d'Europe.* — 1888. P. Gladky. *Recherches chimiques et géologiques sur les gîtes de Mednoroudiansk et Vyssokaja Gora* (en russe) (Journ. des Mines, t. I, p. 96, 123). — 1893. Fuchs et De Launay. *Gîtes métallifères*, I, 664, et II, 247, avec bibl. — 1897. Th. Tchernychev. (Guide du Congrès géologique international). — Beck. *Loc. cit.*, p. 689 et bibliographie. — Coll. Ec. d. Mines, n° 2529.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

hématite ou limonite. La présence assez abondante des phosphates de cuivre montre qu'il existait, associée à la magnétite, de l'apatite qui, par double réaction, a donné du phosphate de cuivre, comme les sulfures de cuivre, avec le carbonate de chaux, donnaient du carbonate de cuivre et du gypse. Si l'on arrivait à dépasser en profondeur cette zone altérée, on trouverait évidemment un gite de magnétite et pyrite de fer cuivreuse au contact des calcaires avec les roches feldspathiques du groupe des orthophyres et syénites, qui forment une trainée si marquée dans le pays.

Goumechevsk et Soimonovsk. — Près d'Iékatérinenbourg, il existe quelques gisements de fer, dont le principal est celui de Goumechevsk [1], à 54 km. S. W., dans des conditions comparables aux précédentes. Un banc calcaire, intercalé dans des schistes cristallins, est traversé par une roche, qualifiée de diorite à une époque où on se servait volontiers de ce nom pour toutes les roches vertes. Au contact, il s'est développé des roches à grenat d'une épaisseur de 6 m. avec des minerais qui semblent formés seulement de sulfures, pyrites et chalcopyrites sans magnétite et qui pénètrent également dans la diorite. L'altération superficielle a joué encore ici un rôle essentiel en produisant, aux dépens du calcaire, une argile, qui remplit une poche, large de 160 m. à la surface et rapidement coincée en profondeur. Dans cette argile, les minerais ont donné leurs produits oxydés habituels : cuprite, azurite, malachite (dont un bloc de 2.800 kg.), brochantite (sous-sulfate de cuivre), hématite brune, etc.

Le gisement de Soimonovsk, à 37 km. de Kychtimsky, vers le 55e degré, est analogue.

Puis vient la région de Miass et de Kotchkar dont nous aurons à reparler pour des gisements d'un autre genre (gemmes et filons d'or); et, finalement, un peu au Nord du 53e degré, on retrouve un grand gisement de fer au mont Magnitnaya.

Mont Magnitnaya [2]. — Le mont Magnitnaya, à 65 km. Sud de Verkné-ouralsk, sur le versant Sud de l'Oural méridional, présente d'importants gisements de fer, en relation très probable, comme les précédents, avec des roches granitoïdes à augite.

[1] *Gîtes métall.*, 1, 251. — Beck, 651. — Coll. Ec. d. Mines, n° 2527.

[2] 1836. Helmersen (Journ. des Mines, t. IV, p. 335). — 1875. H. v. Trautschold. *Briefe aus dem Ural* (Bull. Soc. Natur. Moscou, t. XLIX). — 1900. Zemiatchensky. *L'industrie du fer de l'Oural en 1899* (Rel. p. le prof. Mendeléev, Saint-Pétersbourg, p. 373). — 1901. Beck. *Loc. cit.* — 1901. J. Morosevicz. *Le Mont Magnitnaia et ses alentours* (Mém. du Comité géolog., t. XVIII, n° 1). — 1904. *Die Eisenerzlagerstätten des Magnetberges im südlichen Ural und ihre Genesis* (Tschermaks. mineralog. und petrog. Mitteilungen, t, XXIII). — 1904. A. Khasnopolsky. *Recherches géologiques dans les alentours de l'usine Lemesinsky* (arrondissement minier d'Oufa) (Mém. Com. géol. russe. Nouvelle série, XVII). — 1906. L. Koniouchevsky. *Recherches géologiques sur les gisements de fer de Zigara et de Komarovo (Oural méridional)* (Mém. Com. géol. russe. Nouvelle série, XXI).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

D'après les études de M. Morosevicz, ces gîtes de magnétite, avec quartz (et hématite accessoire comme altération), forment quelques grands amas, nommés, d'après les sommets correspondants, Ouzianka, Ejovka, Atach, Dalnaia, le long desquels on trouve toujours une roche de grenat et d'épidote, l'habituel skarn des gisements norvégiens, accompagnée parfois d'une brèche à pâte vitreuse, cimentant un feutrage de cordiérite. Puis vient une série cristalline comprenant des granites à augite, diorites à augite et syénites augitiques avec types passant à l'orthophyre et des diabases à péridot ou porphyrites diabasiques. Enfin, on peut remarquer quelques îlots subsistants de calcaire dinantien et de marbre : origine très vraisemblable de grenatites, produites par un métamorphisme de contact exercé sur eux. Leur présence montre l'âge carbonifère (stéphanien) des minerais.

On peut ajouter que l'altération superficielle s'est exercée avec intensité, comme suffirait à le prouver l'abondance de la martite, et qu'une partie du peroxyde de fer paraît due à l'altération du grenat. Le minerai renferme 25-50 p. 100 de magnétite, avec 32-58 p. 100 de martite, 10-12 p. 100 de quartz et 2-18 p. 100 de grenat. Il alterne d'une façon fort irrégulière avec les roches stériles grenatifères ou kaolinisées, dans lesquelles il forme des amas, des nids ou des couches. Enfin, vers 15 à 20 m. de profondeur, la pyrite commence à apparaître, montrant qu'ici aussi il a dû y avoir association de sulfures avec les chlorures (ou carbonates) de fer, auxquels on peut attribuer la magnétite. Il semble donc, comme dans les cas précédents, y avoir eu réaction de magmas feldspathiques et augitiques riches en alcali et pauvres en silice sur d'anciens sédiments calcaires, avec développement au contact ou par substitution de grenats contenant de la magnétite, qui s'est localisée en amas dans les conditions du Banat. Après quoi, l'altération superficielle, en même temps qu'elle formait de la martite aux dépens de la magnétite, a donné, par la décomposition du grenat, d'autre peroxyde de fer avec épidote et, par la décomposition du feldspath, du kaolin.

3° L'or dans l'Oural (filons et placers). — La zone nettement la plus orientale de l'Oural est celle qui renferme, soit dans l'Oural proprement dit, soit dans ce que l'on appelle les monts Ilmen, les principaux gisements filoniens d'or et les plus remarquables formations de béryl, topaze, rubis, etc., avec diamant accidentel. Ces gisements, qu'il nous reste à examiner, sont, à notre avis, les uns et les autres, en relation avec les roches du type granitoïde les plus chargées d'alcalis et les plus riches en minéralisateurs, que l'on appelle ordinairement en France des granulites et dans lesquelles, avec le développement de la muscovite, l'isolement des quartz en cristaux de première consolidation, la production accidentelle de micropegmatite, souvent la rareté du mica noir, sont des caractères aisément reconnaissables. La relation de l'or

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avec ce genre de roches n'est pas immédiate comme dans les inclusions ou ségrégations. Les filons aurifères, qui sont en principe des filons à gangues complexes auro-argentifères, traversent, non seulement les granites eux-mêmes, mais aussi les roches de type plus superficiel qui en dérivent latéralement, comme les aplites ou les microgranulites et leur sont donc postérieurs. Ils correspondent à un dernier départ des fumerolles chloro-fluorées, que l'on peut supposer avoir accompagné ce granite, avec abondance probable de carbonates alcalins et auxquelles on peut attribuer également le développement des gemmes, réalisé au voisinage dans des conditions analogues.

Cette relation de l'or avec des granites, qui se retrouve sur toute la longueur de l'Oural, n'est pas spéciale à cette région, nous l'avons rencontrée à bien des reprises en Sibérie, et j'en ai autrefois cité divers exemples en étudiant la géologie de l'or [1]. Elle me paraît d'une grande importance théorique. Aussi y a-t-il lieu, je crois, d'insister, à ce propos, sur quelques idées générales, qui établiront, entre les divers types étudiés au cours de cet ouvrage, une relation théorique.

Suivant les régions — et, dans la théorie que je m'efforce de démontrer ici, suivant la profondeur originelle, — ceux des gisements aurifères, que l'on peut supposer reliés à des magmas granitiques, présentent plusieurs types bien distincts. Dès le voisinage immédiat de la superficie, on pourrait rattacher déjà par extension à ce groupe les veines aurifères en relation avec des roches éruptives acides d'épanchement ou d'intrusion superficielle : roches qui, bien entendu, n'ont plus en aucune façon la structure granitique, mais que l'on peut croire dérivées des mêmes magmas.

Quand on s'enfonce davantage, on rencontre le type des grands filons proprement dits, genre californien, à remplissage quartzeux auro-argentifère. Ici, comme pour tous les filons nets d'incrustation hydrothermale, la relation avec une roche ignée reste hypothétique, le départ ayant été accentué. Il est néanmoins très vraisemblable que l'or californien, par exemple, dérive des granites crétacés qui forment des massifs à son voisinage et qui ont métamorphisé fortement les sédiments. La profondeur d'érosion, à laquelle correspondent ces grandes fractures continues et ce mode de remplissage, offre, pour la richesse en métaux précieux, des conditions exceptionnellement favorables que l'on retrouve sur toute la longueur de la chaîne côtière du Pacifique.

En continuant à nous enfoncer, nous attribuons au type ouralien, situé dans une chaîne dont le plissement est carbonifère et dont l'érosion est par suite très avancée (sans atteindre pourtant ce qu'elle est dans le Plateau Central), une profondeur de cristallisation plus grande.

[1] L. De Launay. *L'Or dans le monde*, p. 44 (Cas d'Um-Rus en Égypte, de la Rhodésia, de Näsmark en Telemark, etc.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ici la relation du granite et de l'or apparaît immédiate. L'or, comme nous allons le voir, s'est à peine séparé du granite à mica blanc, qui est déjà pour nous un premier départ du granite proprement dit, il remplit, soit dans les craquelures des filons d'aplite et de pegmatite qui en dérivent, soit dans les terrains immédiatement contigus, des veines quartzeuses, où l'on observe une association de l'or (inclus dans la pyrite de fer), avec quelques autres sulfures métalliques, et une autre association avec la tourmaline, qui est très fréquente dans les gisements de ce genre[1].

Des conditions tout analogues se sont prêtées ailleurs à la cristallisation de l'étain, du bismuth, etc., en stockwerks.

Enfin, quand on s'approfondit encore dans l'écorce, comme nous l'avons fait en étudiant la zone sibérienne des grands faites primitifs, on trouve un type un peu différent, où les pyrites aurifères imprègnent des terrains métamorphisés par le voisinage du granite, sans prendre l'allure de véritables filons. Là, les massifs granitiques proprement dits, étant profonds, sont entourés, dans les sédiments qui ont formé leur couvercle, d'une auréole de métamorphisme, qui, suivant des lois bien connues, peut se traduire, ou par une injection feldspathisante ayant plus ou moins donné l'allure de gneiss, ou, à plus grande distance, par une simple recristallisation des éléments. Ce phénomène profond a déterminé, en même temps, une cristallisation de pyrite, souvent aurifère, qui, peut s'éloigner assez loin, dans chaque cas particulier, du granite originel (jusqu'à 10 ou 20 km.), mais qui n'en est pas moins liée à lui comme nous l'avons vu. L'or se montre alors parfois comme faisant partie du ciment même des gneiss, ainsi que M. Lacroix l'a observé dans des conditions très analogues, à Madagascar. Et nous avons dit qu'il correspond encore à une auréole constante de tourmaline, comme dans le cas précédent.

Industriellement, l'exploitation de l'or dans l'Oural a passé par ses trois phases habituelles : exploitation des placers, aujourd'hui à peu près finie; puis travail sur les parties hautes des filons, enrichies par altération superficielle; enfin exploitation actuelle des minerais pauvres originels à sulfures plus ou moins complexes.

Les conditions de gisements, — que nous allons rencontrer très analogues dans les trois districts principaux de Bérézovsk, Tchéliabinsk et Kotchkar, — consistent, dans ces trois cas, en d'innombrables craquelures formant un faisceau assez serré à travers des granites porphyroïdes et les terrains immédiatement avoisinants, où le plus souvent

[1] Cette association existe déjà dans le type californien à Meadow Lake. On la connaît, dans des conditions analogues à celles de l'Oural, à Svartdal en Telemark, et, dans des types plus profonds, à Passagem au Brésil, Beforona à Madagascar, etc. (*Or dans le monde*, p. 37). Nous en avons cité divers exemples en Sibérie. Voir plus haut p. 494, 502, 507, 536 et plus loin, p. 567, 568, 677.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ces filons s'appauvrissent. C'est donc un type filonien bien caractérisé, avec filons généralement très minces, mais ayant pu être suivi parfois jusqu'à 150 m. de profondeur. Leur remplissage comprend des pyrites, et mispickels aurifères, avec des galènes assez fréquemment aurifères aussi, des stibines, et, comme particularité, à Bérézovsk, du chrome sous forme de crocoïse. La gangue est toujours quartzeuse. Les minerais pénètrent d'ordinaire, au contact du filon, dans la roche encaissante, qui est pyritisée et quartzifiée sur une certaine largeur. Enfin il faut remarquer que les roches encaissantes, comme les filons, sont toujours fortement altérées à la superficie et jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur. Il en résulte, avec les minerais d'altération ordinaires dans le filon, une kaolinisation de la roche encaissante et souvent une substitution de silice secondaire au feldspath. Ce phénomène a fait donner à cette roche un nom particulier, celui de bérézite, surtout quand la pyrite de fer y avait été, en même temps, remplacée par de l'hématite et a conduit parfois à supposer une formation de ces filons par simple réaction secondaire, suivant la vieille théorie de la sécrétion latérale, qui a eu son moment de faveur vite disparu.

Bérézovsk et Pychminsk. — Dans le voisinage d'Iékatérinenbourg, les gisements classiques de Bérézovsk, et les gisements voisins de Pychminsk[1], plus récemment mis en valeur, qui peuvent aider à les comprendre, se présentent dans des conditions très spéciales, sous la forme de minces fissures quartzeuses à peu près complètement localisées dans des filons d'une roche éruptive, eux-mêmes assez minces : greisen (bérézite) à Bérézovsk ou microgranulite à Pychminsk. Cette localisation est aussi complète que celle des filons argentifères de Kongsberg dans les fahlbandes, et on a pu lui chercher également une cause secondaire. Il semble cependant bien qu'il faille voir là un phénomène de craquelures immédiatement consécutif à la cristallisation de ces roches intrusives, dérivées d'un magma granitique. C'est, en résumé, un cas particulier du phénomène filonien (correspondant probablement déjà à une profondeur assez grande dans l'écorce, mais pourtant un phénomène filonien proprement dit ; il y a eu ouverture de fentes et minéralisation par des eaux thermales à minéralisateurs énergiques (comme le montre, en particulier, l'abondance de la tourmaline, minéral ordinairement lié aux granulites). Ces eaux thermales ont surtout incrusté les fissures de contraction en échelons des microgranites, mais ont aussi pénétré, et souvent jusqu'à plusieurs mètres de distance, dans les terrains du voisi-

[1] *Gites métallifères*, 902 à 904, avec bibliographie. — Beck, p. 197 et 349, avec bibliographie. — 1895. Poszepny. *Die Gold districte von Beresow und Mias am Ural* (Arch. f. prakt. Geol., t. II, p. 499). — 1897. Karpinsky. *Congrès géolog. de Russie*, V, p. 39 et bibl. Voir plus haut, p. 71. — Coll. Ec. d. Mines, nos 1633, 1991, 1717 et 1950.

Sur Pychminsk :

Kobyliansky. *Description de la mine de Pychminsk* (Courrier de l'industrie de l'Or, Tomsk, 1892, p. 119). — A. Karpinsky. *Guide du Congrès géologique de 1897*, V. 43.

UNIVERSITE DE PARIS, GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nage. On peut ajouter que des cas de ce genre se retrouvent ailleurs, par exemple à Näsmark en Télémark (quartz et chalcopyrite dans un filon de granite), à Waverley en Victoria (Australie) (quartz aurifère dans un filon de diorite). Enfin l'association de l'or avec la tourmaline, ordinaire dans les filons de ce type, et qui suffirait à montrer leur origine primitive (et non secondaire) se retrouve, nous l'avons vu, en Sibérie ; elle existe au Brésil pour les gisements d'or de Passagem, de

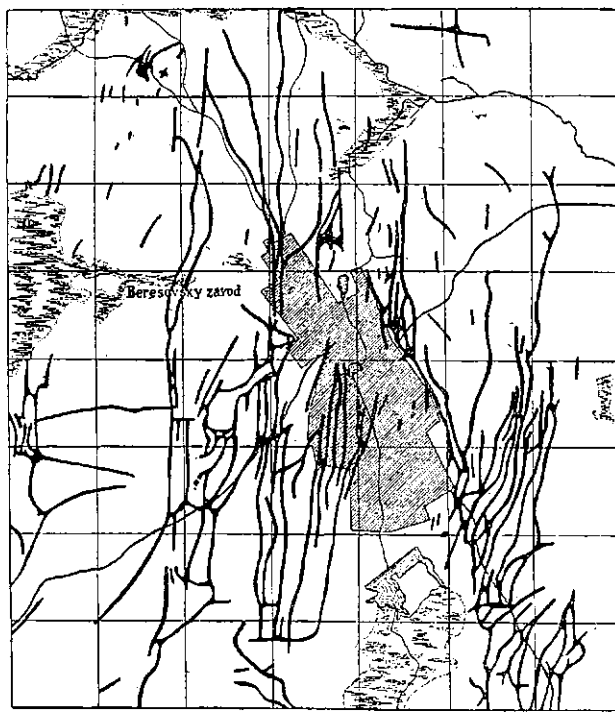


Fig. 48. — Carte des filons de bérézite autour de Bérézovsk, d'après A. Karpinsky (La figure couvre 63 km².)

même que, dans le Plateau Central, pour les gîtes de bismuth et tungstène de Meymac (les conditions de gisement de ces deux métaux du groupe stannifère étant à rapprocher de ce genre de filons aurifères) et encore dans beaucoup d'autres.

Ces filons de la région d'Iékatérinenbourg, quand on laisse de côté, comme nous le faisons toujours, leur altération superficielle, présentent l'or associé surtout à de la pyrite de fer, mais aussi à de la galène. On y rencontre, en même temps, de la chalcopyrite, des sels de bismuth, conformément au rapprochement indiqué plus haut avec la famille de l'étain et, ce qui est plus anormal, du chrome, soit associé à la tourmaline en tourmaline chromifère ayant épigénisé la pyrite, soit combiné

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

au plomb en crocoïse. C'est même dans ce gisement que la crocoïse a été d'abord découverte.

Deux plans ci-joints (fig. 48 et 49) montrent la disposition générale des filons de bérézite (greisen, quartz, muscovite et pyrite), qui contiennent les veines de quartz aurifère à *Bérézovsk* (12 km. Nord-Est d'Ekaterinenbourg), sur une superficie de 62 km. carrés. On est là dans une région de schistes chloriteux, talqueux, etc., avec serpentine, dirigés en moyenne Nord-Sud. Les dykes de greisen, ou granulites pyriteuses, sont pour la plupart conformes à cette direction d'ensemble, quelques-uns seulement transversaux. Leur largeur ordinaire de 2 à 10 m. atteint seulement par exception 40 m. On a pu suivre certains de leurs filons sur 8 km. de long. Les quartz aurifères A sont transversaux et ordinairement Est-Ouest (fig. 49). Leur largeur ordinaire est de quelques cm. ; rarement ils atteignent 1 m. Certains d'entre eux passent d'une veine de bérézite à l'autre, comme on le voit encore mieux sur le plan à plus grande échelle de Pychminsk (fig. 50). La teneur moyenne en or des parties exploitées est de 15 gr.

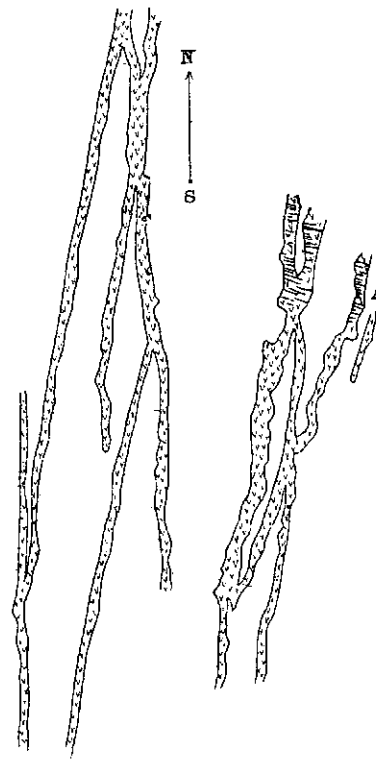


Fig. 49. — Croquis montrant l'allure des filons de bérézite avec leurs veines de quartz aurifère A, à Bérézovsk. (Echelle au 1 : 1180.)

A *Pychminsk* (7 km. Nord-Est de l'usine de Bérézovsk), des bandes de serpentine et de magnésite (listvénite, altération probable de la serpentine) ont une direction moyenne Est-Ouest. Les filons de microgranite sont Nord-Sud et les veines aurifères, craquelures de la microgranulite, Est-Ouest (fig. 50).

M. Beck a signalé, comme en rapport probable avec ces gisements, la teneur en or sensible des granulites qui existent, non loin de Bérézovsk, au lac Chartach, et d'où paraissent dériver les filons aplitiques de bérézite. Enfin nous noterons l'altération très avancée de tous les terrains et filons, qui a une influence notable sur l'aspect extérieur et sur la valeur industrielle des gisements. Les terrains de schistes sont devenus une argile rouge nommée le « krassik » ; les serpentines ont subi une décomposition analogue avec isolement local de magnésites. La béré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

zite s'est kaolinisée et a donné le « béliak ». Les filons quartzeux sont devenus, à la fois, poreux par la disparition de la pyrite et rougis par son oxydation. L'or est passé à l'état libre. Enfin les sulfures de cuivre et de plomb ont donné leurs produits d'altération ordinaires : covelline, tennantite, azurite, cérusite, pyromorphite, wulfénite, etc.

On peut ajouter qu'il a existé à Bérézovsk des placers presque directement superposés aux roches dont ils proviennent.

Tchéliabinsk[1]. — On exploite, depuis peu d'années, à 16-20 km. Sud-Ouest de Tchéliabinsk, des filons aurifères analogues à ceux de Kotchkar et de Bérézovsk. Ces filons (fig. 51) forment ici aussi un réseau assez complexe de petites veines à directions variables du Nord-Ouest au Nord-

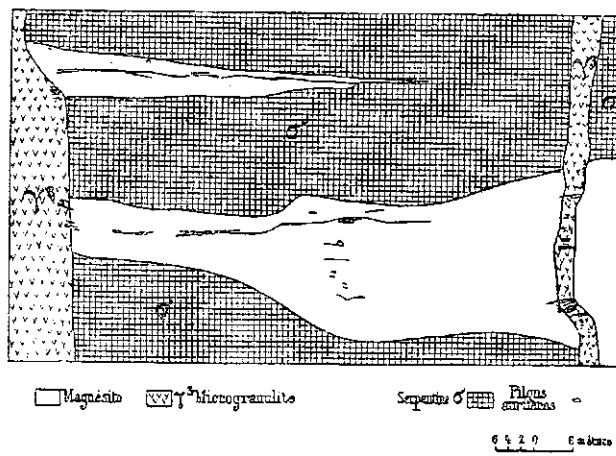


Fig. 50. — Carte des gisements aurifères de Pychminsk.

Est, ayant le plus souvent 0 m. 2 à 0 m. 7 de large, rarement 1 m. 50 ou 2 m. Leur longueur atteint au plus 100 ou 120 m. Dans leur forme primitive, qui apparaît à 30 ou 40 m. de profondeur, quand on a dépassé la zone superficielle des altérations, ils contiennent des pyrites et mispickels aurifères ayant donné aux affleurements, par oxydation, de l'or natif avec fer oxydé hydraté. La gangue est quartzeuse, et, comme dans les gîtes précédents, le quartz aurifère est accolé avec une aplite ou granulite pyriteuse qui dérive d'un magma granitique normal, exploité dans d'importantes carrières à 5 km. Sud de la ville.

On peut prendre comme type le filon Ivanovsky de Saint-Michel Arkhanguel, dirigé N.-N.-E. avec une faible inclinaison vers N.-N.-W. Il est englobé dans un granite du groupe des granites micropegmatoïdes (orthose, plagioclase, quartz et micropegmatite), qu'il a pénétré de

[1] A. Karpinsky. *Guide du Congrès géologique en Russie : Versant oriental de l'Oural d'Ourjom à Ekaterinenbourg*, p. 30.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quartz secondaire. Sa puissance atteint 0 m. 7 et même 1 m. 30. La teneur en or, assez régulièrement répartie dans le quartz, est de 10 à 13 gr. par tonne.

Kotchkar[1]. — La région de Kotchkar, à environ 80 km. Sud-Ouest de Miass, présente deux grands massifs de granite porphyroïde, avec des bandes à peu près Nord-Sud de schistes verts, schistes cristallins et quartzites porphyroïdes, enfin, calcaires carbonifères. Tout cet ensemble a été traversé par 700 à 800 filons de direction générale E.-W., qui formaient un faisceau singulièrement dense dans certaines parties du gra-

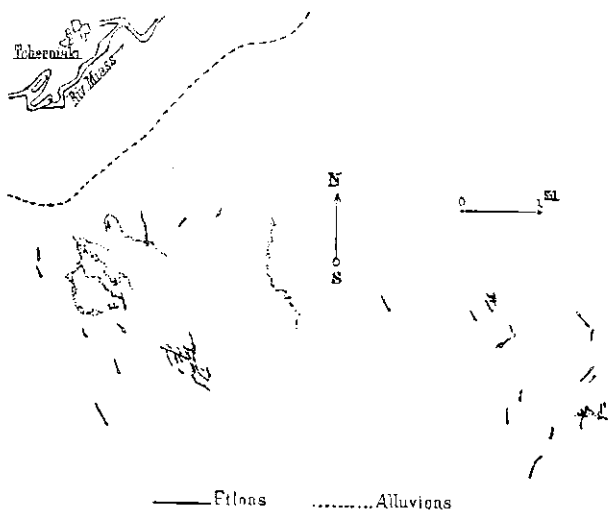


Fig. 51. — Carte des filons et alluvions aurifères de Tchéliabinsk, d'après Karpinsky.

nite porphyroïde, où presque tous sont groupés sur 50 km. carrés, mais qui s'amincissent, avec tendance à s'interstratifier, dans les schistes verts et se réduisent à quelques craquelures sans valeur industrielle dans le calcaire carbonifère (fig. 51). La relation d'origine avec le granite apparaît donc immédiatement très vraisemblable. La présence de quelques filons dans les terrains autres que le granite suffit néanmoins à prouver que la formation métallifère, malgré cette relation première, n'est pas restée solidaire du granite au point de ne pouvoir s'étendre à une certaine distance de lui.

Dans le district principal, qui est celui des vallées Antipin-long, Tchernaga et Osseika, les filons, que je viens de signaler comme Est-Ouest, constituent, à parler plus précisément, une gerbe serrée à l'Ouest,

[1] Vyssotsky. *Les Gisements d'Or du système de Kotchkar* (Congrès géologique de 1897), *avec bibliog. ant.*: *Les Mines d'or du district de Kotchkar* (Mémoire du Comité géol., t. XIII, n° 3, 1900).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

épanouie à l'Est, où ses directions vont du N.-E. au Nord jusqu'au S.-S.-E. au Sud. Ce sont de minces craquelures de l'écorce sans grande continuité individuelle, dont la largeur atteint rarement 3 à 4 m. et se

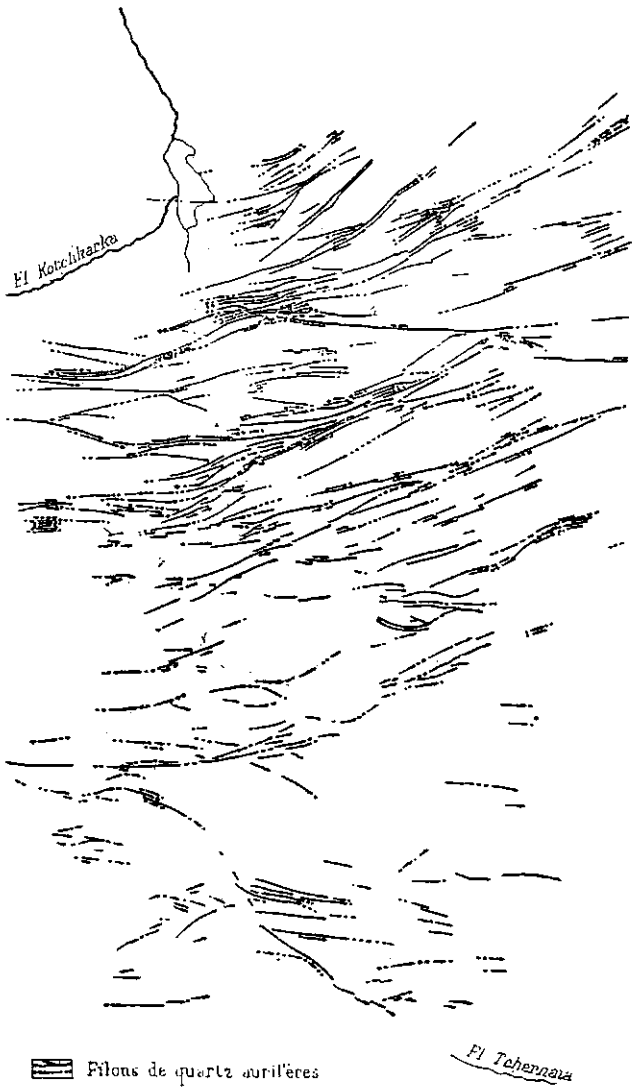


Fig. 52. — Carte des filons aurifères du district de Kotchkar, dans l'Oural méridional, d'après M. N. Vyssotsky. (Echelle au 1 : 55,000.)

tient plus souvent, dans les parties exploitées, entre 0 m. 05 et 2 m. Les travaux les plus profonds ont atteint 140 m. Le phénomène mécanique, qui a ouvert ces craquelures, a provoqué, suivant elles, des mou-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

veinents de friction accompagnés de brèches, analogues à ceux qui constituent les fahlbandes pyritisées de Kongsberg, Schladming, etc., ou encore à ceux qui ont produit les brèches aurifères de l'Australie occidentale. Au Nord-Est, vers le Kamenny-Log, quelques filons recoupent, outre le granite, la microgranulite.

Le massif granitique est constitué par un granite à deux micas du genre de ceux que nous appelons plutôt des granulites dans le Plateau Central et qu'accompagnent, comme ceux-ci, des veines d'aplite, eurite, pegmatite, etc., avec lesquelles l'or semble en relation.

Le remplissage métallifère, sous sa forme profonde, qui est la forme originelle vraiment intéressante pour nous, comprend surtout des pyrites et mispickels aurifères, avec divers autres sulfures tels que stibines, galènes aurifères et chalcopyrites, sans trace de tellure. La teneur en or des mispickels triés peut atteindre, paraît-il, 5 p. 100. Cet or est toujours fortement argentifère. La gangue est exclusivement quartzeuse, et la métallisation a pénétré constamment dans le granite encaissant, parfois au point de le rendre exploitable.

On peut citer, comme type d'exploitation, la mine Mitronafievsky, où le filon principal, situé entre la bérézite et le granite dynamo-métamorphisé, présentait, vers les affleurements, plusieurs branchements qui se sont réunis vers 35 m. de profondeur en une masse de 2 m. 50; le quartz y était en masses lenticulaires. Les filons Voskressensky s'étendent sur plus de 3 km. de long, au contact de la bérézite et du granite dynamo-métamorphisé; ils présentent la même disposition en lentilles avec des bifurcations, des veinules latérales et des étirements. En général, la disposition columnaire est très accusée.

Il faut ajouter que les phénomènes d'altération superficielle ont joué, dans ces gisements, un rôle analogue à celui qu'ils ont dans toute cette partie Est de l'Oural; et les modifications frappantes qui en sont résulté ont attiré l'attention au point de faire, comme en bien d'autres cas semblables, confondre le phénomène primitif avec le phénomène secondaire et regarder tout le gisement comme un produit de métamorphisme superficiel, commencé avec la longue période d'érosion continentale qui a suivi l'émersion de la chaîne hercynienne à partir du permien[1]. Ces altérations durent en moyenne jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur. Dans leur partie haute, les filons contiennent de l'or natif, avec des produits ferrugineux peroxydés.

En même temps, le granite encaissant s'est kaolinisé (d'où l'association du kaolin avec tant de minerais aurifères, argentifères, etc., qui a parfois fait croire à une réaction profonde); et le granite à mica blanc, ou sans mica, altéré, a pris l'aspect spécial auquel on donne, dans

[1] C'est la théorie de M. Vyssotsky, pour lequel les filons aurifères quartzeux sont dus à la kaolinisation du granite.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'Oural, le nom général de bérézite (substitution du quartz et de la muscovite au feldspath). Parmi les minéraux d'altération, il y a lieu de signaler les oxydes de manganèse et de cuivre, l'arséniodérite, les chloro-bromures d'argent, etc.

Industriellement, les exploitations filoniennes de Kotchkar n'ont commencé qu'en 1868. Auparavant, on avait travaillé uniquement, depuis 1844, sur les placers dérivés de ces filons, qui sont aujourd'hui à peu près épuisés.

Placers de l'Oural. — Les placers de Kotchkar ont présenté autrefois une association de l'or avec des gemmes de tous genres qui a contribué à les rendre célèbres : béryl, topaze rose, cyanite, améthyste, euclase, rubis, corindon. Cette association est manifestement due à ce que les mêmes cours d'eau, par lesquels les filons d'or ont été remaniés, ont traversé, dans le granite, des veines pegmatoïdes (peut-être au contact des calcaires), où s'étaient développés ces minéraux. Cela aide à comprendre comment ailleurs, dans le district de Nijni-Taguilsk, les mêmes alluvions peuvent être à la fois platinifères et aurifères, sans que l'or ait été emprunté pour cela aux mêmes gisements que le platine.

La plupart des placers suivent immédiatement les filons auxquels ils passent en profondeur. Ailleurs, un plus grand placer, qui occupe une large vallée plate, offre des zones riches disposées en bandes transversales suivant les affleurements des filons aurifères. C'est le phénomène que j'ai déjà eu l'occasion de signaler à propos du platine et qui, nous avons eu l'occasion de le répéter à maintes reprises, se produit très fréquemment pour les alluvions aurifères, où le transport a été généralement beaucoup plus restreint qu'on ne se le figure. Dans le placer principal de Kotchkar, on trouve, sous une dizaine de mètres d'argile stérile, 0 m. 50 à 1 m. 50 de gravier aurifère tenant, contre le bed-rock, 1 à 10 gr. d'or. Sur le calcaire, dont la surface corrodée a fourni des sortes de cuvettes naturelles, il s'est produit parfois de remarquables enrichissements.

Ailleurs, les dépôts aurifères à l'Est de l'Oural forment des masses stratifiées dont l'épaisseur, parfois très minime, peut atteindre 4 mètres et varie le plus habituellement entre 0 m. 50 et 1 m. Leur longueur, ordinairement de 20 à 40 m., atteint rarement 200 m. On en connaît pourtant, dans le district Bogoslovsk, qui ont 4 et 6 km. La largeur, parfois très petite (2 à 4 m.), est souvent de 20 à 40 m. Ce sont donc de très petites poches de sables aurifères, que l'on trouve d'ordinaire sous 1 à 4 m. de l'alluvion stérile, appelée tourbe même quand elle ne contient pas de tourbe en réalité. La couche riche est, comme dans tous les placers, à la base, sur le « bed-rock », appelée ici « plotik ». Quelquefois une seconde couche aurifère se retrouve un peu plus haut après une intercalation stérile. Ces placers existent, soit dans les vallées actuelles, soit dans d'anciennes vallées asséchées.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'or y est en fines parcelles, accumulé par points très irrégulièrement, parfois suivant une sorte de courant étroit qui correspond peut-être à la vitesse maxima du filet d'eau. La plus grosse pépite rencontrée a été extraite dans le placer Tzarévo-Alexandrovsky, district de Miass. Cet or est presque toujours accompagné de magnétite, avec oligiste, ilménite et chrome. Assez fréquemment on trouve, en outre, du platine et du grenat, parfois des gemmes, zircon, disthène, etc. On a même rencontré, dans ces conditions, du diamant; ce qui n'est pas aussi exceptionnel qu'on le croirait d'abord dans les alluvions aurifères [1].

Ces découvertes de diamants ont été faites aux placers de Krestovozdvichensk, sur la rivière Poloudenka, affluent de la Koïva, vers le 59e degré, à 8 ou 9 km. au Nord de la ligne qui, traversant l'Oural, descend sur Perm. Le lit des placers y est formé de dolomie noire, qui, vers l'Est, est remplacée par des quartzites et des schistes chloriteux.

La richesse des placers est parfois en relation avec le voisinage des schistes cristallins talqueux, chloriteux, etc., dans lesquels l'or a sans doute commencé par être englobé en interstratifications pyriteuses, suivant les conditions très habituelles des massifs anciens métamorphiques, que nous avons pu longuement étudier en Sibérie.

Leur âge est post-tertiaire, souvent très récent; on y trouve fréquemment des restes de mammouths, de rhinocéros, parfois des objets travaillés de main d'homme.

La presque totalité de ces placers sont sur le versant Est de l'Oural, très peu sur le versant Ouest, ou sur la ligne de partage.

4° **Sédiments manganésifères et cuprifères.**— Je me contente de signaler ici l'existence, dans l'Oural ou le long de l'Oural, de sédiments contenant, soit du manganèse, soit du cuivre.

Le dévonien inférieur, dit hercynien, de l'Oural renferme, au milieu de tufs accompagnant les porphyrites, des couches interstratifiées de jaspes manganésifères, qui sont des vases à radiolaires transformées et représentent donc des sédiments pélagiques et terrigènes de mer profonde, d'après Tchernychev [2].

Le permien des environs de Perm contient des grès cuprifères, exploi-

[1] Nous reviendrons sur cette question à propos de l'Inde, p. 705 à 709. Voir, pour les Diamants de l'Oural :

1830. Engelhardt. *Die Lagerstätte der Diamanten im Ural Gebirge.* — 1831. Gobbel. *Ueber das Vorkommen der Diamanten im Oural* (Schweiger Journ., t. LXI; Jahrb., t. I). — 1838. Parrot. *Notice sur les diamants de l'Oural* (Mém. Ac. I. des Sc. de Saint-Pétersbourg, 6e sér., t. I, p. 21. Saint-Pétersbourg, 1838). — 1870. *Diamants de l'Oural* (Materialen zur Mineralogie Russlands, Saint-Pétersbourg). — 1879. Chaper. *Sur quelques faits observés dans le massif de l'Oural* (B. S. G. F., t. VIII).

[2] J. Stuchov. *Gites de manganèse près de Marsjata, district de Bogoslowsk* (Bull Soc. nat. Moscou, en russe, I, 1899, p. 104-108); résumé dans *Neues Jahrb. f. Min.*, 1901, t. II, p. 406.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tés jusqu'à ces derniers temps, que l'on fondait à l'usine Motovilikha, en amont de la ville[1].

5° Gisements reliés aux roches acides. — Gemmes de l'Oural. — L'Oural contient un certain nombre de gisements minéralogiques qui sont célèbres, non seulement par leur intérêt scientifique, mais aussi par la valeur marchande des gemmes et des terres rares (monazite, etc.) que l'on en a retirées et qui rentrent donc dans les richesses minérales, dont nous faisons ici l'étude. Pratiquement, un grand nombre des pierres précieuses fournies par l'Oural provient, comme dans tous les pays où l'on exploite des gemmes, des alluvions, où la préparation mécanique naturelle a concentré ces matériaux durs. C'est ainsi que les alluvions aurifères se sont trouvées fournir beaucoup de minéraux précieux. J'ai déjà cité le cas de Kotchkar dans l'Oural méridional, où l'on a rencontré béryl, topaze rose, corindon, disthène, cyanite, euclase, etc. De même, dans l'Oural du Nord, vers le 59e degré, les sables de Sanarsk (50 km. E.-N.-E. de Troïtsk) contiennent euclase, rubis, saphir, topaze, disthène, zircon, rutile, etc. Il faut, dans un autre ordre d'idées, rappeler aussi les magnifiques pierres d'ornement qu'ont fournies les affleurements de certaines mines de cuivre, les malachites de Mednoroudiansk près Nijni-Taguilsk, celles du mont Blagodat, de Tourinsk, de Goumechevsk. Les gisements, dont il va être question ici, sont d'une autre nature : ce sont ceux où l'on trouve en place les silicates divers, dont quelques-uns ont été signalés tout à l'heure dans les alluvions.

Ces gisements se présentent sur toute la longueur de l'Oural. On en connaît, par exemple, près de Troïtsk, ou du côté d'Iékatérinenbourg. Mais les plus importants et les plus célèbres sont ceux des monts Ilmen, au Nord de Miass.

Tous peuvent se ramener à quelques types fondamentaux. C'est d'abord, dans la région de Miass, (*a*) la roche dite miassite, qui est une syénite néphélinique à biotite contenant souvent des minéraux rares, comme les roches du même genre en Norvège, et surtout (*b*) les pegmatites (topaze, zircon, béryl, etc.), ou les granites sodiques à microcline vert qui l'accompagnent. Ailleurs (Nord des monts Ilmen), on a (*c*) de véritables roches d'anorthose et de corindon, spécimen intéressant de différenciation où l'alumine s'est trouvée libre. Puis c'est (*d*) l'auréole des syénites et microsyénites qui, avec les minerais de fer et de cuivre

[1] *Congrès géol.* de 1897, XI, 2.

[2] *Gites métallif.*, I, 238, 247, 600, 603, 614. — 1877. Morchketov. *Matériaux pour l'étude de la structure géognostique du district minier de Zlatoust* (Journ. des Mines, III). — 1882. Melnikov. *Les Gisements de minéraux des monts Ilmen* (Journ. des Mines). — Guide du Congrès de 1897 : IV, A. Arzruni, *Die Mineralgruben bei Kussa und Miask*; V. A. Karpinsky, *Versant oriental de l'Oural*, p. 22, avec bibliographie et carte des gisements des monts Ilmen; VIII, *Gisements de minéraux d'Eugénie-Maximilianovna.* — Coll. Ec. d. Mines, n° 2546 (Zircon).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

déjà étudiés, renferme d'assez nombreux minéraux, dont le grenat est le principal avec le spinelle, la pérowskite, l'ilménite, etc. Nous allons préciser ces conditions en parcourant quelques-uns des principaux gisements.

a. Le *groupe des monts Ilmen* comprend environ 150 gisements exploités entre le lac Ilmen, qui est à 2 km. Nord-Est de Miass, et le lac de Miass, qui est environ 12 km. plus loin, dans la syénite néphélinique, ou surtout dans les roches qui en dérivent, formant des filons à travers le gneiss encaissant. Les premières découvertes furent faites au XVIIIe siècle par le cosaque Proutov, qui découvrit la première topaze. Les exploitations systématiques furent commencées vers 1824 à 1826 par le marchand de Lubeck Menge, puis continuées par le Gouvernement, qui y employa des ouvriers spécialement chargés de chercher les pierres colorées (Tzvetnyie Kamni), surtout le béryl, la tourmaline, la topaze, le zircon et le corindon.

La première catégorie de gisements est fournie par la syénite néphélinique même, ou miassite, dont les éléments constituants peuvent devenir très volumineux, jusqu'à 10 cm. de long. Un seul cristal de biotite pesait 62 kg. On observe, dans la miassite, la néphéline claire, grise ou verdâtre, la sodalite bleue, le zircon brun et l'ilménite (fer titané).

b. Recoupant le gneiss, les filons à microcline vert renferment dans leur masse, outre l'amazonite (microcline) parfois très recherchée, dont les cristaux peuvent atteindre 33 cm. (mine Lobarchov), de l'albite et du quartz. Certaines géodes contiennent l'amazonite cristallisée, l'albite, le cristal de roche, la topaze, le béryl, la phénacite, la tourmaline, la columbite, la samarskite, la monazite, le grenat et la cryolite. Les filons de syénite micacée, qui traversent également les gneiss, constituent de véritables mines de zircon, et de minéraux du niobium, du tantale, du thorium, etc... comme l'æschynite, la monazite : l'un ou l'autre de ces minéraux dominant suivant les points. Dans les filons de zircon, on trouve des cristaux volumineux, dont l'un a atteint 3.580 gr. La mine d'æschynite et de monazite, exploitée dès le XVIIIe siècle pour en extraire la muscovite, est la plus importante des exploitations dans ce groupe.

c. Ailleurs on a des filons composés de feldspath, de biotite et de corindon, ce dernier minéral remplaçant le mica des syénites normales. On y a trouvé, outre le corindon diaphane, de rares échantillons bleus de saphir.

Citons, comme source de béryl, les mines de topaze du N.-W. : Kostchev, Trubeiev, Lissenko sur le lac Ielantchik, où l'on trouve des cristaux verts d'émeraude avec d'autres bleus, surtout Lobatchev. Le corindon, ordinairement bleuâtre ou gris, a été trouvé en 1877 par Mouchkétov en cristaux bleus de saphir près de Séliankia. La cryolite a

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

été rencontrée en un point, avec un autre fluorure analogue, la chiolite, en nids dans le granite à microcline de la mine de topaze située au Sud-Ouest du lac Vshivoié dans des pegmatites normales ou des pegmatites à microcline. La topaze est très abondante, d'ordinaire en cristaux incolores ou jaunâtres, ayant souvent 1 à 2 cm. de diamètre. On en a rencontré qui pesaient 4 kg. ; des cristaux valaient de 3 à 8.000 fr.

d. A l'Ouest de Miass, entre Zlatoust et Koussinsk, sur le versant Ouest de la chaîne, des gisements d'un tout autre genre sont fréquemment au contact des diorites avec des calcaires dévoniens, dans les auréoles de métamorphisme où se présentent le fer et le cuivre, parfois en connexion avec eux. On signale surtout les deux zones du mont Chichimskaia avec grenat, ilménite, pérovskite, spinelle, titanite, diaspore, vésuviane rare, le mont Lipovaya ou Tchouvachskaia avec une mine de pérovskite, le mont Nazemskaia avec les mines Achmatovskaia (ilménite, magnétite, titanite, diopside, grenat, vésuviane), Nicolaié-Maximilianovskaia (spinelle, pérovskite, grenat, épidote, olivine, etc.).

Ce même type de gisements est celui du groupe Eugénie-Maximilianovna, découvert en 1894 à environ 16 km. d'Iékaterinenbourg (grenat, aigue-marine, épidote, axinite, titanite, microcline, etc., sans parler des raretés).

Au Nord d'Iékaterinenbourg, il existe diverses mines d'émeraude dans des filons de granulite ou de pegmatite traversant les schistes micacés : Chaitanka (72 km. Nord d'Iékaterinenbourg) avec des cristaux remarquablement grands d'émeraude accompagnés de phénakite ; Monézinka (100 km. N.-E. d'Iékaterinenbourg), avec émeraude, topaze, tourmaline et belle pegmatite hébraïque utilisée pour l'ornement.

Cryolite. La cryolite, qui est un minéral très rare, a été signalée dans l'Oural, près de Miass, associée avec de la topaze, de la fluorine, et un autre fluorure double d'aluminium et de silicium, la chiolite [1]. Cette cryolite peut être considérée ici comme l'indice d'une manifestation fluostannifère, qui était à prévoir dans une chaîne hercynienne, et sa présence doit être mise en évidence. On peut ajouter que, dans la série stannifère, la cryolite paraît correspondre à des parties spécialement élevées (ce qui serait d'accord avec l'âge, relativement récent, de la chaîne hercynienne ouralienne). Au Groenland, où se trouve le grand gisement de cryolite dans le monde, celui d'Evigtok, cette cryolite est associée : non seulement avec de la fluorine, de la cassitérite et du wolfram, mais aussi avec des sulfures métalliques, tels que la galène, et avec de la sidérose, qui résulte peut-être de l'altération de la pyrite. Elle est dans un voussoir ancien du globe, mais un voussoir qui a subi des cassures récentes, manifestées par les effondrements côtiers et par les axes volcaniques de l'Atlantique.

[1] *Gîtes métal.*, I, 600.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Graphite. Dans les monts Ilmen, Auerbach (1856) et Rose (1872) ont décrit, au milieu d'un granite pauvre en mica, des concrétions de graphite auxquelles MM. Vernadsky et Schkrewsky ont consacré une étude [1].

Selon ces savants, ce graphite, qui ne peut avoir une origine pseudomorphique, forme des concrétions centrées, sphéroïdales, à structure radiée, avec inclusions des minéraux ordinaires du granite (orthose, quartz, muscovite, biotite).

[1] *Bull. des Natur. de Moscou*, n° 3, 1900 (en russe, avec résumé français).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXV

MÉTALLOGÉNIE DU CAUCASE

La métallogénie du Caucase confirme l'idée générale que l'on peut se faire en étudiant, dans le même ordre d'idées, les autres chaînes récemment plissées, comme les Alpes, le Jura, les Pyrénées, etc. Tant qu'on reste dans la véritable chaîne de plissements récents, indépendamment des noyaux plus anciens que cette chaîne a pu s'incorporer, les minerais sont rares. Quand ils apparaissent, c'est souvent sous la forme de filons-couches ayant une tendance fâcheuse à s'éparpiller. Entre les deux formes qu'ont pu prendre les manifestations tectoniques, plissements et déplacements verticaux, les premiers impliquent évidemment d'une façon bien plus directe une compression et correspondent, en outre, à une zone de l'écorce plus élevée, plus superficielle : double raison pour être plus pauvres en métaux. Sans doute, quand on se hasarde à de semblables réflexions générales, il faut tenir compte des conditions industrielles qui rendent plus difficile l'exploitation des minerais situés à de fortes altitudes, surtout dans des chaînes peu explorées comme le Caucase et qui peuvent contribuer à les faire paraître rares. Néanmoins la remarque semble à retenir, et nous en trouverons l'application dans l'Himalaya, aussi bien que dans le chapitre présent. Elle apparaît avec une netteté spéciale quand on envisage une zone simplement plissée, sans intervention de roches éruptives ni retour à la surface de noyaux anciens disloqués : zone dont le Jura français fournit le meilleur type et dont le Daghestan nous donnera ici un certain équivalent.

Il suffit de reporter, sur une carte géologique du Caucase telle que la figure 54, les principaux gisements métallifères connus, pour voir le rôle joué dans la métallogénie de cette chaîne : d'un côté, par les dislocations de la zone cristalline et paléozoïque (ζ, P), qui constitue, suivant la crête, un noyau ancien, où la plupart des filons du Caucase proprement dit, anciens ou récents, sont concentrés; de l'autre, par des roches demi profondes du groupe des diabases, mélaphyres, andésites quartzifères, etc., qui ont été accompagnées par de très importantes manifestations cuprifères, formant la principale richesse métallique de l'Anti-Caucase. Nous citerons, en outre, quelques rares filons dans les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sédiments secondaires plissés, mais seulement pour montrer la possibilité théorique d'un phénomène qui n'a donné lieu à aucun gisement important.

4° **Zone cristalline et paléozoïque.** — A cette zone appartiennent, comme nous venons de l'annoncer, la plus grande partie des gisements filoniens, situés dans le Caucase proprement dit; et il est probable que, si la haute chaîne d'un accès difficile était mieux connue, si l'organisation d'une industrie minière n'y était pas rendue impossible par tant de raisons signalées précédemment, on aurait à en citer beaucoup d'autres.

Ces gisements sont composés d'un remplissage complexe, dans lequel dominent, tantôt l'un, tantôt l'autre, des sulfures de plomb, zinc, fer et cuivre, généralement associés ensemble. Le zinc a été peu signalé : faute de terrains calcaires, il est resté sous la forme de blende et ses gisements de faibles dimensions n'ont pas dû attirer l'attention. La pyrite de fer a été reconnue, là où l'altération l'a transformée en hématite, formant des amas un peu volumineux. C'est à cette origine qu'il

[1] *Métallogénie générale du Caucase.* — Voir plus haut, p. 74 à 78, p. 235 à 269 et 296 à 301. Nous rappelons que les gisements de manganèse et de pétrole ont été déjà étudiés p. 265 et 448. — *Gites métallifères*, t. II, p. 17 à 22, Manganèse de la Kvirila; t. II, p. 90 : Cobalt du Dachkessan, près Elisabetpol; t. II, p. 345 à 348 : Cuivre de Kédabek, Akhtala, etc.; t. II, p. 707 : Mercure du Daghestan (avec bibliographies antérieures). — 1872. Tchasilcheff. *Sur les mines de Sadon* (*Allagir*), Tiflis, (en russe). — 1875. Triskovski. *Sur les découvertes d'or et d'argent faites dans le Caucase et description des mines de Dambloud*, Tiflis (en russe). — 1885. P. Hagemans. *Les mines métalliques de la Ciscaucasie et de la Transcaucasie*, Paris. — 1887. W. Möller. *Sur les mines du Caucase et de la Transcaucasie* (en russe), Tiflis. — 1888. De Morgan. *Conférence sur les mines d'Akthala.* — 1889. Möller. *Minéraux utiles et eaux minérales du Caucase* (Journ. des Mines, t. IV, n° 298) (en russe), avec supplément en 1890. — 1890. A. Konchin. *Minerais de cuivre du Zangesur* (en russe) (Mat. de la Géol. du Caucase, 2e sér., t. IV, p. 109-244, Tiflis). — 1891. A. Ernst. *Geognost. und bergbaul. Skizzen über die Kaukasusländer*, Hanover. — 1892. Leproux. *Note sur les principaux gisements minéraux de la région du Caucase* (Ann. d. Mines, 9e sér., t. II, p. 491 à 540 et 1 pl.). — 1892. Weiss. *Note sur la métallurgie du cuivre en Russie* (Ann. d. Mines, 9e sér., t. II, p. 285 à 317). — 1893. Chaper. *Sur un gite cuivreux volcanique du Caucase méridional* (B. S. G. F., 3e, t. XXI, p. 101). — 1893. Cyszkowski. *Sur les mines d'Akthala*, 44 p., in-4°, Chaix. — 1894. Kondratieff. *Das Erzgebiet von Karatschai im nördlichen Kaukasus* (Z. f. p. G. 369). — 1896. Davidoff. *Industrie du cuivre en Transcaucasie* (Journ. russe des Mines, n° 9, p. 348-65) (en russe). — 1896. Lissovsky. *Transcaucasie* (en russe) (Mém. de la Sec. Caucas. de la Soc. Géog. russe, t. XX, p. 1-232. Saint-Pétersbourg). — 1897. P. Krusch. *Nützbaren Lagerstätten Russlands* (Z. f. p. G., p. 272). — 1898. Macco. *Excursion nach dem Kaukasus und der Krim* (Z. f. p. G., 196 à 206). — 1899. Krusch. *Ueber neuere Aufschlusse in den nordkaukasischen Blei-Zinkerzlagerstätten* (Z. f. p. G., p. 47). — 1899. Kumakov. *Industrie du sel en Transcaucasie* (en russe) (Tiflisski Listok, n° 10, Tiflis). — 1900. Möller et Denisoff. *Nutzbare Mineralien und Mineralwässer des Kaukasus.* Saint-Pétersbourg, 596 p.). — 1900. Strigeoff. *Gisements de Dounta et Nogue Kaou* (Caucase du Nord) (Echo des mines, 22 p.). — 1902. *Soufre du Daghestan* (Z. f. p. G., p. 288). — 1902. Von Raczkowski. *Gänge der Bleierzformation im Kaukasus* (Berg ü. Hüttenm. Z., p. 253). — 1902. *Die Kupfererze der Sänikgruben im Gouvern. Elisabetpol, Transkaukasien* (Z. f. p. G., 1902, 88). — 1902. *Ind. du cuivre en Transcaucasie* (Z. f. p. G., p. 170). — 1904. P. Nicou. *Le cuivre en Transcaucasie* (Ann. d. Mines, 10e série, t. VI, p. 5 à 55. — Voir, en outre, les bibliographies du manganèse, p. 265, de la houille, p. 264, etc., et celle de la géologie du Caucase, p. 256.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

faut sans doute attribuer la plupart des gisements ferrugineux caucasiens.

Certains de ces filons, dont l'âge tertiaire apparait ainsi, se prolongent dans les calcaires crétacés et peuvent alors donner lieu aux phénomènes d'imprégnation, avec stades d'altération successifs sous la forme de sidérose, puis d'hématite, qui constituent la forme ordinaire des gisements pyrénéens. Comme, faute de combustibles, aucun de ces gisements n'a encore été exploité, leur reconnaissance demeure fort incomplète et nous devons nous contenter, à leur sujet, d'indications très sommaires. L'or, initialement renfermé dans les pyrites de fer et de cuivre, s'est parfois isolé et l'on connaît son existence en place dans quelques filons. Tous ces caractères ressemblent beaucoup à ceux que l'on peut observer dans les chaînes tectoniquement analogues, par exemple dans les Pyrénées.

On peut remarquer, comme dans cette chaîne, l'absence presque complète du mercure. On n'en a signalé des traces qu'aux deux extrémités de la chaîne, dans les plissements des terrains crétacés (type algérien), d'un côté, près de Maïkop, dans le Kouban, à 300 m. d'altitude; de l'autre, dans le Daghestan, à Kourouch, district de Samour. La zone paléozoïque représente généralement une partie trop profonde des plissements pour que ce métal ait pu s'y déposer en quantités appréciables. Cependant sa présence n'aurait rien d'anormal sur quelqu'une des dislocations à manifestations éruptives tertiaires qui ont brisé la chaîne.

Inversement, le métal qui forme, dans la série des métaux, le type de profondeur opposé au mercure superficiel, l'étain, aurait pu se trouver dans les massifs de granite à mica blanc qui, sans être nombreux comme dans les chaînes hercyniennes, ont été sans doute mis à nu en quelques points; on ne l'a pas non plus signalé, si ce n'est en deux ou trois points de l'Arménie, et, pour poursuivre la comparaison précédente, il est à remarquer qu'il manque également dans les Pyrénées.

Si nous parcourons maintenant la chaîne de l'Ouest à l'Est, voici ce que nous observons :

A l'Ouest de l'Elbrouz, sur le versant Nord (fig. 53), il existe, sur la vallée du Kouban qui descend à *Batalpachinsk*, divers filons de galène et de blende, dont l'un a été exploité près de Karamoursina. L'un d'eux est encaissé dans le gneiss granitique et formé de quartz avec galène; un autre, également de galène, est dans un escarpement de granite, recouvert par des schistes jurassiques. D'autres filons, où la blende domine, sont injectés dans les schistes talqueux (Khot-éli). Les dimensions que l'on donne pour ces filons montrent, indépendamment des difficultés d'exploitation, une grande pauvreté.

Dans la même région Ouest, sur le flanc Sud, on connaît au N.-W. de *Soukhoum-Kalé*, quelques filons renfermant de la galène et parfois de l'hématite avec des dimensions plus volumineuses. Sur les bords de la rivière Bzibi, dans les escarpements formés, au-dessus de la rivière, par

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la montagne Dzichra-Abakou, on voit plusieurs amas de quartz avec galène, dont l'un a 30 m. sur 100. Et, de l'autre côté de la montagne, on retrouve des amas analogues. Ces gisements seraient à rapprocher de ceux de Pierrefitte dans les Pyrénées. Comme ceux-ci, ils doivent se

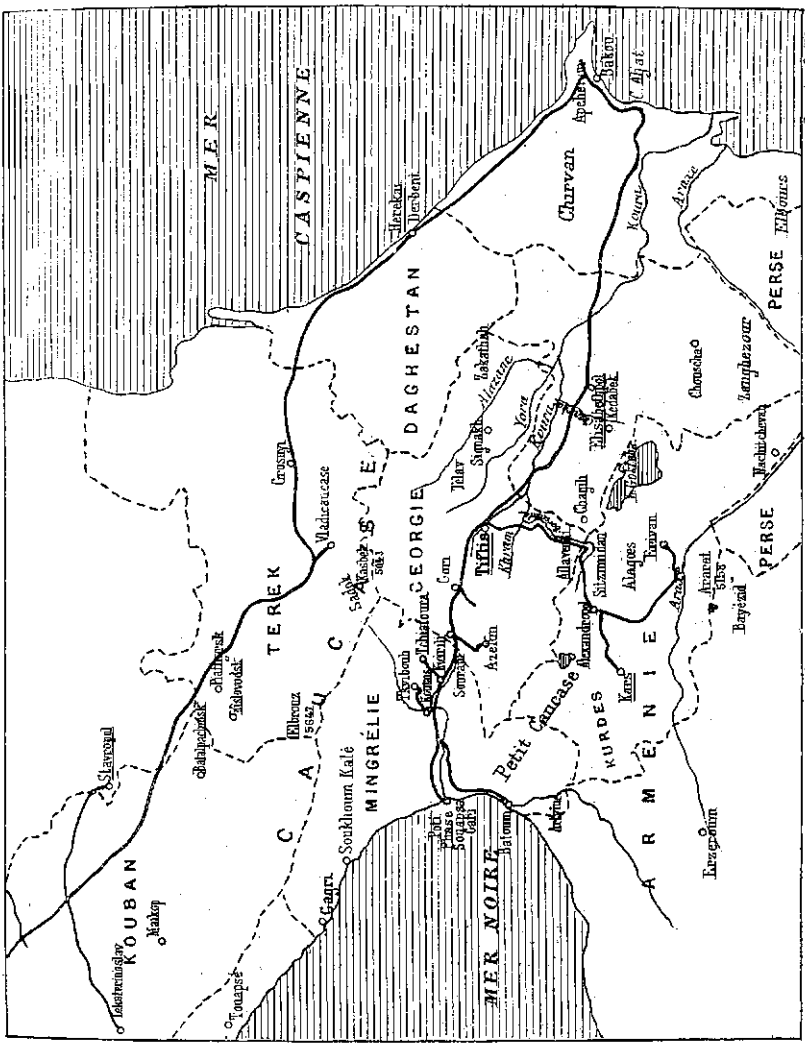


Fig. 53. — Carte des gîtes miniers du Caucase. (Échelle au 1 : 7.400.000.)

présenter sous la forme de filons-couches formant des renflements dans les schistes de la série ancienne. Ces mêmes schistes foncés, peut-être dévoniens, contiennent un grand amas d'hématite.

Si nous passons à l'Est de l'Elbrouz (fig. 54), nous trouvons, dans le bassin de la rivière *Baksan*, quelques filons de galène (Pb) et, vers la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

partie haute, près de l'Irik, un filon de stibine (Sb). Les filons de la rivière Tizil-sou, contenant pyrites de fer et de cuivre, galène et blende avec quartz, recoupent le granite.

Au Sud de la crête, on a, environ sur le même méridien, un groupe de filons de stibine (Sb) et de filons aurifères (Or), qui paraît présenter quelque intérêt.

C'est dans la région du gouvernement de Koutais que l'on appelle les *monts de Squanétie*. On sait peu de chose sur la disposition des filons de stibine, à gangue quartzeuse comme toujours, dont l'un est près d'un affluent de l'Ingour, la Lavrila, et l'autre près du mont Netkhou. On est mieux renseigné sur les filons d'or qui se présentent sous forme de veines quartzeuses ramifiées dans les schistes argileux paléozoïques. Ces filons contiennent des pyrites de fer et de cuivre, d'où provient l'or, et, en même temps, un peu de galène. Sur les affleurements, qui sont seuls connus, l'or s'est concentré en veines, filaments et poches dans le quartz. Un de ces filons a été reconnu près de Kall, entre l'Ingour et le Djangi-taou. On en signale d'autres dans le bassin de l'Ingour, dont les sables sont parfois légèrement aurifères. Aucun de ces gisements n'a, d'ailleurs, mérité d'être exploité, au moins dans les temps modernes, et il est peu probable qu'ils aient beaucoup contribué à la production d'or de ce district dans l'antiquité.

Plus près de Vladicaucase, nous trouvons, toujours sur la même zone paléozoïque, au Nord de la crête, le seul groupe plombifère du Caucase, qui ait donné lieu à une petite exploitation : celui du bassin de la rivière *Sadone*. On a là, dans des roches cristallines (granite, protogine, schistes, etc.), des filons quartzeux concrétionnés, renfermant de la galène argentifère, de la blende, de la pyrite de fer un peu argentifère, un peu de pyrite magnétique, de faibles quantités de chalcopyrite, et parfois de la calcite ou de la barytine. Tout ce système constitue un véritable champ de fractures à remplissage sulfuré complexe, analogue à ceux qui se sont souvent produits dans les massifs cristallins au voisinage des chaînes plissées tertiaires, ou même dans les noyaux cristallins enveloppés par les plissements de ces chaînes. Par exemple, le filon de la montagne Osseti, situé à 1.000 m. d'altitude, donne des minerais industriels à 6,7 p. 100 de plomb, 0,06 p. 100 de cuivre et 0,2 d'argent. Sur la rivière Ardone, dont la Sadone est un affluent, on a diverses veinules, dont l'épaisseur ne dépasse guère, sauf dans des renflements locaux, 5 à 6 cm.[1]. Certains filons, à Kholst, sont souvent blendeux, etc.

A l'Est de la Sadone et presque directement au Sud de Vladicaucase, mais toujours dans la zone paléozoïque, des filons de galène et de chalcopyrite existent à *Saniba*, un peu à l'Ouest de la montée du Dariel.

[1] Congrès, XXVIII, p. 7.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sur le versant Sud, presque symétriquement aux filons de Sadone, se

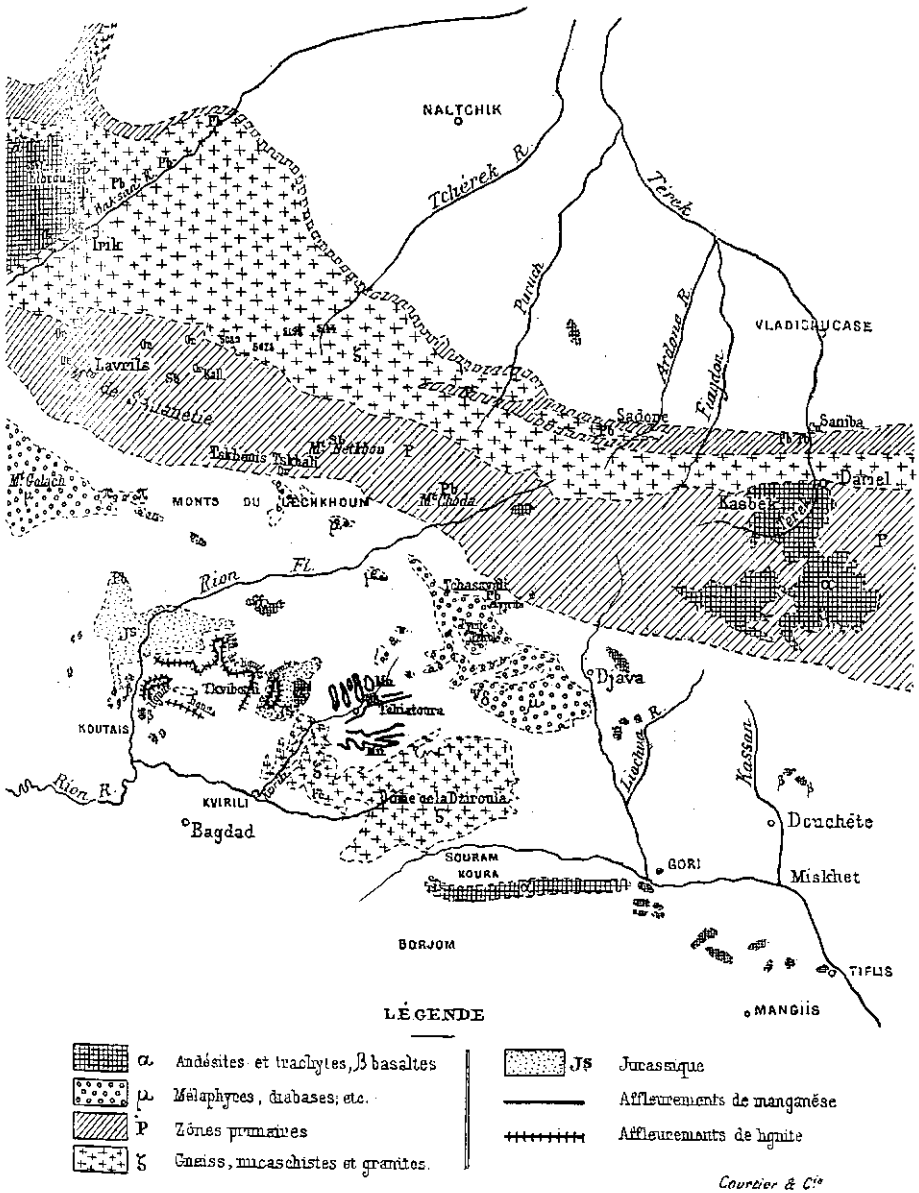


Fig. 54. — Carte géologique et minière du Caucase central. On a mis en évidence les zones granitiques et paléozoïques, ainsi que les zones de mélaphyres et les roches éruptives récentes. Le tertiaire a été laissé en blanc. (Echelle au 1 : 1.850.000.)

présentent les filons, plus pauvres, de *Tchasavali*, encaissés dans les schistes du lias (galène, pyrite et oxydation en hématite).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Plus loin encore, vers l'Est, on arrive au groupe de filons situés au N.-E. de *Tiflis*. La galène du district de Samour est sans importance, ainsi que celle du Tiounet.

Enfin la zone paléozoïque du Caucase contient, dans sa région Est, formant ce qu'on appelle la *Kakhétie*, une série de gisements cuprifères récemment reconnus. A Télav, les schistes anciens renferment des filons-couches atteignant 5 ou 6 m. de large, mais d'ordinaire ne dépassant pas 1,50 m. où, dans un remplissage quartzeux, dominent les pyrites de fer et cuivre, avec des sulfures de nickel et cobalt et un peu de molybdénite.

2° Filons de la zone plissée secondaire. — Les gisements intercalés dans les terrains plissés secondaires ou tertiaires sont, nous l'avons dit, fort rares. On cite, au Sud de Grosny (province de Térek), un filon de galène dans des grès jurassiques; un autre dans le gouvernement de Koutais, recoupant le Kimeridgien.

Comme minerais de fer dans la zone plissée secondaire, on signale : dans la province du Térek, à 2 km. de Védéno, sur la Choumok, un certain nombre d'amas irréguliers d'hématite encaissés dans des schistes et grès tertiaires; près d'Artvin, au Sud de Batoum, de l'hématite dans du calcaire sénonien.

3° Minerais de cuivre, fer, etc. en relation avec des diabases, porphyrites, etc. — La relation d'origine entre les minerais et les roches ignées est, on le sait, un des points fondamentaux de notre théorie métallogénique. Mais cette relation prend, suivant les cas, des caractères différents. Par exemple, le rapprochement est d'ordinaire immédiat et incontestable entre la cassitérite et les granites à mica blanc, entre l'antimoine et les granulites à tendance porphyroïde, entre le platine ou le fer chromé et les péridotites, etc. Ailleurs, la part d'hypothèse est beaucoup plus forte, comme c'est très généralement le cas quand les sulfures de plomb et de zinc dominent dans le remplissage. Le cuivre présente des conditions intermédiaires, que la région caucasique fournit une excellente occasion d'étudier. Parfois les gisements cuivreux y forment de simples veines irrégulières, des amas en chapelets dans une série de roches de la famille des porphyrites, mélaphyres, etc. Dans d'autres cas, on a, sur le contact d'une syénite ou diorite avec un calcaire, des formations grenatifères renfermant un mélange caractéristique de sulfures divers avec la magnétite (type Banat). Ou encore, les gisements prennent beaucoup plus l'allure filonienne, et leur valeur industrielle s'accroît avec leur constance plus grande; dans ce cas, les roches encaissantes sont déjà souvent des roches d'épanchement, ou tout au moins d'intrusion quasi superficielle. Souvent enfin, les minerais disséminés dans une gangue

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quartzeuse affectent, au milieu des sédiments, l'allure de filons-couches. Nous allons commencer par décrire quelques-uns de ces gisements où domine la magnétite; puis nous passerons aux amas filoniens à sulfures complexes.

A *Nadarbazev*, sur le bord de la mer Noire, au Nord de Batoum, la destruction de roches basiques donne des sables de magnétite sur le rivage et l'on retrouve une formation analogue contenant, avec la magnétite, du fer chromé, à *Lenkoran*, sur les bords de la Caspienne.

Au N.-W. du lac *Gokcha*, entre Erivan et Elisabethpol, on trouve, en relation avec des roches éruptives du groupe des diabases ophitiques, mélaphyres, et porphyrites, etc., un certain nombre de gisements de fer, sous la forme, ou d'oligiste cristallisé, ou de magnétite.

On cite, par exemple, à 6 km. N.-E. de l'usine de Tchatakh, entre Tiflis et Alexandropol, un porphyre dioritique renfermant, en proportion irrégulière, des paillettes, ou même des rognons d'oligiste. Une roche analogue se trouve sur la rive gauche de la rivière Lebed, présentant, avec l'oligiste, un peu de pyrite.

Ces gisements, en rapport direct avec des roches éruptives, passent à des formations de contact, du type Banat, entre des roches cristallines et des calcaires, qui contiennent quelquefois du cuivre ou du cobalt. Tel est le cas pour le gisement de *Dachkessan* au voisinage de la grande mine de cuivre de Kédabek. On trouve là, sous une nappe de diabase sombre, très riche en oxyde de fer, une formation grenatifère avec pyrite de cuivre et cobaltine, dont on extrait un minerai à 17 p. 100 de cobalt, avec 0,25 p. 100 de nickel et 32 p. 100 d'arsenic, qui est traité pour cobalt dans les usines Siemens. On en extrayait en 1889, 13.000 kg. de minerai à 17 p. 100, plus 3 000 kg de matte cobaltifère.

4° Amas et filons cuivreux associés aux roches éruptives tertiaires. — Quand, dépassant le Caucase vers le Sud, on entre, avec le petit Caucase, dans la zone des grandes éruptions secondaires et tertiaires qui se continuent en Arménie, on trouve toute une très intéressante région cuprifère, dont les minerais, à la régularité près, ne sont pas sans analogie avec ceux de certaines riches régions des États-Unis, comme le Montana[1]. En relation avec des roches cristallines diverses, dont l'âge semble généralement jurassique ou crétacé, on observe des venues siliceuses contenant des amas de sulfures divers, qui se sont rarement beaucoup éloignées de la roche mère et qui, tantôt ont incrusté ses propres fissures, ou des brèches à son contact, tantôt se sont ramifiées en stockwerks dans les terrains immédiatement encaissants. Les grands filons si réguliers qui, dans un groupe métallogénique analogue, ont fait la fortune du Montana, ne semblent pas exister ici ; mais on a plu-

[1] Nous en reparlerons plus loin, à l'occasion de l'Arménie, p. 647 à 651.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tôt des chapelets d'amas atteignant, dans les cas les plus favorables, comme celui de Kédabek, des dimensions de 200 m. en longueur, sur une largeur de 50 m. On peut remarquer, comme analogie avec l'Ouest-Américain, la fréquence de l'or et de l'argent dans les chalcopyrites. D'autre part, l'association assez fréquente de la molybdénite établit un rapprochement avec tout un groupe de minerais cupro-aurifères, en général reliés à des granulites, ou à leurs équivalents plus superficiels dans les séries éruptives secondaires. On observera, dans cet ordre d'idées, que la roche quartzeuse, où sont englobés, comme nous allons le voir, les principaux amas de Kédabek, contient du feldspath et des cristaux de topaze, de tourmaline, etc.

Ces minerais, situés dans un pays montagneux et accidenté, ont, d'ailleurs, généralement subi une altération d'origine superficielle, qui les a, jusqu'à une profondeur notable, amenés, soit à la forme des minerais de cémentation, comprenant chalcosine, phillipsite, cuivre natif, etc., soit à la forme oxydée plus haute (cuivre oxydé noir, malachite, azurite, etc.), et ce groupe de minerais altérés se présente accompagné de gypses remarquablement fréquents, qui semblent dus à une double réaction des sulfates métalliques sur les carbonates de chaux des terrains encaissants (calcaires ou grès calcarifères), en même temps que des argiles, kaolins et oxydes de fer, tiennent à une altération pure et simple des feldspaths ou des pyrites. Ces types altérés ont souvent eu un rôle industriel prédominant.

Géographiquement, on peut distinguer trois groupes métallifères principaux en relation avec trois zones principales, figurées sur notre planche VI, de ces roches demi profondes, intrusives et microgrenues, qui, dans leurs stades d'ascension et de fluidité successifs, forment, de bas en haut, la famille pétrographique des microgranulites (porphyres quartzifères, ou quartz-porphyres), puis celle des diabases (prenant souvent la structure ophitique), enfin celle des porphyrites, dans lesquelles la structure devient nettement microlithique (types andésitiques primaires) ou des andésites proprement dites.

Remarquons de suite que les grands amas cuprifères de la province d'Huelva présentent tout au moins un rapprochement géographique (qui a bien des chances pour être, en outre, un rapprochement métallogénique) avec une famille de roches analogues d'âge carbonifère. Dans l'Ouest-Américain, on observe la relation, encore plus directe, des minerais cuivreux comparables avec des venues d'âge crétacé et paléogène. Dans l'Amérique du Sud, il en est souvent de même. Enfin, nous retrouverons quelque chose de semblable au Japon. Nous sommes donc en droit de rattacher ces venues cuprifères avec la mise en place de magmas rocheux acides,[1] ayant cristallisé à une distance de la sur-

[1] On n'a longtemps admis que des ségrégations de roches basiques. Il semble bien

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

face assez faible, sans cependant avoir atteint la superficie ; en sorte que ces formations dominent dans le voisinage de chaînes plissées appartenant à la série qui s'est continuée pendant le tertiaire, mais d'ordinaire à la partie la plus ancienne de ces chaînes : celle qui, étant d'âge crétacé ou même jurassique, a eu le temps d'être entamée par l'érosion jusqu'à une profondeur plus grande.

Les trois groupes métallifères que nous allons décrire successivement sont, de l'Ouest à l'Est : 1° celui au S.E. de Batoum entre Batoum et Kars (Artvin, Dzanzoul) ; 2° celui, tout autrement important, qui est au Sud de Tiflis entre Tiflis et Érivan et qui s'étend de là fort loin vers le S.E., parallèlement à la Koura, avec les mines d'Allah-Verdi, Tchamlouk, Karavan-Sérai, Délidjan, Kédabek, etc...); enfin, 3° le groupe de Zanghezour [1].

On peut rappeler en outre, comme nous l'avons dit plus haut à propos du fer [2], que, le long de roches analogues, il existe, sur le versant Sud du Caucase proprement dit, une série de gisements de contact type Banat, sans grande valeur pratique, dont quelques-uns se sont trouvés déjà signalés, tels que les magnétites au N.W. de Soukhoum-Kalé, et dont d'autres, tels que le groupe avec galène de Zakatali, Signakh et Télav, seront l'objet d'une brève description.

1° *Groupe de Batoum.* — Le gouvernement de Batoum n'appartient à la Russie que depuis le traité de Berlin de 1878 et l'on y a fait peu de tentatives minières ; seules l'usine d'*Ergha* et l'affaire anglaise de *Dzanzoul* (Artvin et Trial) ont été de premiers essais sans grand succès. Le pays est impraticable et l'on ne paraît pas devoir songer avant longtemps à le rendre accessible. Cependant une zone métallifère, qui se prolonge en Arménie, paraît y être très riche, et le voisinage relatif de la mer peut, un jour ou l'autre, faciliter l'exportation des produits, en même temps que l'arrivée aux usines des résidus de pétrole, obtenus, dès à présent, à bon compte à Batoum.

Autour d'*Artvin*, on rencontre des dykes et masses de microgranulite, passant à des porphyres diabasiques, qui recoupent, en les métamorphisant, des grès crétacés. De nombreux filons quartzeux traversent l'un et l'autre système de roches et contiennent un mélange irrégulier de divers sulfures, parmi lesquels dominent le cuivre et le fer, avec un peu de plomb, et, plus rarement, de zinc.

Ainsi le gisement de *Khot-éli* contient, au contact de deux porphyres

certain maintenant que des phénomènes analogues se sont produits avec des roches acides : phénomènes dont la formation des magnétites genre Kirunuvara-Blagodat n'est pas le moins curieux. Voir plus haut, p. 494, 502, 523, 553, 557, etc.

[1] Voir, pour ces gisements, outre la carte générale du Caucase, fig. 53, la carte de l'Arménie, planche IX, la description géologique de l'Arménie, p. 296 à 300 et la métallogénie de la même région, p. 647 à 651.

[2] Pages 586 et 587.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

un peu différents, l'un quartzifère, l'autre diabasique, deux veines de 0,35 m. 0,45 m. d'épaisseur avec blende et pyrites. Un filon voisin est riche en cuivre et présente, sur ses salbandes, des feuilles de cuivre natif. A *Badzghiret*, une veine, contenant pyrite de cuivre, blende et galène, large de 0,10 m., traverse les grès, etc. Au voisinage d'Artvin, on connaît, en outre, des amas d'hématite rouge (pyrite altérée) dans des calcaires sénoniens...

2° *Groupe de Tiflis à Érivan.* — a) *Allah-Verdi.* — En partant de l'Ouest, on trouve d'abord, dans cette seconde zone, l'ensemble caractérisé par Allah-Verdi, accessoirement par Akthala et Tchamlouk, qui,

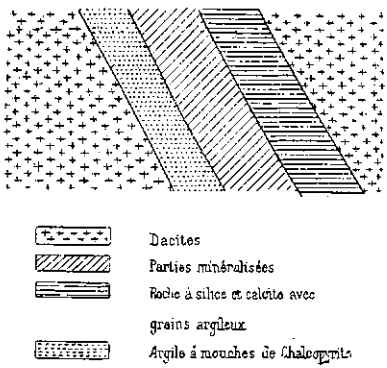


Fig. 55. — Coupe à Akthala, d'après M. Nicou.

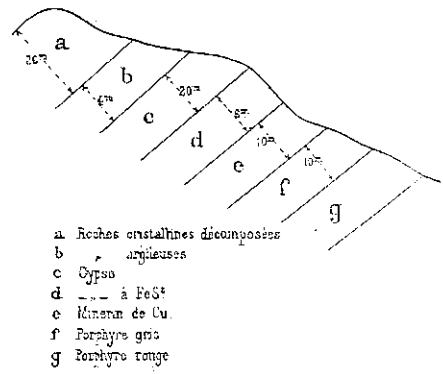


Fig. 56. — Coupe à Tchamlouk, d'après M. Nicou.

après de longues vicissitudes, a repris aujourd'hui une importance industrielle croissante, grâce notamment à l'ouverture de la ligne stratégique joignant Tiflis à Kars et Érivan.

Si on laisse de côté certaines descriptions fantaisistes, datant d'une époque où on se représentait volontiers des torrents de silice hydrothermale coulant sur une superficie dont on oubliait l'érosion, il est permis de dire qu'il y a, à *Akthala* (fig. 55), au milieu d'andésites quartzifères (dacites), riches en amphibole et en pyroxène, des zones d'incrustation quartzeuses, formant amas filoniens, où sont épars des sulfures divers, chalcopyrite, phillipsite, pyrite de fer, galène argentifère et aurifère. Ces amas donnent l'impression d'être intercalés entre deux coulées. S'il en est ainsi, on devrait seulement en conclure une analogie avec les conditions qui se présentent pour beaucoup d'autres amas filoniens formant filons-couches entre deux roches ou deux strates sédimentaires, souvent au contact de porphyres quartzifères. Il suffira de citer, à cet égard, presque au hasard : les gisements de Pierrefitte ou des environs d'Argelès, dans les Hautes-Pyrénées, formant des couches analogues, parfois presque horizontales, entre deux terrains

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sédimentaires ou au contact d'une microgranulite; la fameuse couche dite des silicates dans la région de Carthagène, qui est un filon-couche de quartz avec sulfures de plomb et oxydes de fer ; ou encore les gîtes si célèbres de Leadville au Colorado, qui ont pris une allure spéciale en suivant le contact de la microgranulite avec un calcaire.

A Akthala, les dacites du toit ont été recouvertes par une coulée de basalte postérieure. On a cru remarquer, au toit du gîte, une première zone ne contenant que peu de sulfures (des pyrites), puis une zone centrale à sulfures divers, enfin une zone inférieure surtout plombeuse. Il est peu probable que ces observations restent exactes sur de grandes longueurs. Ultérieurement, des phénomènes d'altération, transformant ce gisement dont l'altitude est déjà forte, ont développé des argiles et du gypse le long du mur. A Akthala, le minerai, qui fut célèbre pour sa richesse en argent, est aujourd'hui cuprifère avec beaucoup de zinc et de plomb.

Le gisement de *Tchamlouk* (fig. 56) est également formé d'une dizaine de poches ayant quelque 10 m. de long sur 5 m. d'épaisseur, qui s'alignent suivant une même direction W.N.W. La galène est peu fréquente. La barytine apparaît fréquemment. Les altérations ont développé là, par endroits, de véritables bancs de gypse, dont la production s'explique par l'existence (notamment au mur) de grès calcaires jurassiques.

Enfin, à *Allah-Verdi*, qui a donné la principale production dans la reprise actuelle, on a encore une série d'amas en chapelets de direction N.N.W. et de pendage W.S.W., avec des ramifications peu importantes dans la roche encaissante. La poche principale a une longueur de 150 à 200 m., une largeur maxima de 40 m., avec une épaisseur moyenne de

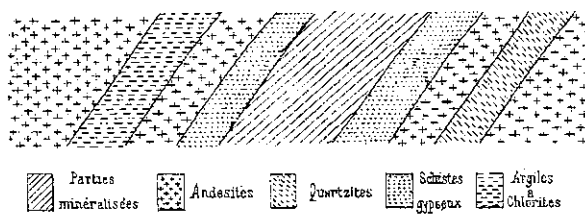


Fig. 57. — Coupe à Allah-Verdi, d'après M. Nicou.

12 m. pouvant atteindre 30 m. ou descendre à 2 m. Ces amas quartzeux, avec sulfures métalliques disséminés, reposent au mur sur une sorte de schiste argileux et gypseux, accompagné d'une épaisse formation de brèche qui, d'après les descriptions, pourrait faire penser à la base d'une nappe de charriage. On trouve ensuite, des deux parts, des andésites quartzifères très altérées. Les minerais sont accompagnés de gypse et souvent d'argiles à chlorite (produit d'altération de quelque roche amphibolique). Le minerai lui-même est en grande partie oxydé, surtout au mur. Le sulfure dominant industriellement est le cuivre ; il est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

accompagné de plomb et de zinc. Les minerais triés arrivent à tenir environ 3,5 p. 100 de cuivre.

b) *Chagali-Héliar, Sitzimadan, Délidjan, etc.* — Le groupe de Chagali-Héliar, encore peu exploité, mais que la ligne de Tiflis à Alexandropol, a rendu un peu plus accessible, est situé à l'Est d'Allah-Verdi, dans la vallée supérieure de la Bortchala, près du point de rencontre des limites des trois gouvernements de Tiflis, d'Érivan et d'Élisabethpol. Vers 1902, on a commencé des recherches au Mont Héliar, où l'on a reconnu une venue quartzeuse à sulfures disséminés, avec quelques fractures d'enrichissement, qui, ayant été altérées par les eaux de surface, renferment le cuivre sous la forme de covelline et cuivre natif, ce dernier en filaments associés avec de la chalcopyrite. Tous ces minerais ont, par leur constitution même, le tort d'être ordinairement trop siliceux et trop peu sulfurés pour permettre une fusion directe après grillage ou un pyritic smelting.

On peut rattacher à ce même ensemble cuprifère beaucoup d'autres filons mal connus. Citons seulement celui de *Novo-Bayazet*, près de l'usine de Miskhan, où, dans la syénite, une veine quartzeuse, avec calcédoine, contient des pyrites de cuivre et de fer associées à la molybdénite, comme les gisements que nous allons décrire dans le Zanghezour, ou encore le filon de l'usine de *Sitzimadan*, près de la route de Tiflis à Alexandropol, situé au contact d'une diabase et d'un calcaire dans une gangue de chlorite attribuable à l'altération de la roche et accompagnée de gypse.

c. *Kédabek.* — Nous avons déjà dit[1] quel a été le rôle joué par cette mine dans l'histoire moderne de l'industrie cuprifère au Caucase. C'est la première, dont l'exploitation ait pu vivre et la production atteindre un chiffre relativement élevé. On a là (fig. 58) des amas filoniens en chapelets dans une microgranulite (porphyre quartzifère) considérée comme d'âge jurassique, sous des coulées d'andésite et parfois au contact d'une diorite. La venue métallifère semble présenter une sorte de solidarité avec les microgranulites; les amas sont, d'ailleurs, recoupés par des veines d'andésite. On connaît aujourd'hui 17 de ces amas minéralisés, dont les dimensions atteignent de 100 à 250 m. de long, avec des largeurs et des hauteurs de 2 à 50 m. Leur minéralisation comprend, outre le groupe ordinaire des sulfures complexes de fer, cuivre, plomb et zinc, de la magnétite assez fréquente et des traces appréciables d'or et d'argent. La présence de la magnétite est un point de rapprochement avec le gîte de Pierrefitte, dont nous parlions tout à l'heure, où cette magnétite se présente également avec les sulfures métalliques. On sait que la même association, assez fréquente, de magnétite avec des sul-

[1] Page 75. Notre microgranulite est appelée quartz-trachyte par les ingénieurs allemands.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

fères existe notamment à Traverselle ; et peut-être faut-il considérer comme un cas extrême de cette formation, les gisements de magnétite encaissés dans des microgranulites et porphyres pétrosiliceux, type Kirunavara-Blagodat, où la pyrite, apparaît plus fréquemment qu'on ne le dit, parfois jusqu'à rendre certaines parties du gîte inutilisables. Par contre, l'exagération sulfurée, avec disparition de la magnétite, aboutirait à des gisements comme ceux de Rio-Tinto, où le filon Nord, il ne faut pas l'oublier, est encaissé entre deux microgranulites, ni plus ni

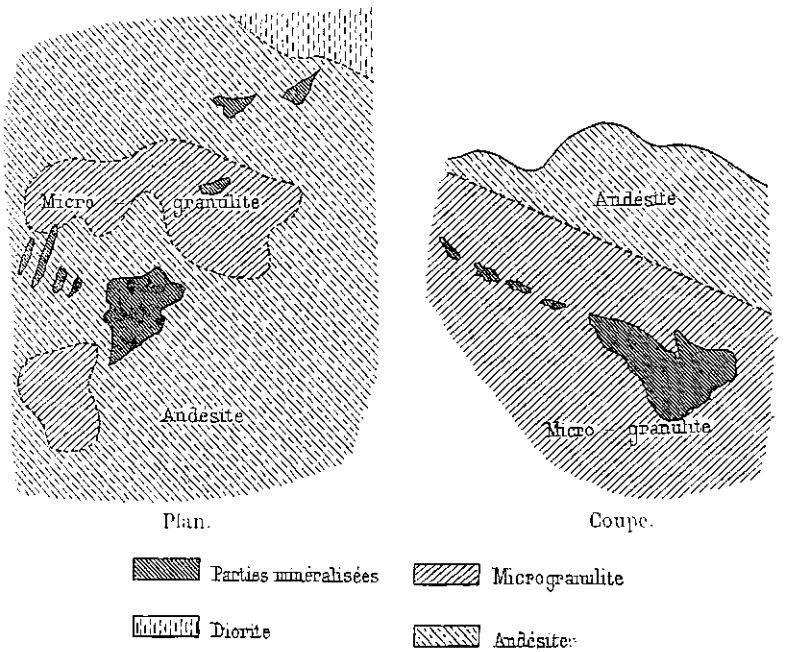


Fig. 58. — Plan de la surface du sol à Kédabek, avec projection des amas cuprifères, et coupe verticale, d'après M. Nicou. La coupe traverse les amas représentés en projection au Sud de l'affleurement de microgranulite.

moins que la magnétite de Kirunavara. Dans ces gisements Sud-Espagnols, j'ai fait remarquer autrefois la manière dont la pyrite avait imprégné, à grande distance, les roches encaissantes, de manière que la sulfatisation ultérieure de ces pyrites par les eaux de surface a corrodé ces roches jusqu'à les rendre méconnaissables. On trouve ce même caractère à Kédabek, où la pyrite en cristaux nets s'étend souvent fort loin de l'amas, et où, d'autre part, certaines parties de la microgranulite au contact ont été transformées en un véritable sable par la dissolution de la pyrite qui les imprégnait. Enfin, de larges fentes argileuses, témoins de mouvements du sol ultérieurs, recoupent les minerais dans des directions variées.

Parmi les amas, on cite : l'amas supérieur de 200 m. de long et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

30 de large, le Karl-Stock, qui en fait la suite un peu plus bas; le Werner-stock de 50 m. de long sur 10 de large, etc. Il paraît que, sur le mur, on commence, comme à Allah-Verdi, par n'avoir que de la pyrite de fer; puis la teneur en cuivre augmente, dit-on, progressivement vers le toit, où elle dépasse parfois 15 p. 100. Avant de chercher une explication à cette disposition, il faudrait s'assurer : d'abord, qu'elle n'est pas seulement locale; ensuite, si elle présente quelque généralité, qu'un phénomène de cémentation par réaction ultérieure n'y a pas contribué.

Les preuves de telles altérations sont nombreuses à Kédabek, qui est, on le sait, à plusieurs centaines de mètres au-dessus des vallées voisines. On y a trouvé beaucoup de cuivre oxydé noir, de covelline, des feuilles de cuivre natif, du gypse et de l'oxyde de fer. Les analyses sont extrêmement variables, depuis la chalcopyrite presque théorique, jusqu'à des sulfures de fer contenant à peine des traces de cuivre, avec des quantités parfois sensibles de zinc, antimoine, etc. Ailleurs, on a des nids de galène.

3° *District du Zanghezour.* — Ce district, encore très peu mis en valeur, mais qui paraît susceptible d'un grand avenir, se trouve dans un massif montagneux, limité au Sud par la vallée de l'Araxes qui forme frontière avec la Perse. Il s'étend sur les deux gouvernements d'Élisabethpol et d'Érivan et se poursuit à l'Ouest jusqu'aux environs de Nakhichévan. Nous avons déjà vu qu'elle avait été son importance historique [1]. Géologiquement, on y observe de nombreux filons de quartz avec cuivre traversant de hauts plateaux andésitiques et des sédiments jurassiques. Le remplissage comprend, outre la pyrite de cuivre, de la pyrite de fer, avec des traces fréquentes de métaux précieux; la galène et la blende sont rares. La forme est celle d'amas assez irréguliers, mais qui se succèdent parfois en chapelets sur 2 km. de longueur. On exploite, d'une manière régulière les mines de Sionninsk et Katara; on a reconnu, en outre, les gisements de l'Agarak-tchaï, de Kavart-tchaï, d'Halizouri. A *Katara*, la pyrite de cuivre occupe le centre du filon de quartz et sa proportion diminue quand on se rapproche des bords. A *Agarak-tchaï*, le filon est une brèche de contact, large de 0,60 m., entre syénite et diorite. On y observe l'association de la chalcopyrite avec la molybdénite. A *Kavart-tchaï*, les filons sont presque horizontaux, etc. Comme dans les gisements précédents, les altérations superficielles ont, d'ailleurs, joué ici un grand rôle, notamment à Agarak-tchaï, et produit leurs effets habituels : malachite, cuivre oxydé, cuivre natif, etc. Cette zone, remarquable par la richesse de ses minerais comme par leur abondance, semble se prolonger des deux côtés du lac Gokcha pour aller rejoindre Kédabek et Sitzimadan.

[1] Page 19.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

5° Or au Caucase. — Il était naturel de chercher l'or dans cette région de Koutais, qui fut l'antique Colchide. Mais, si les récits fabuleux des anciens correspondent bien exactement à cette région, il a dû se passer là ce qui a eu lieu si fréquemment pour l'or : formation, par concentration mécanique, d'un placer relativement riche aux dépens de filons primitifs très pauvres et épuisement rapide de ces placers, qui, précisément par ce qu'ils furent célèbres et, par conséquent, exploités avec activité, sont aujourd'hui épuisés.

Nous avons décrit plus haut, à l'occasion de la zone paléozoïque, quelques filons aurifères de la Squanétie et des rivières voisines, dont les sables tiennent de l'or. Mais il est plus probable que l'or de la Colchide a dû venir de chalcopyrites faiblement aurifères, qui ne sont plus pour nous que des gisements de cuivre, mais où l'analyse reconnaît parfois des traces d'or, généralement inutilisables [1]. Nous venons de voir combien ces filons de cuivre sont abondants sur le flanc Nord du Petit Caucase. Divers filons de la région d'Akthala contiennent de l'or avec de la galène argentifère. Un fait analogue se présente plus à l'Est, sur les bords de la rivière d'*Akstafa*, dans le gouvernement d'Élisabethpol, où un filon de quartz aurifère avec pyrites de fer et de cuivre traverse une syénite porphyrique. Les bords de cette rivière Akstafa et de ses affluents contiennent divers lits de sables aurifères pauvres (tenant au maximum, 6 à 8 gr. par tonne), avec galets de porphyre et de quartz.

Plus près d'Elisabethpol, d'autres placers se trouvent : sur la rivière Djaghir-tchaï, à Annenfeld, etc.

On a également signalé de l'or en un seul point au Nord du Caucase, sur le cours du Térek, en amont de Mosdok, en très faibles quantités.

[1] C'est ainsi que j'ai retrouvé autrefois à Thasos, dans une île célébrée par les anciens pour sa richesse en or, les traces d'une très importante exploitation de cuivre antique, avec minerais plombo-zincifères, au contact des calcaires et des schistes, gisements sur lesquels s'est reconstitué aujourd'hui un centre minier actif, dont il sera dit quelques mots plus loin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXVI

MÉTALLOGÉNIE DU TURKESTAN RUSSE

La région caucasique, que nous venons d'étudier, est nettement coupée à l'Est par la Caspienne, au delà de laquelle on ne trouve plus, pendant un millier de kilomètres, que les déserts de sable où coulent l'Amou-Daria (l'antique Oxus) et le Syr-Daria. Cette zone désertique, où il n'y a plus à chercher de concentrations métallifères et où c'est à peine si des indices épars permettent encore de suivre les directions de plissements, affecte, elle-même, une direction N. 45° E très nettement marquée, dont la limite Est peut être suivie depuis la station terminus de Kouchka à la frontière de l'Afghanistan vers Samarkande, Tachkent et Vierny, au Sud du lac Balkach (fig. 59). C'est à l'Est seulement de cette limite que reprennent à la fois les saillies orographiques, les richesses métallifères, les cultures et la vie. Quand on suit la ligne Centre-Asie, après avoir traversé l'oasis de Merv et le pont de l'Amou-Daria, on trouve encore les belles oasis de Boukhara et de Samarkande ; mais c'est seulement un peu plus loin vers l'Est que recommencent les régions montagneuses et minéralisées, coupées par la plaine fertile du Ferghana où, depuis l'occupation russe, on a, par les progrès de l'irrigation, développé l'industrie cotonnière.

La reconnaissance de ce pays est toute récente. La possibilité d'y accéder pratiquement date d'hier. Aussi sa géologie est-elle aussi mal connue que ses richesses minérales.

Nous avons précédemment dit ce que l'on sait sur cette géologie du Turkestan russe[1]. On a vu alors qu'il y avait, dans cette région, une série stratigraphique, dont le dernier plissement est tertiaire et dont les plissements n'ont, par conséquent, pas eu le temps d'être abrasés par l'éro-

[1] Voir p. 270 et la bibliographie en note 1 de la même page. Les ouvrages spéciaux pour les richesses minérales sont ceux de Mouchkétov (résumé français de 1878, grand ouvrage russe de 1906), Von Krafft et Levat : notamment le livre posthume de Mouchkétov (1906), en russe, qui contient de très nombreuses coupes géologiques des gisements. Voir encore *Das Bergbau in Russisch Turkestan* (Z. f. B. H. u. M. Industrie, juin 1899, et Z. f. p. G., 1899, p. 304).

La question des substances salines et celle du pétrole ont été traitées séparément (p. 420 et 463). On peut rattacher au gypse l'existence du soufre, produit par l'altération de celui-ci en présence d'hydrocarbures, qui, eux-mêmes, se rattachent parfois à des veines pétrolifères. Un gisement de soufre important a été signalé près d'Achabad (Z. f. p. G., 1902, p. 245).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sion. Antérieurement au plissement d'âge alpin, d'autres mouvements avaient dû se produire, dont la trace n'a pas encore été exactement démêlée. Des lacunes importantes dans la succession des étages se mani-

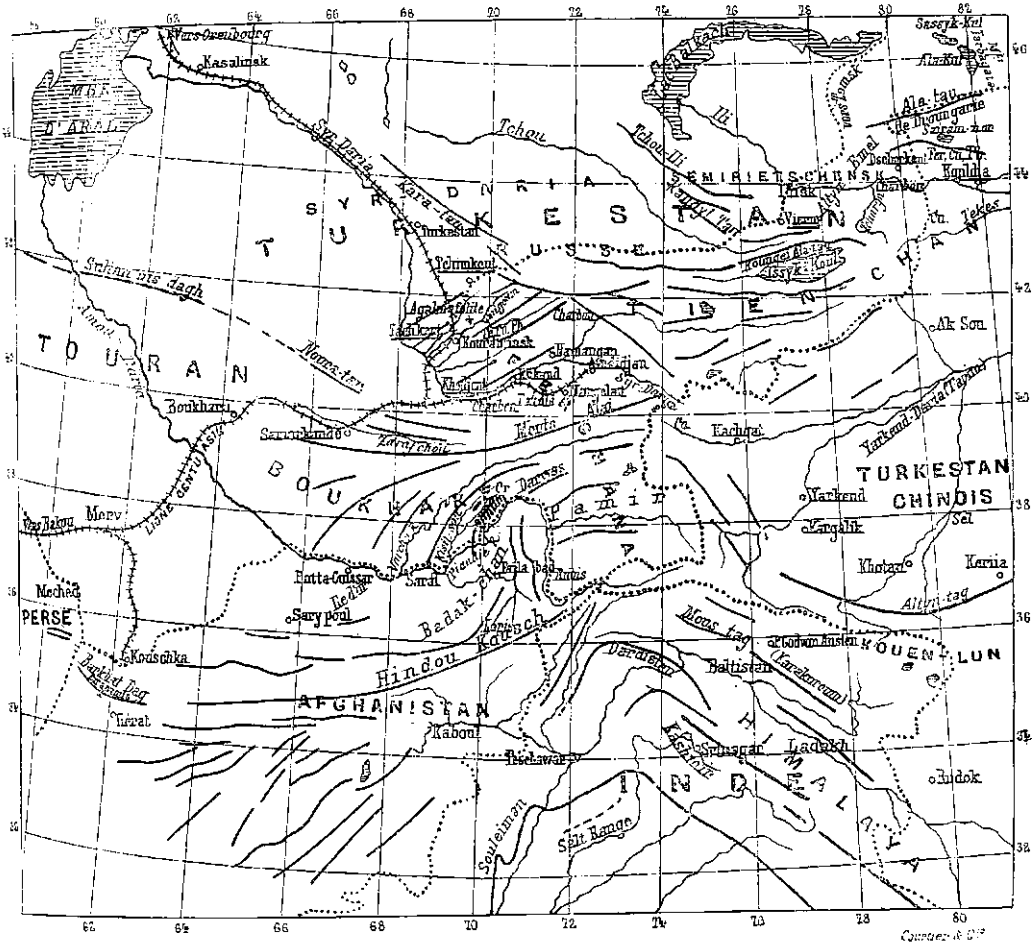


Fig. 59. — Carte des gisements minéraux du Turkestan russe. (Echelle au 1 : 15.000.000).

festent notamment avant le carbonifère supérieur, puis entre le werfénien et le crétacé moyen, enfin à partir de l'oligocène. Dans toute la Boukharie, les directions de plis sont assez régulièrement N.-E. au voisinage de l'Amou-Daria pour incliner progressivement vers la direction E.-W. en se rapprochant de la dépression du Syr-Daria (Ferghana). Cette première région, qui prolonge le Pamir par les faisceaux de l'Alaï, du Darwaz, etc., ne renferme, en fait de gisements métallifères connus, que des poudingues aurifères tertiaires : produit d'une destruction exercée, comme nous le verrons, sur des filons primitifs situés probablement

UNIVERSITÉ DE PARIS GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plus à l'Est, dans les contreforts du Pamir. En dehors de cette richesse minérale très spéciale, on n'a signalé aucun gisement important dans cette partie Sud du pays, à plissements relativement réguliers. Tout autres sont les conditions quand on passe au Nord du Syr-Daria, dans le massif montagneux situé entre Tachkent, Kokand et le lac Balkach, sur le prolongement du Tien-chan. Ici la tectonique nous montre le conflit général de deux directions N.-E. et N.-W., qui se rencontrent en une série de redents, de dents de scie successives, dans des conditions que nous sommes habitués à voir, en des pays très divers (Harz, Plateau Central, etc.) provoquer souvent, par un effet de torsion disjonctive, des dislocations métallisées. En fait, Mouchkétov a pu dresser, des filons contenus dans ce massif, une assez longue liste, à laquelle nous emprunterons seulement tout à l'heure quelques conclusions générales.

Mais les gisements peut-être les plus typiques que nous aurons à citer de ce côté appartiennent à ces auréoles de contact autour des syénites ou diorites encaissées dans les calcaires, dont le Banat fournit les types les plus classiques et dont nous venons de retrouver un équivalent probable dans l'Oural. Cette chaîne, avec ses gisements de sel et de pétrole tertiaires et ses minerais de contact dans des terrains crétacés ou tertiaires, offre donc d'assez nombreuses analogies métallogéniques avec la région Sud des Carpathes.

Industriellement, il est frappant de voir que, trente ans après le premier travail classique de Mouchkétov, malgré le développement des voies ferrées, aucun des gisements, depuis si longtemps signalés par lui, n'a été l'objet d'une mise en valeur sérieuse, de telle sorte que les descriptions des derniers explorateurs passent même sous silence la presque totalité des gisements signalés par Mouchkétov. En un point seulement, au Nord de Kokand, une société belge a fait une tentative momentanée pour traiter des imprégnations de pyrite cuivreuse dans des grès tertiaires. Cet état de choses tient, avant tout, à la difficulté d'accès qui subsiste dans ce pays, au caractère bien plus agricole qu'industriel des indigènes Sartes et au manque de tout combustible propre à l'usage métallurgique. Mais il est permis de se demander si, en outre, ces gisements très éparpillés ont vraiment la valeur qu'on avait d'abord été tenté de leur attribuer.

Géologiquement, nous distinguerons, en essayant de grouper les observations de détail, deux types principaux de gisements.

1° On a un système filonien proprement dit, à remplissages complexes de galène argentifère, blende, pyrite et chalcopyrite, qui s'est souvent éparpillé et perdu dans les sédiments traversés, comme cela arrive si fréquemment pour les filons encaissés dans des schistes, des grès tendres ou des marnes d'âge crétacé ou tertiaire, sur les parties saillantes des chaînes tertiaires où l'érosion n'a pas encore pu mettre à nu les zones

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plus profondes métamorphisées. De tels gisements ont, pour la plupart, subi l'ordinaire altération superficielle qui a donné des hématites ou sidéroses aux dépens des pyrites et transformé les sulfures de cuivre en azurite, malachite, etc.

2° Il semble résulter des descriptions (autant qu'il est permis d'interpréter des observations aussi impossibles à contrôler), que le massif, dont nous nous occupons en ce moment, présente, en outre, d'assez nombreux gisements formant auréoles de contact autour de roches syénitiques, surtout lorsque celles-ci sont encaissées dans du calcaire suivant un type connu, dont le Banat offre l'exemple le plus caractéristique[1]. Les minerais ainsi développés présentent leur habituel mélange de magnétite à gangue grenatifère avec des sulfures métalliques, parmi lesquels la chalcopyrite et la galène se rencontrent fréquemment côte à côte.

Insistons aussitôt sur un fait intéressant pour nos théories. Quand nous remontons ainsi au Nord du Syr-Daria dans la direction du Balkach, nous nous rapprochons beaucoup de la région, précédemment étudiée, de la steppe kirghise[2]. Mais nous restons sur une chaîne à plissements tertiaires, tandis que nous étions, dans la steppe kirghise, sur un lambeau hercynien. Les gisements de ces deux régions présentent, entre eux, le même contraste que peuvent offrir ceux des Alpes françaises avec ceux du Plateau Central, ceux de la Sierra Nevada avec ceux de la Meseta espagnole et ceux de la zone Carpathique ou de la Serbie (très analogues à ce que nous observerons ici), par rapport au massif hercynien de la Bohême, des Sudètes ou de la Plate-forme russe.

Nous allons rapidement passer en revue les gisements de ces deux types (d'après le mémoire de Mouchkétov). Nous étudierons ensuite les conglomérats aurifères et nous terminerons par quelques mots sur des richesses minérales plus spéciales, la turquoise, le lapis-lazuli et l'agalmatolite.

1° Type filonien complexe. — On connaît un certain nombre de filons présentant, d'une façon plus ou moins complète suivant les points, l'association caractéristique de la galène, de la blende et des pyrites de fer et de cuivre avec la fluorine, le quartz et la barytine. Le plus riche gisement de ce genre est, paraît-il, celui de *Karamazar*, à 40 km. N.-E. de Khodjent, où plusieurs filons puissants, dont le principal a 2,20 m.,

[1] Voir, pour ce type de gisements : *Gites métallifères*, I, 660 ; *Science géologique*, 432. — Les roches du Banat (généralement des diorites) ont été injectées dans des failles de torsion, dans des « cicatrices », qu'elles obstruent, comme le fait la tonalité de l'Adamello. Nous en avons rencontré des exemples en Asie, p. 516, 556, 564, 586, 587, 598, 633.

[2] Voir plus haut, pages 512 à 515.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

recoupent des calcaires métamorphiques au voisinage de la diorite, ou même à son contact, dans des conditions qui, par conséquent, pourraient déjà faire songer au second type de gisements examiné plus loin. Un filon de galène analogue, moins important (5 à 10 cm. de puissance), est au contact des mêmes roches entre les stations de Mourzarabat et de Djaboulak dans le district de *Kouraminsk* (au Nord de Khodjent). Un autre est dans les monts *Mogol-taou*, à 25 km. N.-W. de Khodjent, encaissé dans la syénite. Enfin les filons de *Britch-moulla*, à 80 km. N.-W. de Tachkent, sont dans le calcaire. On en cite un certain nombre d'autres formant veines dans la syénite rouge, dans le porphyre feldspathique à grains fins, euritique, etc. (notamment, dans ce dernier cas, des veinules suivant les diaclases du porphyre).

Je crois inutile d'insister sur les différences locales qui font prédominer tantôt la galène, tantôt la chalcopyrite, tantôt la blende, dans un système de filons qui me semblent avoir tous une origine commune. En fait d'altérations, on y observe la transformation de la galène en cérusite ou en plomb oxydé jaune, de la pyrite en hématite brune, des sulfures de cuivre en carbonates ou en chrysocoles. L'association du cuivre et du plomb est très intime et presque constante par un phénomène qui, sans être exceptionnel (on l'observe, par exemple, dans le grand district de Linarès, en Espagne), n'est pas toujours aussi nettement caractérisé.

Comme gîte cuivreux plus spécial, on peut citer celui des bords du *Djeï-sou*, affluent de gauche du Tékès, au Sud de la région de Kouldja, dont nous aurons bientôt à nous occuper, et à l'Est du lac *Issyk-koul* (territoire de Sémiretchié), où un autre filon cuivreux suit le contact d'un mélaphyre et de grès, dans lesquels il s'éparpille. La relation possible du cuivre avec des roches de la famille des mélaphyres et porphyrites, que l'on observe ici, est une de celles que nous avons déjà eu l'occasion de signaler à propos de la Sibérie, en la rapprochant d'observations faites en Bulgarie, dans la province d'Huelva (Espagne), etc[1].

Ce même territoire de *Sémiretchié* contient le plus riche des gisements de fer connus dans le Turkestan, un filon d'oligiste pur de 6 à 7 m. de puissance encaissé dans de la syénite, à 25 km. Sud de la station Aïna-Boulak, district de Kopaï. Ce filon a 1 km. de long et, d'après ses affleurements, doit contenir au moins 500.000 t.

Divers autres filons d'oligiste existent dans ce district associés à des syénites : soit qu'il y ait eu cristallisation directe de vapeurs de chlorure de fer émanées de la syénite, soit qu'on ait passé d'abord par la forme sulfurée avec altérations ultérieures.

Les mêmes massifs situés au Sud de Kouldja contiennent des filons de

[1] Voir pages 515, 522, 527, 587, 614, 628, 634, 746, 753.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quartz et mispickel (rivière Koujourta, vallée du Baratol), et des nids de pyrolusite dans le mélaphyre (monts Karatag).

Plus au Nord, la région de l'*Alataou de Dzoungarie*, de l'*Altyn-émel*, etc., entre le Tien-chan et le lac Balkach, contient encore de véritables gîtes filoniens, qui peuvent avoir un rapport d'origine avec les roches cristallines, dont ils ne s'écartent jamais beaucoup, mais qui ne présentent pas le développement de grenat caractéristique des gîtes que nous aurons à étudier au paragraphe suivant dans une région voisine.

Au lieu de l'association magnétite et chalcopyrite, habituelle à ceux-ci, on y trouve, avec le sulfure de fer et de cuivre, un développement fréquent de galène dans une gangue quartzeuze; et l'association cuivre et plomb est, en moyenne, si générale qu'il est impossible de distinguer génétiquement les gîtes où domine l'un ou l'autre des deux métaux. A ce groupe se rattachent par exemple, les filons éparpillés dans les schistes argileux de la vallée de Kizilbouzak, au Nord du *lac Sairam-nor*.

Dans le *Tien-chan* même, Mouchkétov[1] a décrit des gisements de plomb exploités par les Chinois à 10 km. Sud du village de *Sarbagoutcha*, comme formant, dans un porphyre pétrosiliceux rouge sombre ou verdâtre, des veines de quartz et barytine parfois géodiques avec galène.

Ailleurs, dans le même massif, sur la rivière Koumyr du mont *Akbourkhan*, les veines de galène et pyrite cuivreuse avec quartz sont dans un mélaphyre qui recoupe un calcaire paléozoïque.

2° Auréoles de contact des syénites dans les calcaires. — Un très grand nombre de gisements appartiennent à ce type, dans lequel il faudrait peut-être, en outre, comme nous l'avons vu, faire rentrer quelques-uns de ceux décrits précédemment. Parfois le plomb y domine, plus rarement le cuivre. Mais le groupe, dont nous nous occupons ici, est surtout caractérisé par le développement fréquent de la magnétite, qui peut arriver à constituer des gîtes exploitables. Il existe, en Turkestan russe, beaucoup de ces gisements formés par des amas de magnétite atteignant 30 à 40 m. avec grenat et sulfures métalliques divers (galène ou chalcopyrite), au contact des syénites et des calcaires.

La région où ces phénomènes sont tout spécialement développés est à l'extrémité Est du Turkestan russe, entre le Tien-chan et le lac Balkach, notamment près de *Kouldja* (sur l'Ili, affluent du Balkach, vers 81° de long. et 44° de lat.) dans l'Alataou de Dzoungarie, l'Altyn-émel, etc. (fig. 59.)

On y signale notamment la gorge de *Sary-Boulak*[2], à 30 km. Nord de Souidoun, où l'on observe, au contact de la syénite avec des schistes et

[1] *Loc. cit.*, 1906, p. 275.

[2] MOUCHKÉTOV. *Loc. cit.*, 1906, p. 270 et 287.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

calcaires traversés par elle : d'une part, de nombreuses veines de galène dans une gangue grenatifère; de l'autre, un amas de magnétite de 8 m. sur 20 et au moins 10 de profondeur, avec pyrites de fer et de cuivre, dans une gangue de grenat. Ce dernier gisement, d'après la coupe de Mouchkétov, est englobé dans la syénite, sans doute sur une enclave calcaire. Les principales veines, très irrégulières d'épaisseur, sont, en moyenne, parallèles à la direction générale des syénites et renferment, dans une masse de grenat atteignant 0,70 m., la galène, la pyrite cuivreuse et la magnétite disséminées.

On cite encore, près de Kouldja, la gorge de la Talka, sur le mont *Tchébandy-sai,* où la zone grenatifère, située sur un contact semblable de granite rouge et de calcaire, renferme de nombreuses veinules et nids de galène, chalcopyrite, etc. [1].

On peut sans doute rattacher au même groupe, quoiqu'avec moins de netteté, les gisements situés dans l'*Alataou de Dzoungarie,* au Nord de Kouldja [2].

Dans cette montagne, sur la rivière *Borlo*, on observe des veines de chalcopyrite et pyrite, atteignant 0,15 m. de large, au contact d'une syénite (parfois pyriteuse) et d'un calcaire, ou dans le calcaire, au voisinage. Dans une veine située en plein calcaire, l'axe est formé de calcite avec pyrites de fer et de cuivre, qui, près de la surface, se transforment en hématite et carbonates de cuivre; le calcaire, au contact, est recristallisé et pyritisé. Le quartz remplace parfois la calcite dans le remplissage. Au contact de la syénite, ces sulfures métalliques se sont disséminés en noyaux irréguliers. La même région renferme, dans des conditions semblables, des amas de magnétite sur la rivière *Artchata.*

Le groupe de *Kouraminsk* (dans le territoire du Syr-Daria, au Nord de Khodjent) est caractérisé par les mêmes phénomènes. Citons seulement : aux sources du *Kirai-guir*, affluent de l'Ouigoum, qui passe à Tachkent, des amas de fer magnétique, avec hématite et pyrite de fer, au contact d'un calcaire dolomitique et d'une syénite qui le recoupe, dans une gangue calcaire ; sur la rivière *Tchotkal*, dans le même district, un grand amas à 2.000 m. d'altitude, dans les mêmes conditions, etc. [3].

3° Placers aurifères de Boukharie.—Les placers aurifères de la Boukharie, après une période d'exploitation antique, dont il a déjà été dit quelques mots [4], furent travaillés longtemps, sans qu'il en reste aucun souve-

[1] Mouchkétov. *Loc. cit.*, 1906, p. 271.

[2] *Ibid.*, p. 267 et 281.

[3] En 1898, on a également signalé un gisement de magnétite exploitable à ciel ouvert, situé à 95 km. de Kokand, sur la haute vallée du Syr-Daria (Z. f. p. G., 1898, 220).

[4] Page 93.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nir précis, par les Mongols, puis par les Sartes. En 1894, ils commencèrent à appeler l'attention du Gouvernement russe, qui envoya un ingénieur étudier les gisements et publia, en 1897, un règlement administratif. Depuis lors, on a examiné à diverses reprises la possibilité d'organiser des exploitations modernes. Jusqu'ici, la conclusion la plus nette de ces recherches est cette constatation négative que les gisements d'alluvions sont épuisés, sauf dans le lit même des cours d'eau et les gisements primitifs (probablement très pauvres suivant la règle ordinaire) inconnus. On a bien proposé de draguer le lit des rivières au moyen de dragues à godets. En attendant l'organisation d'un tel système, l'on en reste aux antiques méthodes d'exploitation des Sartes, qui, soit à ciel ouvert, soit par de petits puits, lavent indéfiniment les mêmes couches, de plus en plus appauvries par un travail séculaire.

Géologiquement, l'or a subi, avant d'arriver dans les alluvions modernes des rivières au degré de concentration relative qui permet son exploitation, deux stades successifs de préparation mécanique, dont l'un a commencé par l'emprunter à des venues primitives filoniennes pour le rassembler dans des conglomérats tertiaires et dont l'autre l'a repris à ces conglomérats tertiaires pour constituer les alluvions. C'est ainsi que des teneurs primitives, sans doute absolument insignifiantes, sont arrivées à donner une certaine richesse.

Les venues primitives sont encore inconnues, et peut-être d'ailleurs trop pauvres pour attirer jamais l'attention. On peut seulement les chercher dans les massifs cristallins du Pamir, de l'Alaï, etc. Le premier ingénieur qui ait étudié la région, M. Pokorski, avait signalé, à l'Est des conglomérats, dans le Safet-Daria, des filons de quartz aurifère près de Dchorf sur le Pandch et à l'Est du Chumban. Quoi qu'il en soit, la première concentration appréciable s'est faite dans une énorme masse de conglomérats, qui occupe une grande étendue dans le pays et dont l'allure peut être intéressante à comparer avec celle d'autres conglomérats également aurifères, pour lesquels un âge plus ancien a entraîné le métamorphisme, tels que ceux du Transvaal et de l'Ouest-Africain, etc. (fig. 60 et 61.)

Ces conglomérats ont été rattachés par M. von Krafft et, à sa suite, par M. Levat, à l'éocène. Quand on analyse leurs raisons, elles paraissent insuffisantes pour entraîner la conviction, surtout en présence d'un certain nombres de faits qui porteraient à les rajeunir sensiblement. Les fossiles faisant défaut et aucun terrain, daté lui-même par ses fossiles, ne venant recouvrir les conglomérats, M. von Krafft s'est guidé uniquement sur ce fait que, dans une partie de leur extension, les conglomérats semblent reposer en concordance sur du crétacé supérieur (qui lui-même n'est pas d'un âge bien certain) et sur ce que les conglomérats sont parfois inclinés ou affectent même des allures de plissements : ce qui conduirait à les supposer antérieurs aux principaux plissements de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

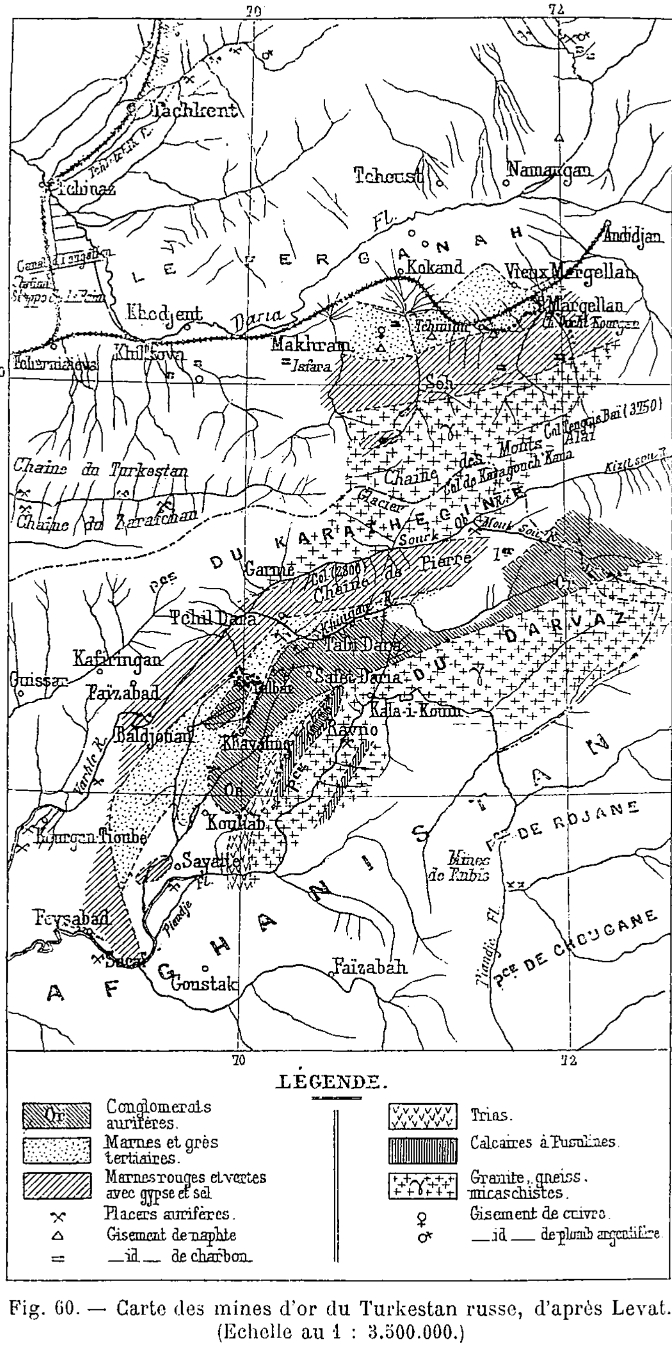


Fig. 60. — Carte des mines d'or du Turkestan russe, d'après Levat.
(Echelle au 1 : 3.500.000.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la région. Cependant, en moyenne, la formation apparaît plutôt divisée par grandes terrasses stratifiées horizontales. Si les conglomérats aurifères ont subi quelques mouvements, par suite desquels ils sont inclinés, notamment le long du Yak-sou, il ne faut pas oublier que les derniers efforts orogéniques de l'Asie Centrale ont eu des chances pour se prolonger très tard, comme ceux du Caucase et de l'Himalaya.

D'autre part, il est hors de doute que les conglomérats (passant aux grès à la base) sont transgressifs sur les terrains les plus divers, comme une formation abrasive venant recouvrir la complexité d'un sol émergé : ce qui restreint la valeur de la concordance locale avec le crétacé.

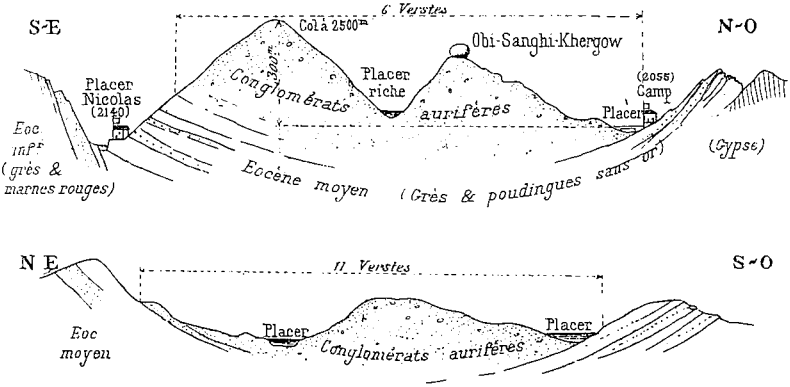


Fig. 61. — Coupes des conglomérats aurifères du Turkestan russe, d'après Levat.

La zone principale d'extension de ces conglomérats s'étend, sur environ 20 km. de large et une centaine de kilomètres de long, parallèlement au Darwaz, c'est-à-dire N.-E.-S.-W., sur le flanc Ouest de cette chaîne, en partant un peu au N.-E. de Saraï (sur l'Amou-Daria, vers le 69e) et passant à Khavaling, Safet-Daria, etc. Deux autres petites traînées indépendantes existent à l'Est et à l'Ouest, parallèlement : l'une à Ravno, où les couches sont bien horizontales sur le calcaire à fusulines, l'autre à Obi-Sanghi-Khergov.

En ce qui concerne leur mode de formation, M. von Krafft croit à une transgression limnique ou fluviatile, ayant eu une grande extension et ayant exercé une action abrasive intense sur un continent antérieur. M. Levat s'est fondé sur certains caractères particuliers de ces conglomérats pour imaginer un phénomène glaciaire; mais il n'a pu l'accorder avec la stratification souvent très nette des conglomérats qu'en imaginant une coexistence assez bizarre de la glaciation avec un remaniement sédimentaire littoral immédiat et nous ne croyons pas pouvoir adopter son hypothèse.

UNIVERSITE DE PARIS SCIENCES

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Il est à remarquer que les conglomérats à gros galets, généralement très friables dans leur zone aurifère, passent, vers la base, à des grès plus fins avec empreintes végétales : d'où impossibilité d'admettre une transgression débutant avec violence pour atténuer peu à peu ses effets. Il faut imaginer inversement un phénomène qui a augmenté peu à peu d'intensité. La teneur en or y diminue vers la base avant d'arriver aux grès, contrairement à la loi ordinaire des alluvions aurifères qui s'enrichissent généralement sur leur bed-rock. Cette période de conglomérats, où il y a eu apport aurifère, correspond à une destruction plus active des roches cristallines, marquée par des fragments de roches plus volumineux.

Les galets, parfois striés, ordinairement gros comme le poing, parfois gros comme la tête, y sont formés de roches très diverses et mal classées. L'or n'y est pas en pépites, comme aurait pu le faire supposer la violence probable de l'agent susceptible de transporter ces gros blocs, mais en grains fins aplatis et souvent eux-mêmes striés. La teneur en or de ces conglomératse st tout à fait inutilisable : au plus 0,80 fr. au mètre cube ; mais une seconde étape de concentration a, comme cela arrive si souvent pour des gisements tout d'abord très pauvres, rassemblé l'or dans les alluvions des rivières, où, depuis un temps immémorial, les habitants du pays l'ont recueilli. C'est ainsi qu'on trouve toute une série de placers, soit au Nord, soit à l'Ouest sur le Khingaou et sur la Vachté, affluent de l'Amou-Daria, dans lequel se jette le Khingaou, ou encore dans le Kizil-sou, le Yak-sou et le Piandjé, autres affluents de gauche du Vachté et sur l'Amou-Daria même, à l'île d'Or. Mais la région présente d'autres placers plus éloignés, pour lesquels il faut, sans doute, songer à une autre origine : ceux du Zaravchan (qui passe à Samarkande) ; ceux surtout que renferment divers cours d'eau descendant de l'Alaï vers Andidjan ; ou encore, à l'Est de Tachkent, ceux que l'on connaît sur les affluents du Syr-Daria, comme le Tchat-kal. L'enrichissement relatif des alluvions modernes provenant des conglomérats s'explique aisément quand on calcule le cube de conglomérats, puis d'alluvions mêmes, qui a dû être enlevé pour le creusement des vallées. Suivant M. Levat, il ne resterait pas 1/10.000 du cube primitif. Mais, comme nous le remarquions en commençant, si cet enrichissement a donné lieu à des gisements qui furent riches autrefois, les quantités d'or accessibles ont été, depuis longtemps, extraites par les laveurs d'or et, tandis que l'on observe encore au-dessous de l'eau des teneurs atteignant une dizaine de francs au mètre cube, au-dessus du niveau aquifère on n'arrive guère à 0,50 fr.

4° Substances minérales accessoires. — On connaît, à 40 km. N.-E. de Khodjent, dans le mont Karamazar, un gisement de turquoises, qui peut être intéressant à signaler avant les grands gisements de Nichapour, dont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

nous parlerons plus tard. Les veines de turquoises se présentent dans des diaclases d'un porphyre feldspathique, où elles tirent peut-être leur couleur de quelque ancienne veine de cuivre, comme on en trouve d'assez nombreuses, dans ces conditions, près de là. Ces veines ont, au maximum, 2 à 3 cm. d'épaisseur.

Dans le même district, à 65 km. N.-E. de Tachkent, près du village de Sailik, on trouve, dans des porphyres feldspathiques décomposés, avec du kaolin, cette sorte d'alumine hydratée analogue à la stéatite qu'on appelle l'agalmatolite, et qu'on utilise pour tailler au couteau des statuettes.

Nous pouvons, dans le même ordre d'idées, citer aussitôt la mine de lapis-lazuli qui se trouve beaucoup plus au Sud, en Afghanistan, entre Faisabad et Chitral, sur le flanc Nord de l'Hindou-kouch.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXVII

MÉTALLOGÉNIE DE LA MER ÉGÉE ET DE L'ASIE MINEURE[1]

J'ai déjà assez indiqué pourquoi nos observations métallogéniques vont présenter, dans ce chapitre, un caractère spécialement conjectural. Il est, en effet, peu de régions plus mal connues en Asie que ces pays cependant si proches de nous. On ne devra considérer les remarques suivantes que comme des jalons posés en vue d'une véritable étude future.

De ce que nous avons dit relativement à la tectonique, nous devons retenir en deux mots que l'Asie Mineure est une zone récemment plissée de l'écorce, où les plissements paraissent s'être souvent compliqués d'effondrements, ayant pu jouer un rôle capital en ce qui concerne les venues éruptives ou métallisantes. Vers l'Ouest, dans la mer Égée, ces effondrements dominent, avec une allure souvent transversale sur les plis qu'ils ont tranchés à l'emporte-pièce. Dans la partie occidentale ou centrale du continent, des effondrements analogues semblent d'abord affecter souvent une disposition longitudinale, et le principal d'entre eux, celui de la Lycaonie, occupe un bâillement entre deux arcs plissés, avec ceinture de roches éruptives. Après quoi, on retrouve, à l'Est, dans le plateau arménien, un système de compartiments juxtaposés à mouve-

[1] Voir plus haut : Industrie, p. 94; géologie, p. 283 et bibl., p. 283, note 1. — Comme ouvrages généraux sur les mines et minerais de l'Asie-Mineure, on peut consulter : 1876. V. Hochstetter. *Asien, seine Zukunftsbahnen und seine Kohlenschätze*, Vienne. — 1882. A. Gurlt. *Die Bergwerksindustrie in Griechenland und im türkischem Reiche*. Berlin. — 1889. E. Weiss. *Ueber Bergbaubetrieb und Mineral Vorkommnisse in der Türkei*. — 1891. Vital-Cuinet. *La Turquie d'Asie* (Paris, Leroux). — 1894. Z. f. p. G., p. 71. — 1895. W.-F. Wilkinson. *Notes on the geology and mineral Resources of Anatolia*. (Quart. Journ. Geol. Soc., t. LI, p. 95 à 98). — 1896. Dr May. *Die bergbaulichen Verhältnisse in der Türkei* (Oest. Zeit. f. Berg. und Hüttenwesen. Vienne, mai, p. 223 à 227). — 1901. K.-E. Weiss. *Kurze Mittheilungen über Lagerstätten im westlichen Anatolien* (Z. f. p. G. 249 à 262, avec carte). Ce travail, comme le suivant, donne, suivant la méthode ordinaire, un classement des gîtes par métaux, auquel on pourra se reporter si l'on désire savoir où se rencontre tel ou tel métal. — 1897. Kannenberg. *Kleinasiens Naturschätze*, Berlin, Borntraeger, 278 p. (Renferme, p. 186 à 206, un court chapitre sur les mines et minerais classés par substance avec des indications linguistiques sur le vocabulaire minier en turc, grec, etc.).

Notons que *maden* veut dire mine et *hané*, usine ; *komur madeni*, mine de houille; *gumush-hané*, usine d'argent; *shab-hané*, usine d'alun; *touzla*, saline; *kiretch-hané*, four à chaux, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ments verticaux indépendants, jusqu'à un certain point homologue de la mer Egée. Rien, dans tout ceci, n'est essentiellement différent de ce qu'on observe, en général, dans le bassin méditerranéen : et, ce sont, en effet, les caractères métallogéniques, que nous avons appelés ailleurs méditerranéens, qui tendent à dominer dans la plus grande partie de l'Asie Mineure occidentale et dans la mer Egée, comme ils le font ailleurs en Algérie, en Sardaigne, ou même dans l'Italie continentale. C'est ainsi que nous rencontrerons de préférence les deux types de gisements représentés : le premier, par les formations plombo-zincifères de contact entre deux terrains inégalement perméables, avec développement spécial dans les calcaires; le second, par les minerais de fer chromé inclus dans les serpentines éocènes.

Ce ne sont pourtant pas les deux seules catégories de gisements que nous aurons à étudier. Ayant, notamment dans toute l'Arménie, mais aussi dans diverses autres parties de l'Asie Mineure ou de la mer Égée, des chaînes plissées tertiaires à érosion relativement avancée avec développement de roches éruptives, on pouvait s'attendre à y trouver le type de filons complexes cupro-plombo-zincifères dont l'Algérie fournit des exemples nombreux. Milos nous offrira, comme le Caucase, des minerais plombo-argentifères reliés à des roches éruptives tertiaires suivant un processus habituel dans l'Ouest américain. D'autre part, des filons d'antimoine assez nombreux dans l'Anatolie occidentale et exceptionnellement accompagnés de mercure peuvent également rappeler certains types algériens. Il faut enfin remarquer que, dans cette zone plissée récente, il s'intercale certainement des noyaux plus anciens, manifestés par la réapparition de traînées primaires ou cristallophylliennes, dans lesquelles nous pourrons rencontrer : soit des exemples de minerais appartenant à des venues primaires et représentés, dès lors, par des types accusant une profondeur de cristallisation plus grande ; soit des types hercyniens de dislocations métallisées.

Dans l'état d'ignorance sur lequel j'ai déjà plusieurs fois insisté, on doit poser les problèmes plus encore que les résoudre. Quelques-uns d'entre eux paraissent présenter un intérêt spécial : notamment celui qui concerne les filons-couches de contact en terrain calcaire et leur altération; puis la mise en place des serpentines et les rapports des minerais avec les charriages. Les deux dernières au moins de ces questions présentent une relation entre elles et se posent également en d'autres parties du bassin méditerranéen, telles que les Apennins et l'Illyrie, où la solution en sera peut-être plus facile à découvrir.

1° Les filons-couches plombo-zincifères au contact des calcaires, dont nous allons rencontrer ici de superbes exemples au Laurion grec, à Thasos, à Balia-Maden, à Bulgar-Maden, etc., présentent, dans bien des points du monde, avec des microgranulites ou des granulites pétrographiquement voisines de ces porphyres quartzifères, une relation qui

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

paraît le plus souvent simplement accidentelle, mais qui doit pourtant être signalée. Dans tous ces cas, il apparaît que les venues métallifères sont postérieures aux microgranulites en question ; mais on peut toutefois se demander si elles ne représentent pas une phase postérieure d'un même phénomène ; et, à Balia-Maden, il semble bien, en effet, que le minerai se rattache aux roches porphyriques. Ailleurs, l'association se présente, mais avec une apparence de contact accidentel, à Bulgar-Maden comme à Leadville, ou encore comme à Pierrefitte, dans les Pyrénées ; à cet égard, les eurites du Laurion peuvent être à rapprocher de ces microgranulites ayant simplement joué le rôle de parois imperméables. Quoi qu'il en soit, ce type de gisements est généralement caractéristique de strates à peu près horizontales dans une chaîne plissée et de strates ayant dû occuper une position assez profonde dans cette chaîne pour y avoir souvent pris un aspect métamorphique. C'est pourquoi il y aura lieu un jour de rechercher la position exacte de ces strates métallisées par rapport aux écailles charriées du pays.

Il n'y a peut-être là, du reste, qu'un simple effet physique. Là où les strates étaient fortement inclinées ou verticales, on comprend que les eaux métallisantes ont dû monter directement par une ou plusieurs cassures en les incrustant ; mais elles n'ont pas été amenées à séjourner et à pénétrer profondément dans les calcaires, comme lorsque ceux-ci, restés horizontaux, étaient en contact avec une strate imperméable de microgranulite ou de schiste.

2° La question des serpentines et roches connexes est très délicate ; et, là même où l'on a eu l'occasion d'étudier le plus attentivement l'allure des roches dites ophiolitiques, comme dans les Apennins ou dans les Alpes [1], on n'a jamais donné de leur présence une explication tout à fait satisfaisante, non plus qu'une définition bien correcte de leur âge. Il apparaît, par exemple, que les serpentines d'une même région se rattachent souvent à deux ou plusieurs venues, dont tout au moins l'âge apparent est distinct ; et cela aussi bien en Turquie d'Asie qu'en Italie. En Asie Mineure, l'âge éocène d'un très grand nombre de serpentines n'est pas douteux ; on les voit en association intime avec les terrains éocènes à faciès de flysch ; et souvent ceux-ci affectent à leur contact une allure bouleversée, improprement expliquée autrefois en admettant un effet de la pression exercée par la montée de la roche éruptive, mais preuve néanmoins que ces serpentines se sont solidifiées dans une zone de l'éocène déjà fortement troublée. Leur influence chimique sur ces terrains encaissants est également souvent très nette. Mais, d'autre part, toutes les régions méditerranéennes à roches de ce genre accusent également la présence de serpentines qui s'arrêtent dans la série primaire ou à aspect primaire et dont l'âge semblerait, par suite, tout

[1] *Métallogénie de l'Italie*, p. 32 à 40.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à fait différent. Même en se bornant à la série récente, on a, en Anatolie, des exemples juxtaposés de serpentines paraissant être arrivées à des phases variables de la période supra-crétacée ou tertiaire.

En Asie Mineure, Spratt et Forbes, Russegger, Tchihatcheff, etc., ont signalé des masses importantes de ces roches qui recoupent nettement les calcaires éocènes en respectant le miocène[1]. On en a même trouvé à Chypre, qui traversent le miocène. Par contre, celles qui suivent le bord de l'Iris sont antérieures au crétacé. A Mételin, sans pouvoir arriver à une conclusion nette et malgré des rapports énigmatiques avec les roches éruptives tertiaires, rapports qui se reproduisent en Troade dans la région du Scamandre[2], j'étais plutôt arrivé à la conclusion que les péridotites serpentinisées accompagnaient les schistes anciens, comme elles le font dans le Plateau Central français, en s'associant aux amphibolites et diorites plus ou moins quartzifères[3]. Il est possible cependant que, dans ce cas, la position symétrique de deux masses serpentineuses sur les deux flancs d'un massif de schistes métamorphiques tienne à ce qu'il y a eu là autrefois une seule masse stratiforme, ultérieurement repliée, puis divisée en deux par l'érosion. Les études pétrographiques ont été beaucoup trop sommaires en Asie Mineure pour qu'on puisse assimiler entre elles les diverses roches classées sous la même dénomination. Il faut cependant signaler le caractère véritablement éruptif, à la façon des trachytes et andésites, qu'affecteraient, d'après divers auteurs, les roches serpentineuses de Lycie et de Cilicie et qui surprend d'abord quand on pense à des roches de structure granitique, d'origine probablement profonde, comme les péridotites.

A cette difficulté portant sur l'âge, il faut joindre que les masses serpentineuses n'ont souvent aucune racine, comme on l'a particulièrement bien constaté par les travaux souterrains pour le gîte toscan de Monte Catini. Ailleurs on voit toute cette série de roches vertes former, dans les terrains, des lentilles ou des boules, dont on s'explique fort mal la venue. Enfin, parfois il semble que la base de ces roches vertes soit la surface de frottement d'une nappe charriée. Le fait a été annoncé pour les serpentines nickelifères de la Nouvelle-Calédonie. J'ai cru observer quelque chose d'analogue à Monte Catini. Pour M. Termier, les roches vertes sont en nappes dans plusieurs points des Alpes, à l'Ouest de Briançon, dans les Grisons, dans la Basse Engadine. Quand j'ai abordé ce problème à propos de l'Italie, je suis arrivé à l'idée que ces roches représentaient un type d'intrusion, plus ou moins profonde, réalisé à diverses époques, au milieu de sédiments de divers âges, comme cela se produit pour le granite et, par conséquent, plutôt

[1] Voir Tchihatcheff. *Loc. cit.*, p. 469.

[2] Tchihatcheff. *Loc cit.*, III, 417.

[3] *Etudes sur la mer Egée*, p. 14 et 28.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

relié à une certaine forme de métamorphisme qu'à un certain âge de mouvement. Mais d'autres géologues ont émis aussi des idées toutes différentes : les uns y voyant une forme d'épanchement sous-marin avec tufs connexes ; d'autres le produit d'une concentration exercée par une sorte de filtrage dans des strates favorables sur des vapeurs émanées de la profondeur. Tous ces problèmes sont intéressants pour nous, non seulement parce que les serpentines occupent une place considérable en Asie Mineure, mais surtout parce qu'elles contiennent, comme partout ailleurs, de nombreux minerais : tantôt le fer chromé; tantôt la magnétite avec chalcopyrite qui, inexploitable généralement aujourd'hui, a dû jouer un rôle dans les métallurgies antiques; ailleurs encore des minerais de nickel, etc...[1]

Dans la Grèce continentale dont nous n'aurons pas à nous occuper ici et dans l'île d'Eubée, il existe des serpentines, d'âge sans doute éocène, qui suivent les plus anciens plissements W.-N.-W. pour se dévier à l'Est vers l'E.-W. et l'E.-N.-E. contre les plis crétacés de direction N.-E. D'après M. Negris[2], les manifestations principales de ces roches se trouvent contre cette déviation. Elles ont été accompagnées par des gisements ferrugineux de contact et de substitution dans les calcaires crétacés : gisements de fer qui, en Locride, au centre de l'Eubée, à Skyros, contiennent environ 1 p. 100 de chrome et parfois des traces de nickel.

3° Une remarque que nous venons de faire nous a amenés à parler des charriages. Il y a là une question très curieuse, que j'ai déjà soulevée à l'occasion de l'Italie et qui se présente également à nous à l'occasion de l'Asie Mineure, mais que, là plus que partout ailleurs, nous n'avons pas encore les éléments pour résoudre : celle des rapports entre les charriages et la métallogénie.

Ce n'est pas que ce rapport apparaisse direct ; mais la zone des plissements où se sont produits les charriages, a été en même temps, le siège d'un métamorphisme, qui, suivant les cas, a pris des caractères, tantôt dynamiques et tantôt chimiques. A ce métamorphisme chimique, exercé sur des zones de l'écorce ramenées en profondeur, ont pu se joindre des actions métallisantes et peut-être ce type, si essentiellement méditerranéen, des intrusions métallifères suivant les contacts des calcaires et des schistes, ou entre deux calcaires de compacité différente, ou encore entre des calcaires et des roches imperméables, a-t-il quelque rapport avec cet ordre d'idées. D'autre part, il existe, entre la mise en place des serpentines et la base des zones plissées, ou la partie inférieure des charriages, une relation possible qui, sans être encore démêlée suffisamment, apparaît d'une manière confuse en divers points. Les mine-

[1] Je ne parle pas ici des sels secondaires de magnésie, tels que l'écume de mer ou la giobertite, dont il sera question plus loin et qui se rattachent directement aux serpentines.

[2] Voir Negris. *Plissements et dislocations de l'écorce terrestre en Grèce.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rais eux-mêmes liés à ces serpentines, comme le fer chromé, ou parfois le cuivre et le nickel, se trouvent ainsi rattachés à la même manifestation tectonique. Malheureusement, nous le répétons, la question est encore très loin de sa maturité, même dans des régions mieux connues, à plus forte raison quand il s'agit de pays comme ceux de l'Asie Mineure, où nous ne savons même pas encore d'une façon précise s'il s'est produit des charriages (quelque vraisemblable que soit le fait), ni, par conséquent, quelle a pu être leur influence. Nous nous contentons donc d'indiquer ici un problème fort intéressant, qui nous paraît devoir exercer fructueusement la sagacité des géologues futurs.

Après ces remarques générales, si nous voulons aborder la description des quelques minerais connus en Asie Mineure, nous nous heurtons à une difficulté tenant encore au peu d'avancement de nos connaissances. Il est, en effet, presque impossible, dans l'état actuel des choses, de classer les gîtes à décrire suivant les zones naturelles de la tectonique et, par suite, de la métallogénie, comme nous essayons de le faire en général. Ces zones sont trop mal déterminées et un classement de ce genre aurait tous les inconvénients pratiques d'une répartition arbitraire. Nous allons donc adopter un système bâtard tenant à la fois de la géographie et de la géologie, dont nous ne nous dissimulons pas les défauts, mais qui nous a paru, en dernière analyse, le plus convenable pour cette région spéciale. C'est ainsi que nous étudierons successivement les groupes suivants compris dans la mer Egée, l'Asie Mineure, la Syrie et l'Arménie.

1° Région Nord de la mer Egée, se rattachant au massif primaire de la Macédoine, avec les filons-couches à sulfures complexes de Thasos ;

2° Groupe de l'Eubée, de l'Attique et des Cyclades ;

3° Mételin, Troade, Bithynie et Mysie ;

4° Chios, la Lydie, région de Smyrne, Phrygie, etc. ;

5° Région Sud de l'Anatolie, Rhodes et Lycie, Taurus (Bulgar-Maden), Chypre, Syrie et Palestine ;

6° Cappadoce, Pont, Arménie.

En terminant, nous examinerons quelques petites substances minérales, comme l'écume de mer, l'émeri, etc., pour l'ensemble de l'Asie Mineure.

1° NORD DE LA MER ÉGÉE. — MINES DE THASOS ET DU SUD DE LA MACÉDOINE [1]

Si l'on commence à étudier le massif macédonien en remontant jusqu'au Nord, on voit que les minerais sont rares dans la zone récente, à crétacé et tertiaire plissés, des Balkans. Ils ne reparaissent guère

[1] Nous avons donné autrefois une bibliographie de cette région dans nos *Études sur la mer Egée* (1898, Dunod).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que dans la région éruptive de Bourgas vers la mer Noire, où l'on

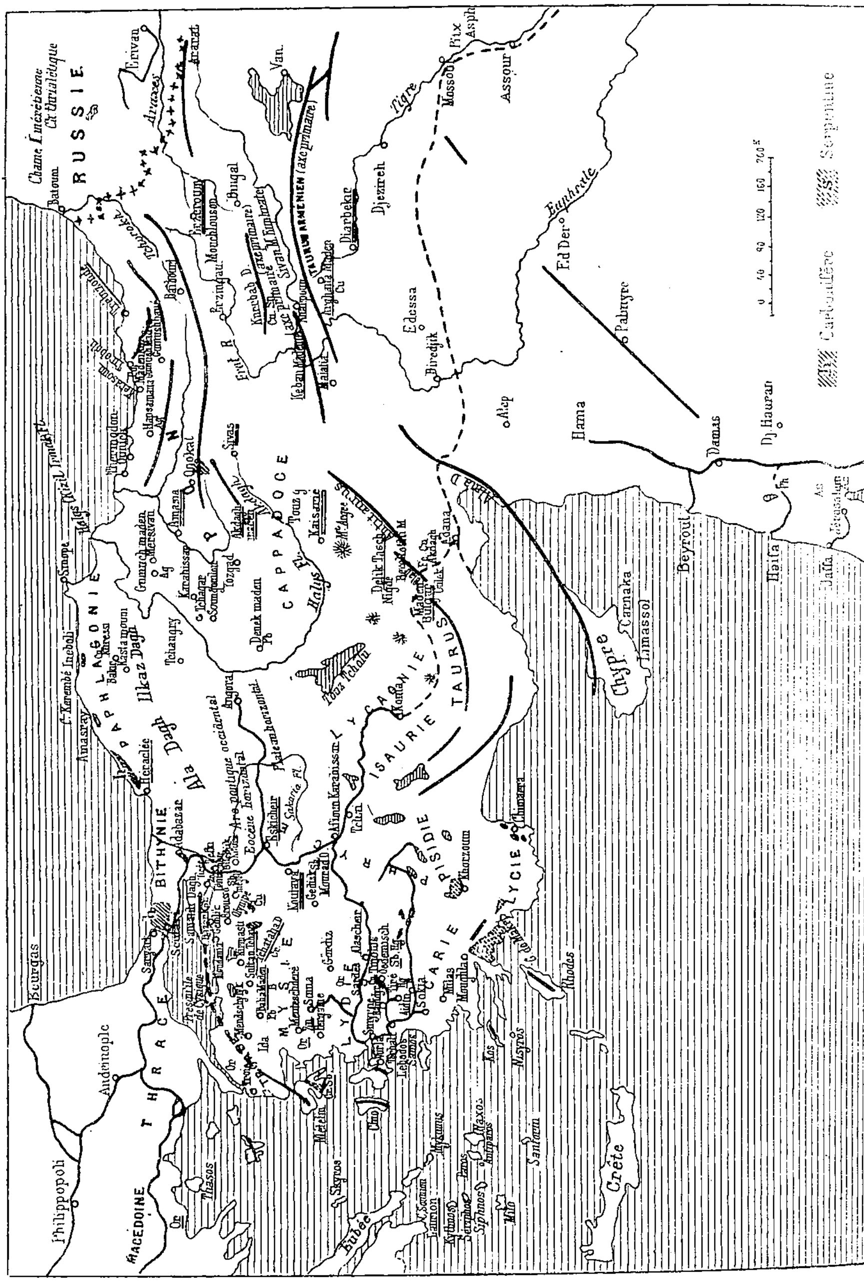


Fig. 62. — Carte d'ensemble des directions tectoniques et des gîtes miniers de l'Asie Mineure. (Échelle au 1 : 11.100.000.)

connaît des minerais de cuivre en relation avec des porphyrites. Plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

au Sud, on signale, au contraire, des indices de métallisation nombreux, mais fort mal connus, dans les massifs primitifs de Macédoine. En arrivant enfin à la côte de la mer Egée, nous allons en trouver un groupe d'un certain intérêt, qui comprend, avec les mines de Thasos, celles, classiques dans l'antiquité, du Symbolon et de Philippes.

Le massif, dont il s'agit ici, forme tectoniquement une unité distincte, qu'une profonde dépression marine, prolongée depuis les Thermopyles et la Locride jusqu'au golfe d'Ismid dans la mer de Marmara, sépare du véritable continent égéen, effondré et plissé à l'époque tertiaire [1]. Ce n'est pas à dire, d'ailleurs, que ce massif primitif n'ait pas été, lui aussi, disloqué et morcelé par les mouvements tertiaires dont les roches éruptives ont suivi les fissures. Les principaux gîtes métallifères que nous connaissions dans cette zone, ceux de Thasos, sont du même type méditerranéen que nous retrouverons partout plus au Sud, au Laurion, à Sériphos, etc.

Macédoine. — Nous nous contenterons de signaler ici les mines continentales de la Macédoine (Symbolon, etc.), qui du reste, sont mal connues et surtout fameuses par les travaux auxquels elles ont donné lieu dans l'antiquité. A cette époque, c'étaient des mines d'or; mais il y a lieu de faire, à ce propos, une remarque générale, c'est que les mêmes gisements peuvent, les siècles s'écoulant, apparaître comme la source de métaux de moins en moins précieux. Là où jadis on cherchait de l'or, nous rencontrons de la pyrite avec des sulfures complexes; là où on voyait une mine d'argent, il existe, pour nous, une mine de zinc et de plomb. Comme nous l'avons fait observer à diverses reprises, dans la plupart des points où les anciens extrayaient l'or, nous n'en trouvons plus en quantités utilisables, malgré nos méthodes d'extraction tellement plus perfectionnées; ils ont, en effet, écrémé des placers et des affleurements, qui avaient subi un double enrichissement, d'abord chimique, puis mécanique.

Dans la partie continentale, il nous suffira de citer les mines d'or situées à l'Ouest de l'antique Philippes, à Skapté-Hylé, à Daton, près de la côte, à Asyla près de Crénides, puis, en remontant le long du Strymon (Strouma), de Sérès vers Melnik et vers la frontière actuelle de Bulgarie, ou encore le mont Bermios en Macédoine, dans la région des lacs de Kastoria et de Prespa [2]. Diverses vallées contiennent encore des sables

[1] Voir fig. 7, p. 277, carte tectonique de la mer Egée.

[2] L. De Launay. *L'or dans le monde* (A. Colin, 1907, p. 93). — Pour la Turquie continentale, on peut consulter: — 1850-51. (Bul. Soc. Géol. Fr., 2e sér., t. VIII, p. 482). — 1889. Weiss. *Ueber Bergbaubetrieb und Mineral Vorkommn. in der Türkei.* — 1901. Blanc. *Les form. glaciaires et les dépôts aurifères de la région des Kara-Dagh* Turquie d'Europe) (Soc. Ind. min., C. R. mensuel, juillet, p. 205-206). — 1902. Fischbach. *Der Bergbau in der Türkei* (Montan-Ztg., p. 255-256). — 1902. *Charbon et pétrole en Turquie d'Europe* (Quart. J., p. 150 à 162). — 1907. *Die Mineralschätze*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

aurifères, où l'or est associé avec du fer oxydulé titanifère que l'on recueillait il y a une cinquantaine d'années, par lavage, pour l'utiliser.

Thasos. — Les gisements miniers de Thasos, objet d'importants travaux antiques, sur lesquels j'ai appelé l'attention à diverses reprises depuis 1887, ont donné lieu, dans ces dernières années, à une remise en exploitation, qui a permis de les étudier beaucoup plus en détail que je n'avais pu le faire dans une course très rapide de quelques jours. Un mémoire de M. Carlo Falco a résumé ces observations et, tout en différant d'avis avec lui sur les conclusions, nous lui emprunterons les faits qui vont être signalés[1].

De ses descriptions, il me paraît résulter à l'évidence que ces gisements de Thasos appartiennent, avec quelques variantes sur lesquelles nous allons revenir, au type que nous avons déjà signalé à diverses reprises sous le nom de méditerranéen, et dont les représentants les plus fameux sont ceux de la Sardaigne, du Laurion et de l'Algérie : c'est-à-dire à une venue filonienne ayant imprégné une série de schistes et de calcaires, en se localisant de préférence sur les contacts de ces deux terrains.

L'île tout entière est formée de schistes cristallins, alternant avec des calcaires métamorphiques plus ou moins marmoréens : série sédimentaire, dans laquelle les roches éruptives ne paraissent jouer aucun rôle (contrairement à ce que nous rencontrerons tout à l'heure dans des cas analogues à Balia-Maden et à Bulgar-Maden). Ces terrains présentent, dans leur ensemble, une horizontalité approximative, qui frappe d'abord comme offrant un contraste anormal avec l'âge ancien dont ces strates présentent tout au moins l'apparence. Cette horizontalité, que nous avons déjà notée comme un cas général pour ce genre de gisements[2], permet ici de reconstituer avec précision la série stratigraphique des terrains et d'analyser les mouvements de plissements, auxquels l'île a été ultérieurement soumise. D'après M. Falco, ces mouvements pourraient être représentés par une sorte d'anticlinal en fer à cheval enveloppant toute la partie centrale de l'île, où les strates sont restées horizontales et épousant grossièrement la forme circulaire des côtes : anticlinal, suivant lequel se manifestent des plissements et des dislocations qui ont localisé la circulation souterraine des eaux et les altérations connexes. Mes propres observations ont été trop brèves et

Mazedoniens (Nachr. f. Handel u. Ind., Reichsamt d. Innern, Berlin, n° 126, p. 4-5; n° 127, p. 6-8).

[1] Revue archéologique de 1888. — Archives des missions scientifiques et littéraires de 1890. — Annales des mines du 1er avril 1898. — Le travail de M. Falco forme une brochure de 32 pages avec 2 planches, publiée à Caltanisetta, en 1908, sous le titre : *Carta mineraria dell'Isola di Thasos.* — Il existe en outre, à Thasos, de très célèbres carrières de marbre dont nous ne parlerons pas ici.

[2] Page 610.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

trop restreintes pour me permettre de discuter cette conclusion, qui contredit, sur certains points, mes souvenirs. Mais, quelle que soit exactement la disposition des couches, il n'en est pas moins démontré que la grande majorité des gisements métallifères occupent, sur le versant Ouest de l'île, autour de Kakiraki et en allant de là vers l'échelle de Voulgaro au Nord ou vers le cap Astris au Sud, une zone d'imprégnation à peu près Nord-Sud. Tout le centre ne paraît pas métallisé et, dans l'Est, on retrouve seulement deux ou trois gisements médiocres aux caps Phanari et Pyrgos.

Comme il arrive toujours en pareil cas, les gisements situés dans les schistes ont pris une allure d'imprégnations très disséminées, avec rares lentilles interstratifiées un peu plus volumineuses : disposition qui les rend ici pratiquement inutilisables. Les calcaires, au contraire, et surtout dans le voisinage des schistes qui formaient un obstacle imperméable à la circulation des eaux métallisantes ou altérantes, ont offert des conditions beaucoup plus favorables : d'abord, à l'imprégnation et à la substitution moléculaires ; puis, à l'altération superficielle. C'est donc dans ces calcaires que sont exclusivement concentrés les gisements utilisables. M. Falco a fort bien remarqué que les gisements pouvaient se trouver dans tous les niveaux calcaires, ce qui exclut l'hypothèse (souvent proposée dans des cas pareils) d'une strate calcaire métallisée par elle-même au moment de son dépôt ; mais, ayant été frappé par les phénomènes de remise en mouvement qui sont habituels dans de semblables gîtes, il a cru pouvoir en conclure (à tort, selon nous) que le minerai, après s'être déposé avec les schistes, en avait été extrait et déposé dans les calcaires par des eaux de surface, auxquelles les fractures, résultant du plissement de la chaîne, avaient servi de chenaux.

Comme métallisation, le plomb et le zinc dominent dans les terrains calcaires, tandis que leur rôle semble insignifiant dans les schistes. Le fer et le cuivre sont plus généralisés ; on les trouve aussi bien dans les calcaires au Sud de Kakiraki, à Stronghilo Vouno que dans les schistes à l'Est de Liména. Cependant on a cru observer qu'ils étaient plus rares dans les calcaires : peut-être simplement, parce qu'en présence d'une circulation des eaux superficielles plus faciles, ils en avaient été plus aisément éliminés en raison de la solubilité de leurs sels. Cette présence du cuivre, qui a dû jouer un rôle important dans les exploitations antiques, introduit une différence avec les gisements de la Sardaigne, comme avec ceux du Laurion, mais se retrouve assez fréquemment en Algérie dans les gîtes semblables du groupe plombo-zincifère[1]. On peut ajouter la présence accidentelle de traces d'or associées avec des pyrites. L'attention a été spécialement attirée sur cette présence de l'or par une phrase d'Hérodote, qui affirme avoir visité personnellement des mines

[1] Voir également plus haut, pages 600 et 610.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'or sur la côte Est de Thasos. M. Falco a trouvé, en divers points, dans les minerais, de très faibles traces du métal précieux et, en un point dans les schistes situés au-dessus du monastère de Livadhi, une veine quartzeuse à teneur en or assez élevée.

Une autre différence avec le Laurion, qui a peu d'intérêt théorique, est qu'ici le contact inférieur des calcaires se trouve seul avoir été minéralisé, tandis qu'au Laurion on a des minerais, tantôt au contact supérieur, tantôt au contact inférieur.

Il faut enfin ajouter que les altérations superficielles, dites de métasomatose, ont joué un rôle notable. Il en est résulté, par exemple, l'accumulation de quantités de barytine près de la surface, ainsi que nous le retrouverons tout à l'heure à Milos et comme on l'observe en tant de gisements dans tous les pays[1]. En même temps, la blende s'est très généralement transformée en calamine ; la pyrite de fer et le mispickel (auquel des traces d'or ont pu être dues) ont donné des oxydes de fer et le cuivre a été presque totalement éliminé.

L'âge de ces gisements soulève une question, dont la solution aurait un grand intérêt pour nous, mais est, au moins dans l'état présent de la science, à peu près indéterminable. Nous ne serions pourtant pas éloignés, ici comme pour le Laurion, de croire, malgré l'intercalation des gîtes dans des terrains à faciès très anciens, et l'absence, dans l'île même, de toute roche éruptive tertiaire, que la venue métallifère remonte seulement à l'époque tertiaire et se relie au système de dislocations qui, pendant cette période, a si souvent et si violemment affecté le continent égéen.

Sans entrer dans des détails oiseux, on peut préciser par quelques observations locales, en suivant la zone métallisée du Sud au Nord. Ainsi, au cap Astris, dans le Sud, on a des oxydes de fer un peu zincifères provenant de pyrites dans les calcaires. A Kalives de Theologos, des calamines ferrugineuses avec barytine s'intercalent entre deux types de calcaires inégalement argileux. A Vouvès, des alternances de calcaires et de schistes presque horizontaux, avec rejets atteignant 25 m., présentent des oxydes de fer prouvant l'existence de la pyrite profonde, avec des calamines ayant l'allure des « griffons » du Laurion et une masse de 250 m. sur 60 m. ayant contenu de la galène (enlevée par les anciens) avec de la calamine, de la barytine, des indices de mispickel altéré et des traces de cuivre. Ce gisement s'enfonce au contact des schistes et du calcaire. Dans la région de Kokini Petra, des travaux anciens, épais de 5 à 6 m., suivent un contact semblable. De même, à Koumaria où, comme il arrive toujours dans les mines antiques, on a enlevé la galène argentifère pour laisser la calamine. A Sotiros, on a

[1] Tout récemment encore j'ai eu l'occasion d'en signaler un cas pour les gisements d'or d'Andavakoera à Madagascar (B. S. G. F, 1910). Voir plus loin, p. 626.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

suivi, toujours sur un contact, une colonne de galène enveloppée de calamine, avec barytine superficielle.

En dehors de Thasos, nous ne connaissons pas d'autres mines en exploitation dans le massif dont il s'agit ici. Cependant il y a peut-être lieu de rattacher au même groupe tectonique l'île de **Samothraki** où il existe, sur le flanc Ouest de l'Hagios Georgios, des veines de pyrite et galène englobées dans des schistes métamorphiques à amphibole, parfois épidotifères [1].

L'île d'**Imbros** [2] fort mal connue scientifiquement, renferme, paraît-il, dans des diorites, quelques nids de galène et de pyrite cuivreuse, sur lesquels on a fait, vers 1890, une recherche infructueuse. Cette île contient également des lignites, que l'on a essayé d'exploiter vers la même époque, mais que la compagnie a abandonnés, quoiqu'elle eût encore la concession pour plusieurs années.

2° GROUPE DE L'EUBÉE, DE L'ATTIQUE ET DES CYCLADES (SÉRIPHOS, SIPHNOS, MYKONOS, ANTIPAROS, NAXOS, MILOS, ETC.)

Nous serons très bref sur ce groupe, qui ne se rattache que de loin à l'Asie. Cet ensemble d'îles présente, malgré son morcellement, une certaine unité tectonique et nous allons y trouver représentés à peu près tous les types métallogéniques que nous avons signalés en commençant comme caractéristiques du type méditerranéen de l'Asie Mineure : minerais de contact dans les calcaires au Laurion, à Sériphos, à Siphnos, à Antiparos ; pyrite cuivreuse et fer chromé, ou simplement oxyde de fer avec traces de chrome et nickel dans les roches vertes du groupe (assez étroit géographiquement) de la Locride, de l'Eubée et de Skyros ; sulfures complexes reliés aux roches éruptives récentes à Milos. Il faut ajouter deux gisements d'une nature spéciale dont nous reparlerons dans un paragraphe final de ce chapitre : les magnésies de l'Eubée (giobertites) associées avec les serpentines, comme les écumes de mer d'Eski-cheir, qui vont être décrites plus loin, et les émeris de Naxos, englobés dans des calcaires métamorphiques comme ceux de la province de Smyrne.

Tectoniquement, nous rappelons qu'on a ici trois formations principales : 1° des schistes et calcaires cristallins d'âge primaire indéterminé ; 2° des calcaires crétacés et du flysch éocène avec serpentines connexes ; 3° dans le Sud, des roches éruptives récentes, dont les venues se poursuivent encore aujourd'hui à Santorin, etc.

[1] 1874. Rud. Hoernes. *Geol. Bau der Insel Samothrace*, 12 p. et carte géol. (Denk. der Wiener Akad., t. XXXIII).

[2] L. De Launay. *Etudes géol. sur la mer Egée*, p. 88.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Eubée, Locride et Skyros [1]. — L'Eubée comprend : dans le Sud, une série primaire, semblable à celle du Laurion, avec schistes à glaucophane, micaschistes, calcaires cristallins, etc. ; dans le Nord, du crétacé, du flysch et des serpentines ; enfin quelques couches pontiennes et levantines, auxquelles sont subordonnés des lignites à Kymi. On y a reconnu, en relation avec les serpentines éocènes, divers indices métalliques, dont aucun n'a donné lieu à une exploitation importante ; des amas de fer chromé, sur lesquels on a travaillé un moment, sont épuisés ; des minerais de fer, à 1 p. 100 de chrome, dont on retrouve l'équivalent, d'un côté à Skyros, de l'autre en Locride, sont ici inutilisés. Finalement, l'île d'Eubée n'a, comme industrie minière, que celle des carbonates de magnésie, dont on extrait chaque année des quantités assez notables : carbonates formant, dans la serpentine ou les schistes talqueux magnésiens connexes, des veines et amas à allure filonienne qui résultent évidemment d'une remise en mouvement superficielle exercée sur ces roches magnésiennes dans des conditions un peu différentes de celles qui, en tant d'occasions semblables, ont donné du talc : par exemple, à l'île d'Elbe [2].

Gisements plombo-zincifères et ferrugineux de contact dans les calcaires (Laurion, Sériphos, Siphnos, Antiparos, etc.). — Quand on essaie, comme je l'ai fait autrefois, de tracer une carte tectonique de la mer Egée [3], on voit apparaître, comme un trait bien caractéristique, la zone de terrains métamorphiques des Cyclades, qui se prolonge : vers l'Ouest, en Attique et en Eubée ; vers l'Est, très probablement, du côté de Samos, de Smyrne et de la Carie. Dans cette traînée métamorphique, les directions de détail des plissements sont souvent, comme il arrive précisément dans les massifs anciens, divergentes avec l'alignement général imprimé par des mouvements ultérieurs, et, aussi bien en Eubée qu'à Andros, à Tinos, à Naxos, à Paros, etc., elles affectent un sens N. S. ou N. E. — S. W. presque orthogonal sur leur alignement d'ensemble. Mais, dans toutes ces petites îles disséminées, la constitution est à peu près la même : schistes cristallins pouvant passer aux gneiss et marbres, auxquels s'ajoutent, dans le Sud, quand on approche de l'alignement volcanique Milos-Santorin-Nisyros, des roches éruptives tertiaires ou actuelles. Indépendamment même de ces dernières, les preuves d'accidents sont nombreuses. Toute cette mer Egée est composée de compartiments disparates : les uns récemment surélevés, avec traces de lithophages et terrasses marines jusqu'à une grande hauteur [4] ;

[1] Voir bibl. de l'Eubée dans les *Etudes géologiques sur la mer Egée* (Loc. cit., p. 109).

[2] Voir *Gîtes min. et mét.*, I, 573 et 574 ; *Coll. Ecole des Mines*, 1822 ; plus loin, p. 655.

[3] Comparer le schéma de la fig. 7, p. 277.

[4] 690 m. à Siphnos, d'après M. Negris (*Submersion et régression quaternaires de la Grèce ;* Bul. Soc. Géol. Fr., 1908, p. 422).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les autres affaissés, effondrés, prolongeant sous la mer des plates-formes continentales avec anciennes vallées.

Ces mouvements se sont prolongés jusqu'à une époque tout à fait récente et, bien qu'après les avoir annoncés très postérieurs à l'Éléphas antiquus dans l'île de Délos, on ait dû reculer le morcellement en ce point jusqu'au début du quaternaire, il n'en demeure pas moins certain que, depuis l'éocène jusqu'à nos jours, cette région a été le théâtre de manifestations éruptives, auxquelles se sont associés des mouvements du sol ayant pu présenter une grande amplitude.

Pour la métallogénie, cette zone semble également, autant qu'on en peut juger, présenter une certaine homogénéité. On y voit prédominer partout ce type de gisements que l'on peut considérer, d'une façon générale, comme caractéristique des terrains métamorphiques dans la zone méditerranéenne et que nous avons déjà rencontré à Thasos, etc. : des imprégnations sulfureuses complexes, où dominent les trois sulfures ordinaires de zinc, plomb et fer (B. P. G.) et cuivre accessoire, ayant pénétré, avec une allure ordinairement interstratifiée, dans les schistes et dans les calcaires, mais n'ayant pris une valeur industrielle que dans les calcaires, plus propres à de larges incrustations par la multiplicité de leurs diaclases, et surtout au contact de ces calcaires avec des schistes imperméables qui y retenaient les eaux incrustantes. En ce qui concerne les gîtes originels, il y a lieu de remarquer, nous l'avons dit, pour tous ces gisements dont l'équivalent approximatif se retrouve en Sardaigne et en Algérie, la possibilité que les charriages aient joué un rôle.

La zone, qui est ici métallisée, a été considérée par nous comme ayant dû occuper dans l'écorce une position intermédiaire entre la portion plus profonde à grands filons concrétionnés, ordinairement mise à jour dans les massifs hercyniens, qui peut être envisagée comme en représentant la racine, et la partie plus superficielle des terrains plissés (Alpes et Jura), où les minerais n'apparaissent plus, sinon à l'état sporadique et disséminé. Les charriages ont pu tant créer une zone facile de pénétration aux eaux que séparer l'épanchement intrusif de sa racine.

D'autre part, ces mêmes gisements sont intéressants pour leurs altérations superficielles, qui y ont pris une importance prépondérante jusqu'à constituer leur véritable type pratique. Par l'effet de ces phénomènes, on a eu la transformation ordinaire du sulfure de fer en oxyde, la concentration du manganèse, l'élimination du cuivre, la formation d'amas calaminaires, etc. : le tout en relation avec des grottes qui sont nombreuses et parfois célèbres. Le jour où l'étude de ces régions sera plus avancée, il y a lieu de signaler à l'attention une occasion d'y examiner sur le vif un problème curieux et d'un intérêt général : c'est la possibilité que des compartiments, autrefois superfi-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ciels de l'écorce, et à ce moment altérés, soient postérieurement descendus en profondeur à la faveur d'un effondrement et que ces caractères superficiels se soient ainsi trouvés conservés dans une zone située fort au-dessous du niveau hydrostatique actuel, au-dessous même de la mer. Une telle étude pourrait, à la fois, servir à éclaircir certains problèmes de métallogénie et, par contre-coup, donner une preuve de plus des effondrements en question. Il semble que la mer Egée, où ces effondrements sont si récents et certainement contemporains, dans leurs derniers effets, de l'homme, offre un champ particulièrement propice à cet examen.

Si nous prenons maintenant la zone en question de l'Ouest à l'Est pour en envisager les gisements métallifères, nous n'avons pas à décrire ici les mines du *Laurion* (ou Laurium) qui nous entraîneraient trop en dehors de notre sujet.

Cependant, comme ces mines célèbres sont l'exemple le mieux connu de gisements que nous retrouverons plus loin analogues sans être aussi bien outillés pour les étudier, nous allons rappeler brièvement leur constitution [1].

On sait qu'il existe, à l'extrémité S. E. de l'Attique, au Laurion et au cap Sounion, dans la région métallisée, un massif de terrains anciens métamorphiques formés d'alternances de calcaires marmoréens, parfois dolomitiques et de schistes micacés, que surmontent ailleurs, en discordance, les terrains franchement crétacés d'Athènes, de l'Acropole et du Lycabette, et que l'on a, par suite, considérés comme appartenant à une série réellement primaire et non pas seulement assimilée au primaire par son métamorphisme. C'est dans ce système que des métallisations, dont on ignore l'âge, mais que je serais volontiers porté à supposer tertiaires pour des raisons indiquées plus loin, ont développé des lits de sulfures métalliques suivant les contacts des terrains perméables et des terrains imperméables : le plus souvent, entre les schistes et les calcaires ; parfois entre les calcaires et un granite à grain fin, légèrement microgranitique, appelé localement eurite. Deux raisons contribuent à faire considérer ces minerais comme tertiaires et à les faire entrer, par suite, dans l'ensemble de la série méditerranéenne, quel que soit l'âge réel des terrains encaissants. D'une part, les plissements, qui ont affecté les strates du Laurion et joué un rôle dans la métallisation, ont

[1] J'ai eu l'occasion d'en faire une courte description, après une visite de la mine dans ma *Contribution à l'étude des gites métallifères* (Ann. des Mines, août 1897, p. 85). A la bibliographie du sujet que j'ai donnée, en 1893, dans le *Traité des Gites métallifères*, II, 387, on peut ajouter postérieurement : — 1895. Poszepny. *Ueber die Genesis der Erzlagerstätten* (Berg und Hüt. Z. Wien, p. 181, et Z. f. p. G. 1896 p. 154 à 157, avec carte). — 1896. Lepsius. *Die geol. Verhältn. der laurischen Lagerstätten* (Z. f. p. G. p. 152, avec bibliogr. antér. détaillée). — 1899. L. De Launay. *Les mines du Laurion dans l'antiquité* (Ann. des Min., juil., 32 p. et 1 pl.). — 1902. Ernst. *Ueber den Bergbau in Laurion* (B. u. H. Jahrb. von Leoben, t. L). — 1899. Daviot. *Contribution à l'étude du Laurium* (Autun, Bull. Soc. hist. nat., 106 p.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

influencé le crétacé. D'autre part, la roche, dite eurite, que les minerais paraissent avoir parfois suivie et à laquelle on a même pu attribuer l'origine des minerais en se fondant sur ce que, dans la zone métallisée, elle contient quelques traces de métaux, semble elle-même postérieure aux schistes crétacés d'Athènes [1].

Le mode de venue des minerais sulfurés dans les contacts de schistes et de calcaires où ils se sont localisés, reste énigmatique, comme toujours en pareil cas. On est porté, par assimilation, à les supposer arrivés par voie ascendante; mais les chenaux d'arrivée, peut-être placés très latéralement, restent ignorés, et les soi-disant griffons, auxquels on avait attribué jadis ce rôle, ne sont, la démonstration en est bien faite aujourd'hui, que des cassures postérieures aux minerais primitifs, où des remplissages secondaires ont été produits par remise en mouvement récente dans les diaclases du calcaire, au voisinage immédiat du gîte primitif.

Les minerais originels du Laurion, sur lesquels a porté ultérieurement une altération superficielle, dont l'importance pratique est capitale, sont formés de sulfures complexes de zinc, fer et plomb, légèrement arsenicaux [2], avec un peu de manganèse et de la fluorine, parfois abondante. Des traces de cuivre apparaissent également, par exemple au voisinage des eurites. Ces métaux sont, comme toujours, en proportion variable suivant les points : ce qui, industriellement, amène des différences radicales entre les divers quartiers de la concession. Ici, c'est la pyrite de fer qui dominait (avec manganèse connexe); là, c'est le plomb, sur lequel a porté tout l'effort des exploitants antiques; ailleurs, le zinc. On admettait, par exemple, il y a quelques années, la prédominance des galènes au centre, des galènes avec fluorine au Sud et au S. E., des pyrites avec altération manganésifère au Nord. Trois contacts principaux ont été signalés comme métallifères : le premier sous les schistes S^1, le second sur les schistes S^2, le troisième sous les schistes S^3; les lits de schistes et de calcaires qui alternent étant numérotés S^1, S^2, S^3, de haut en bas. Le troisième contact a fourni la plus grande partie de l'exploitation moderne.

Il ne faut pas se représenter, suivant ces contacts, des couches de minerai régulières, comme le seraient, notamment, des strates métallifères contemporaines de la sédimentation. Ce sont des zones de broyage irrégulières, où la richesse de la métallisation est en rapport immédiat avec l'abondance plus ou moins grande des fissures, improprement nommées croiseurs, ayant préexisté dans le calcaire et même dans le

[1] Des massifs de gabbros à olivine, souvent serpentinisés, recoupent, en de nombreux points, le crétacé de la même région.

[2] La proportion d'arsenic est assez forte pour que le Laurion soit devenu, dans ces dernières années, un producteur important de cette substance (1.500 tonnes de fumées arsénicales à 48 p. 100 en 1893).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

schiste Par là, ces gisements du Laurion se rapprochent de certains autres, qui en paraissent, au premier abord, tout à fait différents, tels que celui d'Euréka, dans l'Etat de Nevada, où une imprégnation métallifère remplit toutes les fissures en stockwerk d'un calcaire dans une zone de broyage comprise entre deux failles principales. En moyenne, l'épaisseur d'un contact métallisé ne dépasse pas, au Laurion, 3 à 5 m.; on y a pourtant trouvé localement des poches de 18 m. de haut. Suivant la loi courante, les intersections de plusieurs cassures, ayant facilité la circulation des eaux, ont amené un enrichissement, qui a pu prendre plus ou moins la forme de colonnes. Il faut, en outre, remarquer, comme nous l'avons déjà dit incidemment, qu'à côté de la métallisation principale développée dans le calcaire beaucoup plus propice à cette pénétration physiquement et chimiquement, il s'est produit également des veines dans les schistes, sur lesquelles l'attention a été moins attirée en raison de leur valeur insignifiante.

Nous avons, jusqu'ici, laissé de côté les altérations (métasomatoses), qui ont cependant contribué, pour une part prépondérante, à la disposition actuelle des gîtes. Cette altération a eu lieu suivant des lois que j'ai assez longuement développées ailleurs [1] pour me contenter ici d'un rapport sommaire. Nous aurons, d'ailleurs, l'occasion de les étudier bientôt dans le curieux gisement de Bulgar-Maden. Les eaux de surface, chargées d'acide carbonique et d'oxygène, circulant dans un calcaire fissuré par des diaclases au contact de sulfures métalliques qui les acidifiaient, ont produit leurs effets ordinaires d'oxydation, de carbonatation et de cémentation, tout en creusant dans les calcaires de véritables grottes, comme elles le font indépendamment même de tout minerai. La conséquence a été le développement, par voie secondaire, d'amas calaminaires (avec gypse connexe) et de lits manganésifères: le plomb ayant d'avantage résisté à l'altération et ne s'étant que localement transformé en cérusite. L'élimination presque complète du fer en sulfate a contribué à augmenter la proportion relative des autres métaux plus recherchés. Quand on s'enfonce, ces minerais transformés reprennent leur allure primitive de sulfures: d'où un appauvrissement pratique.

Remarquons en passant le développement superficiel du manganèse, si fréquent sur les affleurements de filons métallifères, où l'on en reconnaît à peine des traces dans la profondeur et que nous allons retrouver à Milos [2].

La zone métallisée du Laurion se prolonge un peu sous la mer au delà du cap Sounion, et les impossibilités pratiques d'une exploitation sous-marine dans ces terrains fissurés ont seules empêché d'en tirer parti.

[1] Notamment dans le mémoire cité plus haut : *Contribution à l'étude des gîtes métallifères.*

[2] Cf. *Métallogénie de l'Italie*, *loc. cit.*, p. 104.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On a donc quelques raisons d'établir un lien problématique entre cette métallisation et celle que nous signalerons bientôt à Milos, à peu près sur le même axe, qui marque les principales cassures et failles du Laurion.

A **Sériphos**[1], une compagnie française extrait, depuis une vingtaine d'années, 100 à 150.000 t. d'hématite rouge et brune par an (135.700 en 1907)[2]. Cette hématite, d'après les renseignements qui m'ont été communiqués, se présente dans les conditions habituelles aux produits d'oxydation provenant de sulfures métalliques complexes, dans lesquels dominait ici la pyrite de fer. On la trouve, en effet, par amas sans continuation profonde, dans des calcaires métamorphiques recouverts par des schistes amphiboliques. Les traces de la primitive imprégnation pyriteuse se montrent de tous côtés dans les champs sous la forme de blocs pyriteux plus ou moins transformés superficiellement en magnétite[3].

Siphnos forme la suite naturelle de Sériphos et du Laurion. Une compagnie française, dite des Mines de Siphnos et d'Eubée, a exploité, vers 1882, dans l'île de Siphnos, une concession de plomb et de zinc[4]. Il s'agissait là encore de zones métallifères dans des calcaires métamorphiques alternant avec des schistes, au voisinage de leur contact avec ces terrains imperméables. Ces gisements de Siphnos ont eu, comme leurs voisins du Laurion, dont ils n'ont pas retrouvé la prospérité dans les temps modernes, une grande importance dans l'antiquité. Activement exploités au VIe siècle avant J.-C., ils furent abandonnés le jour où, pénétrant au-dessous du niveau hydrostatique dans un terrain fissuré, on se trouva arrêté par l'abondance des eaux. C'est ce que la légende expliquait en disant que la colère d'Apollon avait noyé les mines. Auparavant, on en avait retiré des quantités notables d'argent sous la forme de galènes argentifères. Ainsi que dans toutes les mines antiques du bassin méditerranéen, la reprise moderne a eu, au début, pour but l'exploitation des calamines que les anciens avaient négligées. En pareil cas, c'est toujours par là que l'on commence, sauf à avoir la chance de retrouver en profondeur des masses plombifères ou complexes intactes que la supériorité de nos moyens d'épuisement permet d'exploiter ou que nos méthodes de triage plus perfectionnées et notre métal-

[1] 1906. Vallindas. *L'île de Seriphos* (en grec) (Bul. de la Soc. des Naturalistes d'Athènes, 3, p. 58-61; 4, p. 74-76. Geol. Centralblatt, IX, n° 1418).

[2] Voir plus haut page 106.

[3] J'ai eu l'occasion de décrire une transformation identique à l'île d'Elbe sur des blocs de pyrite exposés au vent salé de la mer (*Métallogénie de l'Italie*, Congrès géologique de Mexico, p. 85 et 112).

[4] La même compagnie possédait des gisements complexes de plomb, cuivre et fer, au Sud de l'île Eubée, dans la région de Carystos, à Vanitzi et au cap d'Oros. C'étaient, dans des strates de schistes métamorphiques avec calcaires, des filons rubanés de sulfures complexes, renfermant surtout de la galène et de la pyrite cuivreuse avec du quartz.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lurgie plus savante donnent le moyen de traiter. Je ne crois pas que cette tentative ait eu le succès qu'on en attendait.

Naxos. — L'île de Naxos ne présente, comme richesse minérale de quelque importance, que son émeri. Nous en donnerons plus loin la description, rapprochée de celle des émeris de Smyrne [1].

Dans la même zone géographique, on exploite des amas calaminaires dans les calcaires primitifs d'**Antiparos**, où les altérations superficielles, dont cette calamine porte l'empreinte, ont laissé également leur trace sous la forme de grottes célèbres. Ces mines produisent chaque année quelques milliers de tonnes de calamine (4.000 t. en 1907).

Milos. — Les gisements de Milos se présentent sous une forme très différente, en relation directe avec des roches éruptives tertiaires; mais leur présence au voisinage de tant d'autres gisements que nous venons d'énumérer peut apporter un éclaircissement à la formation des gisements précédents en laissant supposer, pour ceux-ci, une relation possible avec des roches analogues, par un départ plus lointain.

L'île grecque de Milos (ou Milo) renferme des minerais argentifères, qui ont donné, d'abord, de 1886 à 1895, beaucoup d'espérances, mais que des difficultés de divers genres ont empêché d'exploiter. Je laisserai de côté ici tout ce qui touche à la valeur industrielle des gisements pour n'en retenir que l'allure géologique.

Dans la courte monographie que j'ai publiée autrefois sur cette petite île, j'ai rappelé comment elle est formée, surtout : dans sa partie Ouest, de schistes cristallins et marbres rattachés au suprajurassique et au néocomien, avec dépôts tertiaires; dans l'Est, de roches éruptives recoupant le tertiaire. Les minerais sont en relation directe avec certaines de ces roches éruptives, les plus récentes de la série, qui sont des trachytes quartzifères à oligoclase, ou des liparites. Ils se rapprochent par là de ceux de Balia-Maden et fournissent peut-être un enseignement sur l'âge des grands gisements du Laurion. Ces minerais, sous leur forme originelle et profonde, qui est peu visible dans l'île, doivent être composés de sulfures métalliques divers, pyrite de fer et chalcopyrite, galène, blende, etc., avec quartz et peut-être barytine, formant des veines, nids et mouches irrégulières dans le trachyte. Mais l'allure des gisements pratiquement accessibles leur a été imprimée par une altération superficielle, qui a eu des résultats conformes à ceux que l'on observe (avec moins de netteté peut-être) dans beaucoup d'autres gisements.

En même temps que la pyrite donnait de l'oxyde de fer et que le

[1] Page 656.

[2] *Les minerais d'argent de Milo* (Bull. des Annales des Mines, sept. 1894, 12 p. avec bibliographie antér.). On exploite à Milos du soufre de solfatare et des meulières très réputées, qui sont du trachyte silicifié.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

trachyte se kaolinisait ou se silicifiait, on a vu se développer, par emprunt tant aux minerais qu'aux roches encaissantes, cette association du manganèse et de la barytine, dont j'ai si souvent eu l'occasion de montrer le caractère superficiel [1]. En même temps, les minerais faiblement argentifères de la profondeur donnaient lieu à des minéraux d'argent proprement dits et, notamment, à du sulfure d'argent isolé, ou encore, par l'action des eaux chlorurées, à des chlorures d'argent, comme on en observe sur les affleurements des filons du Mexique ou de l'Amérique du Sud. Il en est résulté un type intéressant d'argiles argentifères avec barytine remplissant des poches, souvent larges de 12 m. à la surface, mais qui, naturellement, se sont rapidement coincées ou appauvries en profondeur. Parfois on observe une superposition de dépôts manganésifères pouvant contenir des fossiles miocènes avec, au-dessus, de la barytine argentifère (cap Vani). Ailleurs, sous un trachyte pénétré de fissures barytiques et contenant de gros cristaux de barytine secondaire, on a de la barytine mélangée d'argile qui, vers la base, passe à de l'argile proprement dite, etc. En principe, l'argent, à l'état de sulfure finement disséminé, se trouve surtout dans l'argile plutôt que dans la liparite, ou même que dans les amas de barytine ou de manganèse.

Les travaux ont porté : en 1880, sur des galènes argentifères de Galana; en 1884, sur les argiles et liparites argentifères de Triadès (côte Ouest), d'où la Compagnie Serpieri retira 20.000 t. jusqu'en 1890, et où l'on a rencontré certaines poches particulièrement riches (jusqu'à plusieurs kilos d'argent à la tonne); enfin, depuis 1886, sur les gisements de la côte Est (Pilonisi, mont Mirovilia, Kimolos) et sur ceux du cap Vani au N.-W. Ce dernier gisement produisait, vers 1894, 18.000 t. de minerai.

Samos [2]. — En abordant l'île de Milos, nous nous sommes rapprochés du cercle volcanique bien connu de l'Archipel, qui passe par Santorin et Nisyros. Au Sud de ce cercle se trouve une zone tectonique et métallogénique très différente, où le crétacé et l'éocène l'emportent sur les terrains primaires ou les éliminent : zone comprenant la Crète, Rhodes et la Lycie. Si nous restons, au contraire, au Nord, nous pouvons rattacher plus ou moins directement à la zone précédente la région de Samos et peut-être celle, située au Sud de Smyrne, dont il sera question dans un paragraphe suivant.

Samos comprend de grands massifs de schistes cristallins et marbres, formant les principaux sommets de l'île, dans lesquels il existe quelques gisements de sulfures complexes, avec altérations superficielles, analogues à ceux décrits précédemment.

[1] Voir, notamment, page 618.

[2] 1847. Spratt. *Remarks on the Geology of the Island of Samos* (Quart. journ. of the geolog. Society, p. 65). — 1875. Nasse. *Ein Ausflug nach Samos* (Zeitschr. der Ges. für Erdkunde, t. X, Berlin). — 1892. De Stefani, Forsyth Major, William Barbey. *Samos, étude géologique, paléontologique et botanique*, 1 vol., à Lausanne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

3° NORD-OUEST DE L'ANATOLIE. — MÉTELIN, TROADE, MYSIE, BITHYNIE

L'Asie Mineure, dont nous abordons maintenant l'étude par le Nord-Ouest, présente, dans son ensemble, d'une région à l'autre, pour la tectonique et, par conséquent, pour la métallogénie, des divergences manifestes. Il semble cependant exister, entre la plupart des mines qui vont être signalées, ce lien commun d'appartenir à d'analogues formations d'âge tertiaire, représentées par les types principaux que j'ai déjà indiqués en commençant.

Dans l'Ouest de la Turquie d'Asie, les deux régions où nous connaissons les gites métallifères les plus nombreux sont celles qui s'étendent, l'une au Sud et S.-W. de Brousse, l'autre au Sud de Smyrne (cette dernière étudiée au paragraphe suivant). On doit en chercher la raison moins dans la constitution géologique que dans les conditions d'accès plus faciles. La plupart de ces gîtes sont, du reste, inexploités et, sans doute, d'assez médiocre importance. Progressivement, nos connaissances s'étendent un peu à d'autres régions à mesure que le développement des voies ferrées les rend abordables. Nous allons, dans la région considérée, suivre grossièrement, en commençant par le Nord, la direction E.-W. des zones tectoniques.

Bosphore. — Quand on part ainsi au Nord du littoral de la Mer Noire, on trouve d'abord une traînée carbonifère et dévonienne qui, depuis les environs de Constantinople, se poursuit parallèlement à la côte, par Héraclée, presque jusqu'à Sinope. Cette traînée, dont nous avons déjà parlé en étudiant ses richesses en charbon[1], accuse, par la présence des terrains primaires, une homogénéité qui apparaît aussitôt sur les cartes géologiques le plus sommaires. C'est un tronçon de chaîne hercynienne, qui, à l'époque tertiaire, semble avoir été plutôt disloqué et faillé que plissé, et dont une grande partie est recouverte par des terrains crétacés. Nous y connaissons peu de gîtes métallifères intéressants, si ce n'est dans la région tout à fait orientale, où se montrent, à peu près sur son prolongement, les rameaux de la chaîne pontique, pour lesquels nous renvoyons à un paragraphe ultérieur. Cependant nous allons dire quelques mots du gisement cuivreux de Saryari sur la rive européenne du Bosphore.

Ce gisement de *Saryary*[3], visité par Tchihatcheff en 1863, comprend des filons de pyrite de fer cuivreuse situés à la limite des terrains dévoniens (schistes argileux ou micacés à feuillets de quartz)

[1] Page 290.

[2] Toula a montré que le trias inférieur est discordant sur le dévonien du Bosphore.

[3] Tchihatcheff, *loc. cit.*, I, 493.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et de roches éruptives tertiaires et sur lesquels a porté une exploitation assez longue pour cuivre. Ce sont des veines sulfureuses avec quartz, auxquelles on a pu attribuer un rapport d'origine avec les roches éruptives qualifiées de dolérites, dans des conditions qui expliqueraient ce que nous allons observer bientôt à Balia-Maden et que l'on pourrait également rapprocher des observations faites par M. Lotti en Toscane, à Gavorrano, où la pyrite suit exactement le contact d'un granite avec des terrains sédimentaires[1]. Ce gisement a subi, sur son affleurement, les phénomènes d'altération ordinaires, qui ont produit des argiles, du kaolin, des sulfates de fer et de cuivre, des efflorescences de gypse et de soufre.

Sur le versant asiatique, le même auteur signale, dans l'île de *Prinkipos*, une exploitation d'hématite intercalée dans des calcaires primaires, probablement dévoniens[2]. Ces gisements, dont la disposition est mal connue, sont formés de veines et amas avec phénomènes de substitution irréguliers, intercalations de calcaires ferrifères ou stériles, etc., comme cela se produit d'ordinaire dans les calcaires et leur origine est sans doute à chercher dans des filons sulfureux qui auront, au voisinage de la surface, subi l'altération que l'on constate si souvent (en Algérie, dans les Pyrénées, etc.) pour les pyrites englobées dans le calcaire.

Mételin, Troade, Mysie, Bithynie. — Au Sud de cette zone, on croit apercevoir une zone incurvée qui, de Mételin, se poursuit en Troade, dans la presqu'île de Cysique et dans le Samanly-Dagh[3] (au Nord du lac de Nicée), en laissant au Sud les noyaux granitiques du Mont Ida et de l'Olympe de Bithynie. Nous n'attachons qu'une valeur très secondaire à cette observation; mais elle peut nous servir de jalon pour décrire, dans cet ordre, les gisements métallifères du Nord de l'Anatolie Occidentale. Ces gisements appartiennent aux divers groupes dont nous avons déjà signalé la généralité en Asie Mineure. On y trouve : *a*) des amas de fer chromé, ou de fer oxydé, avec traces de cuivre, reliés aux serpentines (très développées ici comme dans bien des parties de l'Asie Mineure) : *b*) des filons de stibine; *c*) des filons sulfurés complexes, peut-être rattachés à des roches éruptives tertiaires, dont la principale manifestation a donné lieu aux gisements de contact plombo-zincifères de Balia-Maden; *d*) des veines de pyrite aurifère dans les terrains anciens. Il sera question ultérieurement des borates et de l'écume de mer, qui se rencontrent dans la même région.

[1] On peut également comparer avec les gîtes de Bourgas, en Bulgarie, sur la côte de la mer Noire, où les minerais cuivreux sont en veines irrégulières dans des porphyrites. Voir p. 513, 527, 600, 629, etc.

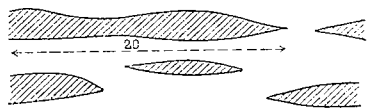
[2] *Ibid.*, I, 514.

[3] Naumann, au lieu de prolonger la presqu'île de Cysique par le Samanly Dagh, suppose un rebroussement de cette presqu'île vers le haut cours du Sakaria.

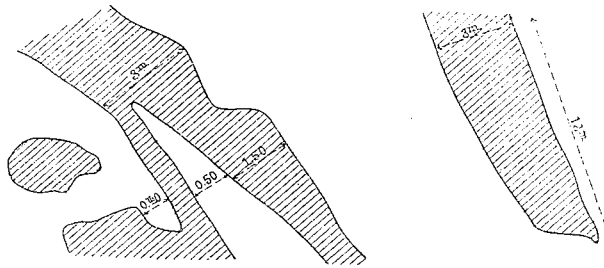
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

De ces gisements, je distinguerai aussitôt ceux de chrome et d'antimoine qui, par leur uniformité aussi bien que par leur indépendance à l'égard des filons sulfurés complexes, demandent à être groupés. Ce que nous en dirons pourra être retenu quand il s'agira de ces mêmes substances dans le reste de l'Asie Mineure.

a) **Fer chromé de Mételin, etc.** — Tous les gisements de fer chromé, dans le monde entier, affectent le même caractère. Ce sont partout des inclusions et des amas de ségrégation dans les serpentines : amas dont le cube total serait, d'après M. Vogt, proportionnel à celui des serpentines englobantes. Vu le développement des serpentines en Asie Mineure,



Plan théorique des amas de fer chromé de Tchardy (Kosloudcha), d'après M. Weiss.



Plan de détail à Mirankoï (Tchardy). Coupe verticale à Kosloudcha.

Fig. 63.

on ne doit pas s'étonner d'y voir également abonder le chrome. Comme nous l'avons dit, on a surtout exploité ce métal au Sud de l'Olympe de Bithynie, et en Lycie, au N.-E. de Rhodes.

En partant de l'Ouest, j'ai signalé autrefois de telles serpentines chromifères à *Mételin*. Ces serpentines dérivent là très directement de péridotites qui occupent les deux flancs d'un anticlinal de schistes métamorphiques et qui s'annoncent déjà par des veinules amphiboliques plus ou moins serpentinisées dans la partie supérieure de ceux-ci. On y trouve quelques amas de fer chromé avec opale et chrysotile.

La même traînée se retrouve en Troade, dans la région du Scamandre; mais elle a été surtout exploitée au Sud de Brousse.

La région chromifère de l'*Olympe de Bithynie* est située au Sud de cette montagne, à Tchardy; elle se prolonge vers le S.-W., dans le Tchataja-Dagh, au Sud de Kremasti.

A *Tchardy* (Harmandchyk) (fig. 63), on a des schistes N.-E. recouverts par des calcaires tertiaires : schistes, dans lesquels s'intercalent des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

masses serpentineuses de 15 ou 20 km. de large. Au milieu de ces serpentines, les amas de fer chromé forment des lentilles irrégulières, généralement allongées dans le même sens pour une région donnée : lentilles, dont la largeur moyenne est au plus de 2 ou 3 m., la longueur pouvant atteindre 30 m. et la profondeur à peu près autant. Souvent une masse principale est accompagnée, sur son bord, de petites lentilles secondaires. Une masse plus développée à Daghardy avait 70 m. de long, 25 de large et 20 de haut. Ces lentilles ont un plongement variable, qui rappelle celui des schistes encaissant la serpentine et qui peut devenir vertical.

Les amas sont, suivant les points, non seulement de taille inégale, mais aussi de teneur très variable en fer chromé, pouvant atteindre jusqu'à 50-56 d'oxyde de chrome. Leur dureté inégale et les facilités plus ou moins grandes d'abatage influent beaucoup sur leur valeur.

b) **Gisements d'antimoine de l'Anatolie Occidentale.** — L'antimoine est, comme le fer chromé, une substance assez commune en Anatolie, qui s'y présente à peu près partout dans les mêmes conditions et qui donne lieu à une exploitation industrielle dont nous avons déjà dit l'importance relative. Etant donnée l'insuffisance de nos renseignements géologiques sur les gisements antimonieux, nous allons les grouper ensemble pour la commodité de la description.

La stibine y forme, comme c'est le cas pour tous les gisements des terrains primaires, des veines irrégulières et tendant souvent à s'interstratifier dans les schistes, plutôt que de véritables filons. La formation est toujours irrégulière. Le minerai n'est accompagné, d'après les descriptions, que de quartz et de pyrite. Cependant il faut peut-être attacher quelque intérêt au rapprochement, que nous indiquerons tout à l'heure, entre un des plus importants parmi les gisements et une mine de cinabre. L'association du mercure et de l'antimoine est, en effet, une des particularités intéressantes des formations tertiaires en divers pays, notamment dans le Nord de l'Afrique, où l'antimoine apparaît dans des conditions différentes de celles des chaînes anciennes, associé à d'autres sulfures métallifères, parmi lesquels le cinabre, dans un véritable remplissage filonien.

Des gisements d'antimoine existent : au Nord, dans l'île de Mételin; puis au Sud de Sultan-tchair; enfin à l'Est de l'Olympe de Bithynie. On en trouve de plus importants au Sud de Koutaya et enfin au Sud-Est de Smyrne. Tous ces gisements sont des filons de stibine, contenant plus ou moins de pyrite et encaissés dans des schistes argileux, schistes métamorphiques, micaschistes ou gneiss.

A *Mételin*, j'ai visité autrefois, au Nord de Skopelo, des veines de quartz à stibine sans importance pratique, interstratifiées par intrusion dans des micaschistes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A *Démir-kapou,* au Sud des mines de borates de Sultan-tchair, on a exploré jadis des lentilles de quartz avec stibine, intercalées dans les schistes argileux, sur 2 m. de long et quelques centimètres de large.

Plus au N.-E. et à l'Est de l'Olympe de Bythinie, entre Inegol et Biledchik, à *Sulukköi*, c'est dans des gneiss que l'on a exploré sans succès, il y a une vingtaine d'années, des lentilles antimonieuses.

Enfin, si nous nous enfonçons dans l'intérieur, des mines qui semblent, au contraire, avoir une importance sérieuse, sont situées au S.-W. de *Koutaya,* à environ 24 km. E. de Gedis, au Nord du Murad-Dagh, à Gömektchiftlik-Antimonmaden. Elles appartiennent à la liste civile du Sultan, qui les a affermées à une société grecque.

Ici il s'agit de filons et veines dans un gneiss amphibolique passant à un cipolin. Les filons, très irréguliers, comme c'est le cas à peu près constant pour l'antimoine, changent sans cesse d'allure et d'épaisseur. Ils ne dépassent pas quelques centaines de mètres de long, avec au maximum 2 m. d'épaisseur. On les a seulement exploités à ciel ouvert.

c) **Gisements sulfurés complexes. — Or de la Phrygie. — Plomb et zinc de Balia-Maden, etc.** — En partant de l'Ouest, les filons sulfurés complexes font défaut à *Mételin,* où, dans notre exploration de 1887, nous n'avons eu à signaler qu'un peu de chrome ou d'antimoine.

Il est impossible de préciser à quel groupe se rattachent les gisements d'or de la *Phrygie,* classés ici provisoirement, faute de document sérieux[1]. D'après les auteurs anciens, Tantale et les Pélopides, puis Priam, tiraient leur or des mines d'*Astyria*, au Nord de Troie, qui, jadis très riches, comme le montraient la masse des déblais et la profondeur des excavations, ne donnaient plus, dès le temps de Strabon, que des produits insignifiants.

Ces mines antiques d'Astyria ou d'Eugastiria ont été assimilées aux filons de quartz aurifère de Cab-tach, près du village de Serdjiler, dans le sandjak des Dardanelles. Il y a là un grand filon de quartz peu minéralisé, contenant quelques nids de quartz carié avec des oxydes ferrugineux provenant de la décomposition des pyrites. Peut-être cette venue sulfureuse se rattache-t-elle aux roches éruptives tertiaires. On n'a pu y faire, dans les temps modernes, aucun travail utile[2].

Vers l'Est, le groupe de *Balia-Maden*, ou Balia-Karaidin, sur lequel nous allons insister, est d'une toute autre importance.

Les gisements de Balia-Maden et Gumush-Maden, en Mysie, donnent

[1] L. De Launay. *L'or dans le monde*, p. 92. — Voir sur Mételin : L. De Launay. *Etudes géologiques sur la mer Egée;* Annales des Mines, 1898. — Sur la Troade : 1883. J.-S. Diller. *Notes on the Geology of the Troad* (Quart. Journ. Geol. Soc., t. XXXIX, p. 627-636). — 1897. A. Philipson. *Geologische geographische Reiseskizzen aus dem Orient* (Sitzungsber. Niederrhein Ges. f. Natur und Heilk., Bonn).

[2] Coll. Ecole des Mines, 1736.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lieu, depuis longtemps, à une exploitation assez active, qui y a attiré quelques ingénieurs et nous a valu des descriptions relativement précises [1]. La direction de plissements N.-E., qui prédomine entre Smyrne et la Mer de Marmara, comme dans une grande partie de l'Archipel grec et dans la Thrace, y est accusée notamment par une zone de calcaire carbonifère que Bukowski a signalée. Mais l'agent essentiel dans la métallisation semble avoir été une andésite augitique, dont le contact avec le calcaire a amené la production des minerais. D'après les observations de MM. Weiss et Berg, ce contact n'a pas seulement joué là un rôle physique comme celui du schiste et du calcaire à Thasos, au Laurion, en Sardaigne, etc. La venue andésitique a parfois développé, dans le calcaire encaissant, une gangue de grenat, augite, épidote et anorthite, au milieu de laquelle des sulfures métalliques ont cristallisé en même temps que ces minéraux. Bien que les amas exploitables ne soient pas directement liés à cette gangue métamorphique et affectent plutôt une sorte de caractère filonien, il y a là pourtant quelque rapport avec les conditions de gisement que nous avons déjà rencontrées dans le Turkestan [2] et qui rappellent le type classique du Banat. Elles nous éclairent peut-être sur ce qui a dû se passer dans l'autre grand gisement plombifère d'Asie Mineure, à Bulgar-Maden, où les minerais, nous le verrons, occupent une zone de contact entre un calcaire dévonien et des microgranulites. Indépendamment de toute théorie, le gîte de Balia-Maden accuse, en outre, une métallisation tertiaire incontestable, puisqu'elle est postérieure à l'andésite.

La description de M. Weiss montre un développement de sulfures métalliques et de silice au contact d'une andésite augitique avec un calcaire carbonifère, dans une zone de 2 à 5 m. de large. Le long de ce contact, le calcaire a subi un métamorphisme qui l'a silicifié et il s'est produit, par endroits, un silicate, dont l'étude microscopique, faite par M. Berg, montre bien l'association originelle des sulfures avec les autres minéraux du métamorphisme. D'après celui-ci, en effet, ce silicate, substitué à un calcaire dont il reste à peine une faible proportion, contient, classés par ordre de consolidation : 1° de l'épidote; 2° du grenat avec de la pyrite; 3° de l'anorthose avec de la galène. Les sulfures métalliques se sont développés par nids ou amas, au voisinage du contact, soit dans le calcaire, soit surtout dans l'andésite même, où l'on a rencontré quelques beaux nids, en relation probable avec des fissures, dans lesquelles ils suivent des colonnes. Ainsi on a exploité un moment, dit-on, un paquet de galène presque compact encaissé dans l'andésite, ayant

[1] Voir plus haut, p. 95. — 1892. Bukowski. *Die geol. Verhältn. der Umgebung von Balia-Maden im nordwestl. Kleinasien* (Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien. Mathem. naturw. Cl., t. CI, p. 214-235, 2 pl. dont 1 carte). — 1901. K.-E. Weiss. *Kurze Mittheilungen über Lagerstätten im Westlichen Anatolien* (Z. f. p. G., p. 253). — 1901. Berg. *Contact metamorphen Lagerstätte von Balia Maden* (Z. f. p. G., p. 365).

[2] Page 601.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

26 m. de long, 3 à 5 de large et plus de 6 de profondeur. Il est assez fréquent, d'après M. Weiss, de trouver de la galène sur plusieurs mètres d'épaisseur, en forme de colonnes. On considère comme favorable, le cas où le calcaire est au-dessous de l'andésite. Ce contact est souvent marqué par une sorte de salbande argileuse et bréchiforme, qui accuse un mouvement de glissement postérieur.

Les minerais primitifs sont, avec de la galène et de la pyrite qui dominent, de la blende, un peu de pyrite de cuivre, du mispickel et du cuivre gris. La blende est assez riche en cadmium. Les altérations postérieures ont donné de la calamine et de la smithsonite, de la cérusite, de l'oxyde de fer et kaolinisé les feldspaths.

Près de Balia-Maden, il s'est produit, comme au voisinage de tous les systèmes métallifères analogues (Laurion, etc.), un peu de minerai de manganèse, que l'on a exploité pour l'ajouter dans les fours de fusion comme moyen d'éliminer le fer. Ce manganèse se trouve près du contact de l'andésite augitique avec le calcaire. Il est en relation avec des diaclases du calcaire, parfois élargies en véritables grottes pouvant atteindre 100 m. de capacité ; ce qui prouve une fois de plus le rôle des altérations superficielles, sur lequel nous avons souvent appelé l'attention. La pyrolusite y est mélangée avec les résidus argileux de la dissolution du calcaire.

Si nous descendons un moment plus au Sud avant de passer à l'Olympe de Bithynie, nous pouvons noter en passant des travaux situés au Sud de Kirmasti, à Dumbeltek et Quetchdéré : travaux ayant porté sur de la galène renfermée dans du calcaire. Suivant Weiss, ce gisement pourrait avoir un rapport, comme à Balia-Maden, avec une roche éruptive qui n'en est pas très éloignée. Nous signalerons également quelques autres gisements, situés dans le Sud de la Mysie, dont l'origine peut être analogue.

A 4 km. Sud de *Mentechdéré*, 30 km. N.-W. de Soma (Mysie), on trouve, dans une andésite décomposée, une sorte de stockwerk contenant des filets de calcite et barytine, larges de 1 m. à 5 m., dans lesquels se présentent galène, pyrite cuivreuse et pyrite. La roche renferme, en outre, quelques lentilles de quartz et braunspath avec galène et blende ayant quelque 5 cm. de large sur 30 de long. Mais on n'a fait, sur ce point, aucune tentative d'exploitation.

Un gisement très analogue existe à 6 km. plus au Sud, à *Beigirlerkoi* : également de la galène et de la blende avec barytine dans un trachyte.

Enfin, à 10 km. de *Pergame* (Berghama), près de travaux antiques qui ont dû porter sur la galène argentifère, on connaît des amas calaminaires avec un peu de galène et de pyrite cuivreuse, formant des poches ou traçant des colonnes dans un calcaire au voisinage d'un trachyte, dans des conditions qui peuvent donc encore rappeler Balia-Maden.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Le groupe métallifère qui se rattache à l'Olympe de Bithynie a déjà été signalé précédemment pour le chrome et l'antimoine. On y rencontre quelques autres métaux pouvant se rapporter au type dont nous nous occupons en ce moment.

A 45 km. E.-S.-E. de Brousse, à 3 km. d'*Hairié*, dans une région qui présente également de l'antimoine, un amas pyriteux de 10 m. de large, intercalé dans le calcaire, contient un peu de pyrite cuivreuse disséminée.

Non loin de là, également dans le calcaire, deux couches pyriteuses avec galène se présentent interstratifiées dans une série de calcaires et schistes, où s'intercalent des porphyres, l'une entre le porphyre et le schiste, l'autre entre le porphyre et le calcaire.

Si nous poussons enfin vers l'Est, entre Nicée (Isnik) et Ieni-cheir, près de *Kiraslijaila*, on a fait une tranchée à ciel ouvert sur des veines parallèles de quartz avec blende, galène et un peu de pyrite cuivreuse, intercalées dans un porphyre décomposé. Ces veines sont très pauvres.

A 5 km. S.-W. du *lac de Nicée*, des schistes argileux, traversés par du porphyre, contiennent de l'oxyde de fer en masses dans l'un et l'autre.

Également au voisinage du port de *Gemlik* (16 km. S.-S.-E.) on connaît, dans les schistes argileux, à Saetzchköi, un affleurement de pyrolusite siliceuse. Il en existe aussi près du port de Moudania.

4° CHIOS, LYDIE, RÉGION DE SMYRNE, ETC.

A *Chios*, on a fait quelques essais d'exploitation aurifère, sur lesquels nous ne possédons aucun détail [1].

Le groupe de *Smyrne*, étant d'un abord facile par le seul réseau de voies ferrées un peu dense que présente l'Asie Mineure et rappelant, d'autre part, des souvenirs de prospères exploitations antiques, a particulièrement attiré l'attention. Les résultats, on peut le dire insignifiants, qu'on y a néanmoins obtenus, sont peu encourageants pour l'avenir.

On y connaît, outre les filons sulfurés complexes, le chrome et l'antimoine, dans les conditions analogues à celles qui ont été précédemment signalées. Nous commencerons par dire quelques mots de l'antimoine, et du mercure qui s'associe parfois à lui.

La région située au Sud de Smyrne [2] présente, parmi divers affleure-

[1] Sur Chios, voir p. 295 pour le lignite. — Cf. Teller (Denkschr. der Akadem der Wissenschaft. Wien, 1880, t. XL, p. 340 à 356, avec carte géologique en couleurs et bibliographie, p. 340,

[2] 1841. Hamilton et Strickland. *On the Geology of the west part of Asia Minor* (Trans. Geol. Soc., London, t. VI). — 1845. Spratt. *Observations on the geology of the southern part of the gulf of Smyrne and promontory of Karabournou* (Quart. Journ. Geol. Soc., t. I, p. 156-160). Coll. Ecole des mines, nos 1203 et 2499, antimoine de Sazly-déré, 44.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ments de ce métal, un gisement exploité d'une certaine importance et qui a, en outre, pour nous, cet intérêt d'accuser le rapprochement avec le mercure que j'ai signalé en commençant. Cette mine de Tchiulikaya est à 20 km. S.-E. de Oedemich (100 km. E.-S.-E. de Smyrne), sur le flanc N.-W. du Baliamboli-Dagh, près d'une mine de mercure. On signale plusieurs filons; mais on n'en exploite qu'un, formé de deux veines voisines et parfois réunies, que l'on peut suivre sur plusieurs kilomètres. Leur épaisseur variable peut atteindre plusieurs mètres. Cette fracture métallisée se trouve au contact de deux catégories de schistes différentes. Elle est remplie par des matériaux empruntés à ces schistes avec un mélange de stibine et de pyrite, où la proportion de pyrite s'est accentuée en profondeur.

Au voisinage, près des villages de *Kalikoï* et de *Kouré*, les micaschistes et schistes argileux contiennent diverses veines pyriteuses renfermant parfois des traces de mercure, ou même des filets cinabrifères, qui ont pu laisser supposer l'existence d'un gîte exploitable, mais encore inexploité.

Plus près de Smyrne, dans la même direction, à 18 km. de *Tiré*, près de Habibler, on connaît, dans les schistes argileux, un filon rempli de débris de ces schistes cimentés par du quartz, avec de la pyrite et des traces à peu près insignifiantes de cinabre. Mais, au voisinage, on trouve, dans les mêmes schistes, une série de petits filets cinabrifères, où le cinabre est seul, ou associé avec un peu d'oxyde de fer indiquant la présence de la pyrite en profondeur.

On doit rattacher au groupe sulfuré complexe les minerais de *Lébédos*.

De 1878 à 1883, puis vers 1894-95, on a fait là des tentatives d'exploitation à *Izab-Dagh*, 70 km. Sud de Smyrne, au bord du golfe de Samos. Les gisements rentrent encore dans le type des minerais plombo-zincifères de contact que l'on trouve, en tant de points, sur tout le bassin méditerranéen, aussi bien en Turquie d'Asie qu'en Algérie ou en Sardaigne. Ces minerais se sont déposés au contact des calcaires métamorphiques et des schistes, sous la forme de poches irrégulières, que l'altération ordinaire de la surface a transformées en amas calaminaires, avec restes de galène et oxydes de fer. On a trouvé, par endroits, des affleurements atteignant 40 m. de puissance ; pratiquement, on avait distingué trois ou quatre soi-disant filons arrivant à 15 m. de puissance totale. A Gumuldur, au lieu dit Kimituria, on a rencontré, dans des travaux antiques, des filons de belle apparence, qui se sont rapidement coincés en profondeur. Des affleurements du même genre se prolongent à 5 km. de là, vers *Seitan-Déré* dans une montagne d'un accès difficile.

Plus à l'Est, Weiss signale à *Bayndyr* un filon de plomb encaissé dans des micaschistes[1]. C'est un peu plus à l'Est que se trouvent, également

[1] Voir Coll. Ecole des mines, 2395, gîte de zinc de Gumuldur, près Smyrne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans des schistes, les veines antimonieuses de Tchinlikaya et les filets de cinabre de Kuré ou de Habibler. Toute cette région est classée dans les terrains indéterminés.

Des mispickels, réputés aurifères, mais dans lesquels l'analyse faite par M. Weiss n'a décelé qu'un peu de cobalt, se trouvent encore dans cette même région au S.-E. de Smyrne, où nous venons déjà de signaler l'antimoine et le mercure. Près de *Tiré*, un gneiss tendre renferme une série de minces lentilles de quartz interstratifiées, qui contiennent parfois du mispickel ; des cassures rejettent ces lentilles et semblent avoir été l'occasion d'un enrichissement : on y trouve le mispickel en lentilles, en nids ou en filets irréguliers. A 10 km. de là, à *Darmanlar*, il existe également quelques poches de mispickel alignées. La columbite est assez fréquente dans cette région sous la forme de filons quartzeux et semblerait indiquer une venue stannifère d'un type plus ancien que les autres gisements tertiaires, dont il sera généralement question en Asie Mineure. La présence du mispickel est toute naturelle dans ce groupement.

On signale également vers *Moughla*, en Carie, au Sud de Smyrne, un gisement de topaze en jolis cristaux ressemblant à ceux du Brésil. Ce gisement, en dehors de son intérêt propre, est à noter en raison de l'association fréquente de semblables topazes avec des granulites, qui elles-mêmes renferment parfois des gîtes stanifères. La région en question est surtout formée de gneiss et de micaschistes.

Peut-être faut-il établir un lien hypothétique entre les traces d'or que nous venons d'indiquer et l'origine des célèbres sables aurifères du *Pactole* (aujourd'hui Kara-sou) en Lydie. En 1903, on a annoncé la découverte de mines aurifères dans le mont Tmolos (Boz-Dagh), aux environs de cette fameuse rivière [1].

A 14 km. W. d'*Oedemich*, on trouve, dans de grands vides qui doivent être des travaux romains, des veines de pyrite un peu cuivreuses intercalées dans le micaschiste et des veines quartzeuses avec les mêmes minerais, qui les traversent.

Enfin, dans ce groupe métallifère, on peut signaler la présence du fer, due sans doute à l'altération superficielle de filons pyriteux. L'attention n'a été naturellement attirée que sur les gisements littoraux de ce métal, dont la situation au voisinage des côtes aurait pu à la rigueur permettre l'exploitation. Ceux qui se trouvent dans l'intérieur du pays restent à peu près ignorés. L'un de ces gisements de la côte, situé à 8 km. W.-S.-W. de Vourla, se compose d'hématite brune encaissée dans les schistes argileux.

Pourtant, à 9 km. Nord de l'embranchement de Torbali, à l'Est de

[1] Communication faite le 6 février 1903 à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres par M. Collignon.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Smyrne, on connaît encore de l'hématite brune et du braunpath dans des calcaires, auprès de leur contact avec des schistes micacés.

5° RÉGION SUD DE L'ANATOLIE, RHODES ET LYCIE[1], TAURUS (BULGAR-MADEN), CHYPRE, SYRIE ET PALESTINE.

Dans la région Sud de l'Anatolie, nous allons avoir à examiner deux groupes de gisements analogues à ceux que nous avons rencontrés précédemment : amas de fer chromé et de magnétite de la Lycie dans les serpentines; gîtes plombifères de contact de Bulgar-Maden.

Fer chromé et magnétite. — Une zone de plissements post-éocènes Nord-Est (Dinarides), qui semble partir de Rhodes pour aboutir sur la côte de Lycie et à laquelle se substituent, sur le continent, des plis tauriques dirigés Nord-Ouest, renferme de nombreuses serpentines, parfois avec fer chromé.

Ces serpentines de la côte Lycienne paraissent recouper très nettement, comme de véritables roches éruptives, des calcaires crétacés et éocènes. Tchihatcheff a observé souvent, à leur contact, le métamorphisme des calcaires éocènes. Plus dans l'intérieur, près de la ville de Khorzoum (antique Cybira), des roches analogues renferment de grandes quantités de fer oxydé, qui semblent avoir fourni dans l'antiquité les fers très renommés de cette région. Les exploitations de fer chromé s'y trouvent surtout au voisinage du golfe de *Makri*, un peu aussi dans l'île de Rhodes.

A *Rhodes*, j'ai pu voir des serpentines associées à des dépôts éocènes du flysch, qui recouvrent en concordance les calcaires crétacés et, dans ces serpentines, auxquelles s'associent des diabases et gabbros, des amas de fer chromé exploités à Apollonia et Platania.

Notons en passant que, dans des roches du même genre, sur la côte Est de Lycie, à Yanartach, il se produit un phénomène déjà célèbre dans l'antiquité sous le nom de Chimère, ou Chimiera, et vérifié par des savants modernes : ce sont des jets de gaz inflammables sortant des fissures d'une serpentine, comme dans les salses des Apennins, sur la côte d'Albanie, à Apollonia, etc.[2]

Quand on s'enfonce vers l'Est, d'autres massifs serpentineux occupent,

[1] 1847. Spratt et Forbes. *Travels in Lycia, Mylas, and the Tibarytis* t. II, p. 181. — 1869. Tchihatcheff, *loc. cit.*, III, 424. — 1885. Tietze. *Beiträge zur Geologie von Lycien* (Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt, t. XXXV, p. 361). — 1889. Petersen et Von Lüschen. *Reisen in Lykien. Milyas, und Kibyrotis* (Vienne). — 1891. G.-V. Bukowski. *Kurzer Vorber. über die Ergebnisse d. i. d. Jahren 1890 u. 1891 i. S.-W. Kleinasien durchgef. geol. Unters.* (Sitz-Ber. d. K. K. Akad. d. Wiss., Wien) et *Geologische Forschungen in west Kleinasien* (Verh. d. K. K. geol. Reischsanst.). — 1889. Bukowski (Sitzber. d. AK. in Wien, t. XCVIII) ; résumé par L. de Laenay dans la Revue Archéologique de 1895 (*La nécropole de Camiros dans l'île de Rhodes*, p. 13).

[2] Voir plus haut, p. 463.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'après Tchihatcheff, de vastes étendues sur le flanc Sud du Bulgar-Dagh, dans le Taurus cilicien et y recoupent des calcaires probablement carbonifères. On n'y a pas signalé de fer chromé. Mais Russegger[1] mentionne, à l'Ouest du village de Belen, sur le flanc Est de l'Ala-Dagh, de très importants amas de fer oxydé, auxquels le fer chromé, sur lequel l'attention n'était pas alors attirée comme aujourd'hui, peut être associé. De ce côté, près de Hadjiman Yaïla, les serpentines renferment une certaine abondance de pyrite [2].

Beaucoup plus à l'Est, suivant Tchihatcheff, les veines serpentineuses de la Cilicie et de la vallée de l'Euphrate (près Erzinguian), sont, comme dans la majeure partie de l'Italie, associées à l'éocène, dont elles recoupent la base, tandis que le miocène en contient des fragments. Mais, le long de l'Iris, elles sont antérieures au crétacé.

Les serpentines sont également très abondantes à *Chypre* [3], où elles peuvent avoir une relation avec les célèbres gisements cuprifères antiques; on les y a considérées comme postérieures au miocène. D'après les descriptions insuffisantes que nous possédons de ces gisements, ils seraient, sous forme de chalcopyrites et de pyrites cuivreuses, au milieu de roches vertes, diorites, diabases, etc., ou à leur contact. On y trouve, en même temps, des inclusions et ségrégations de magnétite. Ces catégories de minerais ferrugineux facilement traitables ont partout attiré l'attention des premiers métallurges. On sait que, pour les anciens, les Cypriotes partageaient avec les Khalybes du Pont la gloire d'avoir été les premiers forgerons de métaux [4].

Gisements de plomb de Bulgar-Maden. — Au milieu de ces régions si mal connues, c'est, pour nous, une bonne fortune de trouver à Bulgar-Maden un gisement parfaitement étudié grâce aux travaux des divers ingénieurs français que le gouvernement Ottoman a consultés à diverses reprises sur la possibilité d'améliorer l'exploitation. Si, pour l'industrie plombifère, il n'en est naturellement rien résulté, vu l'état de délabrement où se trouve depuis si longtemps la Turquie, nous devons à ces consultations un mémoire géologique précieux de M. Brisse, dans lequel je vais largement puiser grâce à l'aimable communication qui m'en a été faite par l'auteur, comme j'en ai déjà eu l'occasion pour un travail antérieur [5]. Ce mémoire de 1893 étant resté inédit, j'entrerai à ce sujet,

[1] Russegger. *Reisen in Europa. Asien und Africa*, t. I, 2e partie, p. 633.

[2] Tchihatcheff, *loc. cit.*, I, 440.

[3] 1865. Unger et Th. Kotschy. *Die Insel Cypern* (in-8°, Wien). — 1859. Gaudry. *Géologie de l'île de Chypre* (Mém. Soc. Géol. Fr., 2e sér., VII). — E. Reclus, *loc. cit.*, IX, 669).

[4] Voir, sur ces traditions: L. de Launay. *Les origines de la métallurgie antique* (Rev. gén. des Sciences), 15 juin 1908.

[5] *Contribut. à l'étude des gites métallif.*, p. 105.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans des détails plus étendus qu'il ne conviendrait de le faire ailleurs.

Une coupe du Bulgar-Dagh, que nous reproduisons figure 64, montre, d'après M. Brisse, l'allure d'ensemble de cette grande chaîne. Si quelques parties en demeurent hypothétiques, faute de débris organisés dans beaucoup de terrains, on est du moins fort bien renseigné sur l'allure des couches, qui a été soigneusement étudiée par ce savant. Le Bulgar-Dagh, dans lequel se trouvent les grands gisements miniers de Bulgar-Maden, est cette partie du Taurus cilicien, qui domine au Nord la plaine de Tarse et de Mersina, entre la coupure des Portes ciliciennes, où doit passer un jour la ligne de Bagdad, à l'Est et la haute région du Dumbeleck-Dagh à l'Ouest. Notre coupe Nord-Sud en accuse aussitôt le caractère dissymétrique. Le versant Sud présente des couches faiblement inclinées, sans aucune roche éruptive. Le versant Nord a été, au contraire, plissé presque jusqu'au renversement et de nombreuses roches éruptives ont suivi ses dislocations, depuis les microgranulites et les porphyrites, qui peuvent appartenir à une venue relativement ancienne jusqu'aux serpentines d'âge crétacé-éocène[1], et enfin aux épanchements tertiaires, prolongés vers le Nord dans le sens des volcans du mont Argée et de la Lycaonie. Ces plissements, avec quelques discordances sur

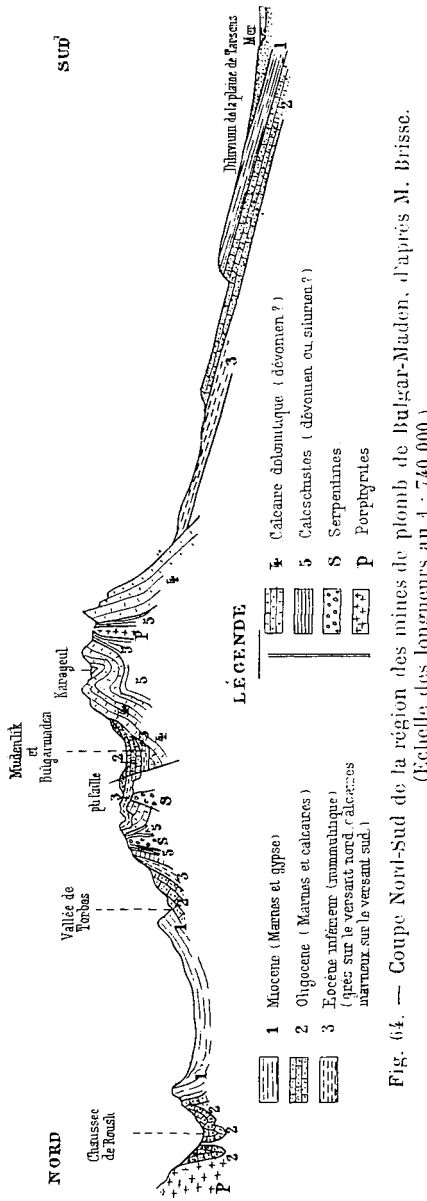


Fig. 64. — Coupe Nord-Sud de la région des mines de plomb de Bulgar-Maden, d'après M. Brisse. (Echelle des longueurs au 1 : 740.000.)

[1] Comme partout en Asie Mineure, les serpentines semblent appartenir à divers âges, et une première venue ne dépasse pas le dévonien.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

lesquelles je reviendrai, intéressent tous les terrains présents, y compris le miocène.

La série stratigraphique commence par des schistes à glaucophane, auxquels succèdent des calcschistes et des calcaires dolomitiques, dont l'âge n'a pu être exactement déterminé faute de fossiles, mais que M. Brisse assimile, pour des raisons fort plausibles, au dévonien de l'Anti-Taurus [1]. Le calcaire central de la chaîne, qui appartient à cette série et dans lequel les gisements sont intercalés, présente tous les caractères des formations de récifs coralligènes; au Nord cependant, il devient plus marneux et s'est ainsi mieux prêté aux actions de refoulement, tandis que la masse centrale donnait des plis brusques avec ruptures.

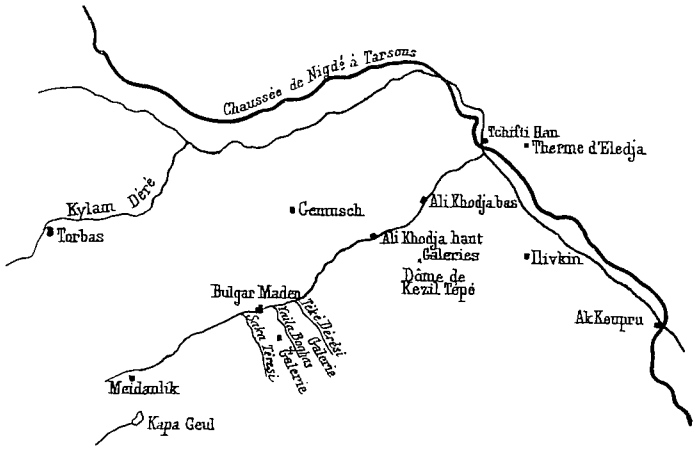


Fig. 65. — Carte des mines de plomb de Bulgar Maden, d'après M. Brisse.
(Echelle au 1 : 400.000.)

A cet axe dévonien s'appliquent, des deux parts, des formations tertiaires, qui se montrent très différentes suivant que l'on envisage l'un ou l'autre versant, mais qui, sur les deux flancs, accusent une discordance nette avec le calcaire dolomitique. Il résulte de cette observation la présomption d'un mouvement hercynien, analogue à celui dont on retrouve l'empreinte dans le substratum de tant de chaînes alpines. Ces dépôts tertiaires comprennent, en partant de la base, des terrains nummulitiques (éocène), grès au Nord, calcaires marneux au Sud, puis des marnes et calcaires oligocènes, enfin des marnes à gypse miocènes. La dissemblance des dépôts éocènes sur les deux versants laisse supposer l'existence, à cette époque éocène, d'un premier seuil ayant séparé deux mers à sédimentations distinctes. L'effort de plissement s'est certainement poursuivi après le dépôt des marnes gyp-

[1] MM. Béral et Coutant avaient rapporté à tort ces calcaires dolomitiques au crétacé.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉO...
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

seuses rattachées au miocène. Vers le Nord-Ouest, les dolérites et porphyrites de l'Ylang-Dagh buttent, contre le tertiaire plissé, par une faille, suivant laquelle sort l'abondante source thermale d'Éledja. Puis vers Nigdé, les couches tertiaires, plissées comme celles du Sud, mais à un degré moindre, s'abaissent lentement vers la plaine du Grand Désert Salé, pour disparaître sous les laves et les dolomites du Nord-Est, ou sous les sédiments pliocènes. La traînée volcanique du Mont Argée au Kara-Dagh (près Karaman) devait en jalonner le rivage.

C'est sur le versant Nord de cette chaîne que se trouvent les gîtes métallifères, dont le principal est celui de Bulgar-Maden, mais parmi lesquels on peut encore citer : Berekethi Maden, qui se trouve au Nord-Est; Arpa Outchourou, dans l'Ak-Dagh, extrémité Ouest de l'Ala-Dagh; Farach ou Deliktach[1], visité en 1848 par Tchihatcheff; Gulek sur le versant Sud du Bulgar-Dagh, etc. La mine de Bulgar-Maden est à 80 km. à vol d'oiseau de la mer et à 1.700 m. d'altitude, dans une vallée qui part de Mudanlik à l'Ouest pour rejoindre à Tchiftéhan, près des thermes d'Éledja, la chaussée de Tarse à Nigdé (fig. 65). La colline, sur le flanc Nord de laquelle se trouvent les gisements, présente : au sommet, des calcaires dolomitiques dévoniens; à la base, des schistes et grès nummulitiques. Les calcaires sont traversés par des microgranulites, qui ont dû jouer un rôle dans la localisation des eaux métallisantes. Ces microgranulites forment, dans le calcaire, des filons-couches d'épaisseur irrégulière, presque toujours limités, soit en pointe, soit en lentilles arrondies. On ne les voit jamais traverser des terrains plus récents, qui, dans l'espèce, sont ici tertiaires, en sorte qu'on ne peut préciser exactement leur âge entre le dévonien et l'éocène. Des serpentines, d'âge éocène, apparaissent en divers points dans les conditions ordinaires de la formation, dite ophiolitique, des Apennins et de Serbie.

La forme de métallisation primitive est difficilement visible : les gisements ayant, comme nous allons le voir, subi une altération intense, qui leur a donné entièrement leur allure actuelle. On peut néanmoins se rendre compte que l'on a affaire à une venue filonienne, qui, dans les terrains schisteux, se réduit à peine à quelques indices inutilisés et qui, dans les calcaires dolomitiques, au contraire, a pris, sous la forme de filons-couches, un développement remarquable : en sorte que sa partie utilisable est tout entière située à une certaine hauteur dans le flanc de la colline, au-dessus du niveau hydrostatique. Cette formation métallifère s'étend sur plus de 100 km. de long, presque toujours au contact des calcaires et des schistes éocènes : schistes eux-mêmes traversés par

[1] A Deliktach, au Nord de l'Ala-Dagh, entre Bulgar-Dagh et le mont Argée, on exploite un gisement de galène dans un système de calcaires alternant avec des talcschistes et des serpentines, que Tchihatcheff a rattaché à l'éocène (II, 365). — Cf. *Ibid.*, III, 654.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les serpentines, avec lesquelles M. Brisse a supposé que les minerais pouvaient avoir une relation d'origine.

Outre ce contact des calcaires et des schistes, on voit intervenir, dans des conditions analogues et, sans doute, par un effet également mécanique, le contact des calcaires avec les microgranulites, qui, on le sait, est la caractéristique du gîte fameux de Leadville au Colorado, de même qu'au Laurion grec, en dehors des contacts de calcaires et de schistes, on constate l'influence de ces granulites appelées des eurites. Deux zones de ces microgranulites se poursuivent sur toute la longueur de la formation métallifère, de Bulgar-Maden à Kézil-Tépé. Certains amas de minerais remplissent des poches de cette microgranulite que les mineurs nomment « biaztache ». L'importance des gisements paraît être telle qu'en tout autre pays elle eût certainement donné lieu à une grande entreprise industrielle, au lieu d'être gaspillée, comme ce fut ici le cas, dans une multitude de recherches sans avenir. C'est ce gisement de contact qui, au-dessus du niveau de la vallée, a subi une transformation, en raison de laquelle se sont développés des types de minerais, dont on ne connaît guère l'équivalent ailleurs, si ce n'est dans le gisement, cité plus haut, de Leadville au Colorado. Comme le montrent les descriptions de M. Brisse, auxquelles nous empruntons les détails suivants, il s'agit d'un gîte entièrement remanié par les eaux souterraines circulant, au contact des sulfures métalliques, dans un réseau de grottes reliées par des avens analogues à ceux des Causses. De véritables rivières souterraines, qui ont aujourd'hui tari sur leur ancien parcours, mais dont la trace est partout visible, ont laissé des successions de grottes béantes, où parfois se sont stratifiées des couches de minerai, transportées mécaniquement et oxydées.

Le gisement, situé entre 2.000 et 2.400 m. d'altitude, peut se partager en deux zones. La première (galeries de Sérustat, Tavallé, Yourkandji, Téké-dérési), plus rapprochée de l'axe de la montagne et plus profonde, a été moins complètement altérée, en sorte qu'on trouve du carbonate de plomb plus compact et plus chargé de galène, et de plus, la transformation s'y est faite sur place sans transport. La seconde, extérieure et plus superficielle, offre les grandes grottes dont nous venons de parler : grottes, où le sol présente un dépôt boueux ou sableux, comprenant des couches de carbonate de plomb, avec oxyde de fer jaunâtre, rougeâtre, verdâtre ou noirâtre, et des poches à parois de calcaire remplies d'éléments métallifères accumulés sans aucun ordre.

Là, il existe des séries de grandes salles naturelles, aux voûtes garnies de stalactites calcaires, dont le sol est formé d'une couche brune, passant en profondeur à un dépôt carbonaté important et recouverte elle-même par une croûte transparente de carbonate de chaux.

Les observations de M. Brisse sembleraient même prouver que la plupart des rivières souterraines ont coulé à niveau plein, dans les condi-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tions de ces cours d'eau actuels, où la pénétration humaine est impossible ; car, au lieu d'offrir des stalactites, le revêtement blanc du toit des galeries est généralement formé d'aiguilles, de gerbes entrelacées, ayant l'aspect du produit d'une cristallisation opérée lentement dans un liquide en repos. Il s'agit, en résumé, ici d'un de ces gîtes, pour lesquels on n'aurait pas hésité autrefois, alors que la théorie des remises en mouvement n'avait pas été établie, à admettre une formation métallifère absolument récente, presque contemporaine, ayant rempli ces grottes.

En raison de cette nature spéciale, les minerais, toujours comme ceux de Leadville avec lesquels la comparaison s'impose, sont médiocrement riches en plomb, mais riches en argent et en or. La teneur moyenne est, suivant M. Brisse, après le triage très sommaire tel qu'il s'effectue actuellement, de 20 p. 100 de plomb, avec 6,50 kg. d'argent et 30 à 40 gr. d'or à la tonne de plomb. Cette teneur en or se rattache évidemment à l'existence de pyrites qui ont donné lieu aux oxydes de fer. On n'a pourtant pas signalé à Bulgar-Maden les minerais arsenicaux, mimétèses, etc., provenant de mispickels altérés, qui, dans certains gisements comparables à divers égards, comme ceux d'Eureka (Névada), semblent avoir contribué surtout à l'enrichissement en or.

L'exploitation, dans son état actuel, a lieu par sept galeries ouvertes sur le flanc Ouest des ravins dits Yaila-boghas et Téké-dérési. Quelques détails sur certaines d'entre elles compléteront les généralités précédentes. La galerie Tavallé (cote 2.072) a son débouché au contact d'une microgranulite interstratifiée dans le calcaire. Elle descend en spirales dans une colonne minéralisée sensiblement verticale, remplie de minerai oxydé très bruni, qui paraît avoir été peu remaniée et atteint, à 1.980, le niveau de l'eau. La galerie Toislam commence par une très vaste grotte à la cote 2298 et se poursuit en descendant à travers les larges excavations des travaux anciens. On rencontre bientôt deux lits de rivières avec dépôts d'alluvions, dont le premier a 70 m. d'étendue horizontale sur 25 à 40 de large, le second 85 sur une largeur analogue. Ces alluvions sont formées d'une alternance de sable gris ou blanchâtre, d'argiles jaunâtres légères ferrugineuses, de sables argileux gris et lourds à minerais, puis parfois de conglomérats plus ou moins soudés, renfermant du minerai massif oxydé, parfois aussi de la galène intacte, qui apparaît également en mouches dans les sables. Le développement total des galeries occupe 300 m. de long et 83 m. de profondeur. La galerie Yéchali (cote 2.380) traverse de grands vides, correspondant évidemment à l'ancien cours d'une rivière alimentée par des affluents perpendiculaires. Des salles naturelles atteignent 30, 40 et 50 m. de hauteur et de largeur.

La galerie principale aboutit à un aven vertical de 30 m. de profondeur correspondant à d'autres vides autrefois exploités.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En continuant dans l'Anti-Taurus, nous nous contenterons d'indiquer, d'après Tchihatcheff, l'abondance de l'hématite en veines dans les micaschistes et schistes argileux avec intercalations calcaires du côté du Kozan-Dagh. Ces régions sont trop difficiles d'accès pour que de tels minerais aient aucune importance industrielle. Néanmoins, on ne saurait oublier que, dans cette même chaîne, Tchihatcheff a également signalé depuis longtemps, entre Sir et Belen, l'existence de la houille carbonifère [1].

Syrie et Palestine [2]. — Nous n'avons que peu à dire sur cette région, où nous ne connaissons pas de gîte métallifère important, mais où la présence de quelques matières minérales mérite d'être signalée.

Tout récemment l'attention a été appelée sur des gîtes de phosphate de chaux, réputés importants, qui se trouvent à la rencontre de la vallée du Jourdain par la ligne en construction d'Haïfa à Dérat près du lac de Tibériade.

Il convient également de rappeler la présence du bitume et de l'asphalte en divers points, sur le flanc Ouest de l'Antiliban, dans la région de la Mer Morte, puis, sur le prolongement de la même direction, à l'Ouest de la presqu'île du Sinaï et sur la rive opposée du golfe de Suez.

Au Nord, en Syrie, on connaît trois gisements de bitume au pied de l'Antiliban et au Sud-Est de Damas. Ces mines appartiennent à la liste civile du sultan et l'on en a extrait, de 1890 à 1900, environ 66.000 t. de bitume.

Sur la Mer Morte, on sait qu'il flotte quelquefois des morceaux de bitume, que les Arabes recueillent parmi les graviers de la plage occidentale et des bords du Lisan. Le phénomène, déjà décrit par Strabon, s'est renouvelé en 1834, où une masse de 20 t. vint échouer sur l'extrémité Sud; puis en 1837, où, la nuit d'un tremblement de terre, il apparut une masse d'asphalte de 15 t. [3]. Ce bitume, en relation avec des

[1] *Loc. cit.*, I, 691 et 719.

[2] 1870. LARTET. *Essai sur la géologie de la Palestine, etc.* (Ann. des Sc. géol., t. I, p. 5). — 1877. *Voyage d'exploration à la mer Morte, à Petra et sur la rive gauche du Jourdain*, par le DUC DE LUYNES, t. III, Géologie par LOUIS LARTET (Arthus Bertrand, in-4°, 322 p.). — 1886. C. DIENER. *Libanon, Grundlinien der physischen Geographie und Geologie von Mittel-Syrien*, in-8°, Wien, carte géolog. à 1/500.000. — 1890. MAX BLANCKENHORN. *Beiträge zur Geologie Syriens*, Cassel. — 1891. MAX BLANCKENHORN, *Grundzüge der Geologie und physikalischen Geographie von Nord-Syrien*, in-4°. 101 p., 2 cartes à 1/500.000. Berlin. — 1893. MAX BLANCKENHORN. *Die Strukturlinien Syriens und des roten Meeres* (Richthofen-Festschrift., Berlin, p. 172-180; carte schématique). — 1896. MAX BLANCKENHORN, *Entstehung und Geshichte des Todten Mares, Ein Beitrag zur Geologie Palestina* (Leipzig, K. Baedecker). — 1897. BLANCKENHORN. *Nutzbare Mineralien am Todten Meere* (Z. f. p. G., p. 360, extrait de l'ouvrage précédent). — 1898. BLANCKENHORN. *Das Todte Meer und der Untergang von Sodome* (Berlin, Reimer, 44 p.). — 1901. SCHAFFER. *Geol. St. im S.-O. Kleinasien und im Nord-Syrien* (Sitz. B. d. K. Ak. d. Wiss., Wien).

[3] *Gîtes minéraux et métallifères*, I, 149 à 162 et 172 à 174.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

émanations d'acide sulfureux et d'hydrocarbures, paraît être apporté au jour, suivant des failles, par des sources thermales.

Contrairement à ce qui se passe pour tous les autres bitumes, on sait que ce bitume, dit de Judée, est un carbure d'hydrogène sulfureux, mais non oxygéné, dans lequel le soufre paraît jouer le rôle attribué ailleurs à l'oxygène.

Il existe également quelques asphaltes, autrefois signalés par Lartet, tous à l'état d'imprégnations dans les calcaires crétacés qui occupent la plus grande partie de la Palestine.

En partant du Nord, c'est d'abord *Hasbeya*, entre le Liban et l'Anti-liban, à peu près sur une ligne joignant Saïda à Damas. Ce gîte a été un moment l'objet d'une exploitation régulière au moment de la conquête égyptienne et l'on y a creusé des puits atteignant 60 m. de profondeur.

Au Nord-Est de la Mer Morte, entre Jéricho et Mar Saba, un gîte particulièrement étendu est celui de *Nebi Musa*. Puis vient l'*Ouadi Sebbeh* et enfin, à l'extrémité Sud-Ouest de la Mer Morte, l'*Ouadi Mahavat*, à l'Ouest du gîte salifère du Djebel Usdom, dont il va être dit quelques mots. Dans ce dernier cas, l'asphalte se présente en imprégnations dans la dolomie crétacée et l'on trouve, au voisinage, des terrasses d'alluvions anciennes à ciment bitumineux.

Ces asphaltes sont, tantôt bruns, tantôt d'un beau noir. On a fait remarquer que les calcaires voisins étaient souvent sillonnés de nombreuses veines de gypse et renfermaient un peu de chlorure de sodium.

Une montagne de sel de 180 m. de haut se dresse au *Djebel Usdom*. Elle est, d'après Blanckenhorn, attribuable à une dessiccation intense, qui se serait produite dans la période interglaciaire et qui aurait amené dès lors le niveau des eaux à 100 m. au-dessus de leur cote actuelle. Sur le flanc Ouest, une masse gypseuse forme le pied de la colline. A l'Est on trouve, jusqu'à 30 ou 40 m. de haut, du sel gemme bleuâtre disloqué et perforé de grottes, au-dessus duquel commencent des masses gypseuses, puis crayeuses. L'absence du sel à l'Ouest a été expliquée par un effondrement. Quant à la localisation de ce sel au Sud-Ouest de la mer, elle peut être interprétée par la concentration locale d'un bassin que quelque seuil séparait de la zone plus septentrionale, où l'évaporation aura été poussée moins loin.

Enfin, il s'est produit, en divers points de ce pays, des noyaux de soufre, dus à une réduction du gypse qui imprègne souvent les marnes récentes déposées par l'évaporation de la Mer Morte, notamment près du gîte de sel que nous venons de signaler, ou encore à l'Ouest de l'embouchure du Jourdain, ou dans la presqu'île de Lisan qui s'avance à l'Est dans la partie méridionale de la mer. On a supposé des eaux chaudes agissant sur des gypses bitumineux pour donner de l'hydrogène sulfuré qui, arrivé au jour, produirait du soufre et de l'eau.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

6° CAPPADOCE. PONT. ARMÉNIE. MÉSOPOTAMIES

Quand on aborde la région Est de l'Asie Mineure, dans les chaînes de la Cappadoce, du Pont et le plateau Arménien, on trouve des pays fortement métallisés, avec des caractères analogues à ceux de la région Caucasique, leur prolongement naturel, que nous avons précédemment étudiée.

Ce n'est pas que l'on possède des détails bien circonstanciés sur les gîtes métallifères, qui vont être énumérés et dont la liste n'est que trop longue, comme celle de tous les pays neufs, car elle doit énumérer pêle-mêle, avec des gîtes sérieux, de simples traces. Ces malheureux pays à périodiques massacres sont fort peu explorés et, dans les filons dont il va être question, beaucoup n'ont sans doute aucune valeur industrielle. Néanmoins le nombre des affleurements signalés paraît, à lui seul, un indice d'une métallisation abondante; et le passé antique de ce pays, que l'on considère comme ayant été le foyer même de l'art des

[1] Voir plus haut : p. 296, Géologie de l'Arménie, p. 448 ; Pétroles, et p. 587, Minerais du Caucase.— 1838. Ainsworth. *Researches in Assyria. Travels in Asia Minor. Euphrates expedition.*— 1839. Wilbraham. *Travels in the Transcaucas. provinces.* — 1842. Hamilton W.-J. *Researches in Asia Minor.* — 1843. W. Smyth. *Geological features of the Country round the Mines of the Taurus in the Pashalic of Diarbekir* (Quart. Journ. Geol. Soc., I, p. 330-340). — 1844. De Chancourtois. *Exploration géologique d'une partie très peu connue de la Turquie d'Asie* (Van, Djesirch, Diarbékir, Arghana, Kéban) (C. R., t. XVIII. 827 à 832.) — 1846. C.-H. Koch. *Reise impontischen Gebirge.* — Abich. *Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern.* — 1852. Cznarofla. (Jahrb. K. K. geol. Reichsanstalt). — 1852. M. Wagner. *Reise nach Persien.* — 1853. Grewing K.-C.-G. *Geogr. und orogr. Verhältnisse des Nord Persiens.* — 1855. Loftus. (Quart. Journ. Geol. Soc., XI). — 1856. Sandwith. *Narrative of the Siege of Kars.* — 1863. Blau (Peterm. Milth., IX). — 1867. Abich. *Geol. Beobachtungen zwischen Kaukasus und Araxes.* — 1868. J.-G. Taylor (*J. Geogr. Soc.*, t. XXXVIII). — 1867-1869. Tchihatcheff. *Asie Mineure, géologie.* 3 vol. in-8°, Paris, Morgand, avec carte géol. en couleurs. — 1884. Batrewitch. *Recherches géologiques dans les districts de Batoum et Artvin* (Matér. pour la géol. du Caucase), en russe. — 1888. Sjögren. *Sur la géologie du mont Savelan dans le Nord de la Perse* (Soc. min. russe. 2e série, t. XXIV). — 1889. Ch. de Morgan. *Mission scientifique au Caucase.* — 1890. H. Kiepert. *Die Verbreitung der griechischen Sprache im pontischen Küstengebiet* (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk, t. XXV, Berlin; avec une carte donnant les mines de la région du Pont). — 1895. G. Tchernik (Journ. Soc. Phys. Chimie Russe, t. XXVII. Saint-Pétersbourg). — 1896. Dr W. May. *Die bergbauliche Verhältnisse der Türkei* (OEst. Zeitschr, f. Berg und Hüttenw, Vienne, p. 223). — 1901. H. Douvillé. *Radiolites des bords de l'Euphrate* (B. S. G. F., 4e sér., t. I, p. 441). — 1901. *Les collections du musée de Tiflis.* géologie. — 1904. Stahl (Pet. Mitt). — 1907. Félix Oswald. *A treatise on the geology of Armenia*, 516 pages, Nottingham, avec carte géol. en couleurs. — 1901. Toula. *Die geol. Gesch. des Schwarzen Meeres* (Ver. z. Verbr. Naturw. Kennt. in Wien, 41e année. 51 pages). — 1902. *Mines de Diarbékir* (Z. f. p. G., p. 66). — 1907. De Morgan. *Note sur la géologie de la Perse et sur les travaux paléontologiques de M. H. Douvillé sur cette région* (B. S. G. F. (4). V. p. 170-189). — 1907. Schaffer. *Grundzüge des geologischen Baues von Türkisch-Armenien und dem östlichen Anatolien* (Petermanns Geogr. Mitt., fasc. VII, p. 1-9 et carte) (Voir, en outre, la bibliographie du Caucase), p. 581.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mines et de la métallurgie dans le bassin méditerranéen, en est également une preuve.

Tectoniquement on peut, de la description déjà faite, retenir l'existence de chaînes plissées tertiaires, les chaînes pontiques qui suivent le littoral de la Mer Noire, puis d'un plateau fracturé, avec réapparition de terrains primaires et importantes manifestations éruptives, auquel succèdent de nouveau, dans le Sud, des chaînes plissées mal connues, en relation avec les chaînes tauriques.

En ce qui concerne la nature des métaux représentés, nous remarquerons d'abord la présence fréquente du cuivre, qui ne jouait qu'un rôle insignifiant dans l'Ouest de l'Asie Mineure et qui ici se développe, peut-être en rapport avec l'extension des roches éruptives récentes. Nous aurons également à signaler la présence accessoire de l'étain qui présente quelqu'intérêt, non seulement pour nos études géologiques, mais aussi pour des discussions archéologiques bien connues.

Quant à la répartition des gîtes, qui est le point principal sur lequel nous insistons dans cette étude, si, cherchant à la caractériser, on reporte sur une carte géologique de l'Arménie les gîtes métallifères signalés, on voit aussitôt apparaître une loi théorique qui, pour être très générale, n'en vaut pas moins la peine d'être rappelée chaque fois qu'on la rencontre. L'Arménie, dont nous avons indiqué plus haut la constitution tectonique, présente, en résumé, quatre groupes principaux de formations : 1° des zones de terrains cristallins ou primaires, avec granites, syénites et autres roches cristallines de profondeur; 2° des chaînes plissées de terrains secondaires ou tertiaires, comprenant surtout du crétacé et de l'éocène, auxquels s'ajoute du jurassique dans l'Est en se rapprochant de la dépression de la Koura et de la mer Caspienne, avec des roches intrusives encore relativement profondes; 3° des bassins néogènes horizontaux; 4° d'énormes épanchements laviques, qui sont le trait le plus apparent dans la constitution du pays. De ces quatre groupes, deux (ici comme partout) ne fournissent aucun gîte métallifère sérieux, sauf quelques formations d'un caractère tout à fait spécial : ce sont les épanchements laviques et les sédiments horizontaux non disloqués. On constate ainsi une fois de plus que la métallisation n'est pas un phénomène superficiel, lié aux manifestations extérieures du volcanisme. Les chaînes plissées secondaires sont également assez pauvres en gisements, sauf au voisinage des intrusions ignées relativement profondes; quand ces gisements existent, ils prennent souvent, au milieu de leurs strates, une allure dispersée, beaucoup moins favorable au rendement industriel que dans les massifs primaires ou cristallins plus homogènes et plus résistants. Au contraire, la presque totalité des minerais sont, soit dans des terrains primaires ayant subi un retour en profondeur accusé par leur métamorphisme, soit en relation avec des roches ayant cristallisé sous une certaine épaisseur de terrains, avec

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

un caractère intrusif et une structure cristalline ou micro-cristalline.

On peut distinguer, dans l'Arménie, quelques zones métallifères principales que nous aurons à décrire successivement[1].

a. En partant du Caucase au Nord et dépassant la dépression du Rion et de la Koura, c'est d'abord, en territoire russe, la zone plissée, déjà étudiée précédemment, des chaînes imérétienne, thrialétique et somkétique, formant l'Anti-Caucase, ou petit Caucase, dont nous avons vu la richesse en minerais au Sud-Ouest de Tiflis. Vers l'Ouest, cette chaîne se prolonge, le long de la Mer Noire, par les chaînes pontiques.

b. Vers l'Est, nous retrouverons en terminant, à sa suite, dans la direction de la Caspienne, les Kara-Dagh et la chaîne de l'Azerbeidjan qui se continue en Perse.

c. Au Sud-Ouest, nous aurons ensuite à étudier la zone, également plissée, d'Angora à Sivas.

d. Puis vient le grand Plateau Arménien, dont le socle primaire à plissements hercyniens reparaît par endroits, avec les minerais caractéristiques des chaînes hercyniennes (notamment quelques traces d'étain intéressantes à signaler), recouvert le plus souvent par des épanchements laviques et bordé, sur sa périphérie, par des plis tertiaires.

Sur son flanc Sud, se développe, au Sud du lac de Van, la nouvelle chaîne plissée de l'Anti-Taurus Arménien, avec ses larges zones primaires, auxquelles s'adossent des sédiments plissés crétacés et éocènes.

Nous allons essayer de grouper les gisements d'après ces grandes zones tectoniques.

a. **Chaînes pontique, imérétienne et thrialétique.** — La région, que nous envisageons ici, est comprise approximativement entre Trébizonde et Tiflis. Sur le littoral de la mer Noire s'étend, suivant une direction moyenne parallèle à la côte, une chaîne dont l'axe est formé par des diabases, granites et schistes métamorphiques, avec réapparitions de terrains primaires sur les flancs (au Sud de Kerasoun; vers Artvin, au Sud de Batoum, etc.), et sur le versant Sud de laquelle domine le crétacé inférieur plissé, tandis qu'au Nord s'étendent les épanchements éruptifs tertiaires du Lazistan et de la région de Trebizonde (porphyres pyroxéniques de Tchihatcheff)[2]. Ce dernier trait établit une différence capitale avec des chaînes à peu près du même âge qui, autrement, pourraient en être rapprochées, comme les Pyrénées et rapproche, au contraire, la région étudiée ici d'autres zones à caractères métallogéniques différents, telles que les Carpathes.

En commençant à l'Ouest, par la Paphlagonie, au delà de la zone

[1] Voir la planche VI.

[2] Tchihatcheff (*loc. cit.*, t. III, ch. x). — 1892. Lacroix. *Sur les roches à leucite de Trébizonde et sur quelques roches d'Arménie* (B. S. G. F. 3e, t. XIX, p. 732 à 749; cf. C. R., 9 janv. 1899, p. 1287).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

carbonifère d'Héraclée précédemment étudiée[1], nous rencontrons : d'abord, au Sud d'Ineboli, une ancienne mine de cuivre argentifère qui fut fameuse, à *Bakir Kuressi ;* puis, vers Mersivan, la mine de Hadjyktoi, ou Gumush-hané, où l'on a exploité du plomb argentifère. Tout cet arrière-pays de Sinope a donné lieu jadis à une exploitation active de la part d'Ismail Bey, qui fut, jusqu'en 1460, prince indépendant de Sinope. D'après la carte de Tchihatcheff (qui n'a pas visité Bakir Kuressi), le gisement serait dans la zone crétacée.

Si nous traversons le cours de l'Halys (Kizil-irmak), nous avons, au Sud de Kerasoun (pl. VI), un groupe minier comprenant des filons à remplissages divers généralement encaissés dans les schistes cristallins : cuivre de Maden-koi, plomb de Gumush-Maden, cuivre de Gelivera et de Sary-baba. Un peu plus loin vers l'Est et déjà au Sud de Trébizonde (Trapezund), on retrouve du cuivre à Maden-khan et un gîte complexe, surtout argentifère, à *Gumush-hané.*

Cette dernière mine surtout a été fameuse et l'imagination aidant, on a pu l'identifier avec l'Alybé dont parle l'Iliade : « l'Alybé, terre de l'argent resplendissant[2] ». Vers 1850, la production y était encore notable et Gumush-hané était considéré comme l'école minière de Constantinople. Ce gisement de Gumush-hané a été l'objet d'une tentative de reprise récente.

Suivant une vieille description de cette mine, donnée par Hamilton et commentée par Tchihatcheff, il y aurait là des calcaires tertiaires et crétacés percés par des granites (?) et que recouperaient, à leur tour, les uns et les autres, des filons de galène.

Cet arrière-pays de Trébizonde contient plusieurs autres petits gîtes de cuivre, dont les produits sont travaillés par les chaudronniers de Trébizonde et de Matchka.

En continuant vers l'Est, le long du même axe dioritique, on signale, au *Demir-Dagh,* dans la vallée du Kalo-potamos, un gisement de fer[3]. Ce gisement, qui est sans doute en relation avec les roches vertes, est surtout à noter en raison des traditions historiques qui placent, dans ce pays des Khalybes, en Arménie, le berceau de la métallurgie du fer.

En divers points de la région, on connaît des sables de magnétite, qui ont pu être ainsi exploités par des métallurgies indigènes. Abich en cite, par exemple, entre Batoum et Poti, ou, plus exactement, entre Kobulety et Nicolaya, sur la côte de la Mer Noire.

Mais une autre catégorie de minerais, à laquelle on penserait moins avec nos idées modernes, a dû aussi intervenir dans cette primitive industrie du fer.

[1] Page 290.

[2] Hamilton. *Researches in Asia Minor*, t. I, p. 235. — Tchihatcheff (*loc. cit.*, II, 430, note et III, 272).

[3] 1846, Koch, *loc. cit.*, II, 48.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Toute la région d'Ounich contient des nodules d'hématite brune à faible teneur englobés dans des strates calcaires, que fondent encore, par une métallurgie primitive, les habitants du pays. Ceux-ci, forgerons, mineurs et charbonniers nomades, parcourent la région, comme les antiques Khalybes, dont ils descendent peut-être, en installant leurs fourneaux primitifs et laissant derrière eux, quand le gîte est épuisé, des tas de scories.

Au Sud du Tchorok, près d'Ispir, on a exploité à Khortakol des galènes argentifères. On en a signalé encore dans le même bassin du Tchorok, un peu à l'Ouest, à Baibourt, entre Trébizonde et Erzeroum. A 20 km. Sud-Est de Baibourt, la mine de *Maden-khan* a occupé un moment 500 mineurs, avec des puits descendant à plus de 400 m.; elle est aujourd'hui abandonnée. D'après sa position au voisinage des roches vertes traversant le crétacé inférieur, on peut supposer qu'ici comme pour tant d'autres mines de l'Asie Mineure, ou, plus généralement, de la Méditerranée Orientale, le cuivre est en pyrite associée à ces roches.

Puis, en approchant de Batoum, on retrouve, dans cette même vallée du Tchorok, un certain nombre d'affleurements.

C'est, près d'*Artvin* et dans la vallée de l'Imerkhevi, ou, plus au Sud, à Khodulia, du cuivre, du zinc et du plomb argentifère, avec un peu de manganèse et des traces d'or.

En divers points du cours du Tchorok, on a constaté également la présence de l'or, parfois avec du platine et du palladium, dans les sables : notamment dans le ruisseau de Taljoum, affluent de droite du Tchorok (près de Batoum[1]). Cet or paraît provenir de chalcopyrites et pyrites aurifères. Sa présence, dans un pays contigu à l'antique Colchide (bassin du Phase), évoque naturellement l'histoire de la Toison d'or et de la poussée d'émigrants vers les placers que la légende à symbolisée par les aventures de Jason.

La *chaîne iméritienne*, qui forme, en territoire russe, le prolongement de la chaîne pontique entre la Kvirila et la Koura, est une zone plissée, composée surtout d'éocène. On n'a guère à y noter que des suintements pétrolifères en divers points du versant Nord (au Nord de Nicolaya, sur la Supsa, à Koriti, près du village de Bagdad).

La composition générale et l'absence de métallisation sont les mêmes dans la *chaîne thrialétique*, qui aboutit près de Tiflis. Tout au plus peut-on citer, au Sud-Ouest de Bielyiklinck, dans une région à manifestations éruptives tertiaires, un peu de cuivre et de manganèse. Nous avons, d'ailleurs, déjà parlé de ce groupe, qui se rattache à celui de Kédabek (Kiadébek) à propos du Caucase[2].

[1] 1893. Wilm (Journ. Soc. Phys. et Chim. russe, t. XXVII). — 1895. Tchernik (Journ. Soc. Phys. et Chim. russe, t. XXVII, p. 384 et 492. Saint-Pétersbourg) (en russe). — 1896. Davidoff. *Or et cuivre dans la province de Batoum* (Gazette du gouvernement de Koutais, 149) (en russe). Voir plus haut, p. 589, sur cette région.

[2] Pages 590 à 594.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

b. **Zone du Kara-Dagh et chaîne Caspienne d'Azerbeidjan.** — A l'Est du plateau arménien, une série de chaînes plissées d'âge tertiaire, qui prolongent l'Anti-Caucase, suivent au Sud la dépression de la Koura, coupant transversalement l'Araxes et, bordant le rivage occidental de la Caspienne, se continuent vers l'Iran. Cette zone, dont nous avons étudié la partie russe dans l'Anti-Caucase, avec ses gisements d'Akthala, Allah-verdi, Kédabek, etc., est une des plus métallisées, la plus métallisée peut-être de celles que nous étudions en ce moment et ce caractère, qui est très marqué au Nord, se poursuit au Sud de l'Araxes dans la chaîne, appelée Kara-Dagh, dont il nous reste à parler. D'autre part, nous venons de voir, sur le bord septentrional du plateau arménien, les gîtes métallifères être également nombreux. On peut donc considérer les minerais comme formant une couronne à ce centre si intense d'activité volcanique, qui, lui-même, dans sa partie superficielle, seule accessible pour nous, n'est pas métallisé.

Tectoniquement, on a là des zones primaires, comprenant des schistes paléozoïques, du dévonien et du carbonifère avec une apparition de trias à Julfa sur l'Araxes, qui, dans l'état actuel de nos connaissances, semble localisée, puis du jurassique, du crétacé et de l'éocène plissés. Des axes de granite, diorite, gabbro, etc., suivent la direction des plissements. D'autre part, les grandes masses éruptives tertiaires, qui occupent tout l'Ouest, se prolongent dans ce sens, avec des dimensions plus restreintes, par des coulées ou par des pointements localisés.

Il semble naturel de relier les minerais, qui se présentent là en filons sulfurés complexes de métaux divers, à des émanations dérivées des magmas profonds auxquels sont dues ces roches éruptives. Faute de renseignements précis sur ces divers gisements, nous pouvons les supposer analogues à ceux de l'Anti-Caucase étudiés plus haut, qui contiennent le même groupe métallifère de cuivre, zinc et plomb. Nous avons cependant ici, en outre, à signaler un gisement d'étain avec pyrites de fer et de cuivre, celui d'*Angert*, à l'Est de Alikhan-Dagh, dans une région où les massifs de granite recoupent les schistes métamorphiques[1].

Un gisement de molybdène signalé plus au Nord, près de *Migri*, sur l'Araxes, est à en rapprocher, étant donnée l'origine commune si fréquente de l'étain et du molybdène, associés également à des granulites, souvent avec cuivre.

A Migri, la molybdénite est, en effet, unie à des pyrites de fer et de cuivre.

Le même groupement molybdène et cuivre existe à *Hedjenan*[2].

[1] 1838. Wilbraham, Sir R. *Travels in the transcaucas. provinces*, p. 71. — 1853. Grewingk C.-C.-A. *Geogn. und orogr. Verhältnisse des Nord Persiens*, p. 68. — 1904. Stahl (Petermanns Mittheilungen, p. 235 et carte). Voir plus loin, p. 653 et 661.

[2] 1830. Voskoboinikov (Journ. des mines russes, p. 334). — 1853. Grewingk. *Geogn. und orogr. Verh. des Nord Persiens*., p. 34. — Catalogue du musée de Tiflis. — Abich. Vergl. gr., 73.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Le reste de la minéralisation est surtout formé de cuivre : dans la partie Sud-Est du Karabagh occidental, à Pyrdaudi et Okchi, à Katar, Barabatoun, Shikhaus, Gavart, Galisour; dans le Karadagh, à Astamal, Jivanik, etc. En divers points, ces chalopyrites sont aurifères et donnent des traces d'or dans les sables. Il s'y associe également des galènes et blendes, sur lesquelles l'attention a été moins attirée.

Enfin, sur le flanc Sud du *Sahend*, on trouve du cuivre, du plomb, de l'antimoine et de l'arsenic.

c. **Zone d'Angora à Sivas**. — Si nous revenons maintenant à l'Ouest pour suivre une zone plus méridionale, nous trouvons, dans le coude de l'Halys (Kizil-irmak), la mine de plomb argentifère de *Denek-Maden*, qui, longtemps délaissée, a donné lieu récemment, de la part du Laurion grec, à une reprise annoncée avec quelques fracas, mais dans laquelle on n'a encore fait, croyons-nous, que des pertes.

Vers le Nord, *Kara-hissar* présente une mine d'argent, citée autrefois par Barth. Plus à l'Est (encore à l'Ouest de Sivas), le groupe d'*Ak-Dagh-Maden*, sur le flanc Ouest de l'Ak-Dagh, entre Amasia et Kaisarié, paraît, d'après Tchihatcheff, présenter un certain intérêt. La galène argentifère, associée avec de la pyrite, s'y trouve dans des calcaires cristallins, alternant avec des micaschistes et schistes amphiboliques traversés par des granites. Le minerai doit y présenter des amas ou colonnes, qui, au voisinage de la surface, se sont remplis, par l'oxydation de la pyrite, de matières ocreuses, auxquelles il est possible que de la calamine soit associée, bien qu'on ne l'ait pas signalée.

d. **Plateau Arménien et Chaînes Tauriques**. — A l'Est du cours du Frat, prolongé par l'Euphrate, le plateau arménien s'étend vers le lac de Van et la Caspienne, avec ses épanchements volcaniques, au milieu desquels, suivant la loi métallogénique ordinaire, les gîtes métallifères font défaut. Mais il n'en est pas de même là où reparaît, parmi ces roches éruptives, leur socle primaire, qui, lui, au contraire, a été traversé par de nombreux filons métallifères. Trois zones primaires principales nous sont connues. La plus septentrionale s'étend du Kurrbaba-Dagh au Bingœl-Dagh (3283) : point culminant célèbre dans les légendes orientales, d'où s'épanchent, en divers sens, les affluents principaux de l'Euphrate et de l'Araxes. Nous avons à y citer, à l'Ouest, dans le Kurrbaba-Dagh, la présence d'un gisement de cuivre et d'étain situé près de Tillek [1]. L'existence de l'étain, déjà signalée plus haut, entre le Sahend et l'Araxes, vaut la peine qu'on y insiste, en raison de toutes les questions historiques qui se posent au sujet de ce métal. Nous n'en connaissons guère en Asie Mineure que ces deux gisemente. Il est à noter que

[1] Taylor. Journ. roy. geogr. Soc. Londres, t. XXXVIII, p. 339.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans les deux cas, l'étain est associé au cuivre, comme il l'est dans le Cornwall, comme il l'est également en Bolivie et dans les gisements du Yunnan que nous aurons bientôt à décrire. Sa cristallisation paraît ici, comme d'ordinaire, en rapport avec la présence d'une intrusion granitique, qui a traversé les schistes primaires en les métamorphisant.

Une seconde zone primaire est celle de *Keban-Maden* (ou Kyeban) sur l'Euphrate, où l'on a signalé des gisements complexes de galène argentifère, blende et pyrites, avec de l'antimoine, donnant, dans les parties hautes, du sulfure d'argent, du chlorure d'argent, de l'anglésite, du gypse, etc. [1]. Ces mines, appartenant à l'état, qui, en 1847, les faisait exploiter par des ingénieurs allemands, sont abandonnées.

Remarquons que, d'après Ainsworth, divers affluents de l'Euphrate oriental, ou Mourad, situés en amont de Kharpout dans le Khutel-Dagh, à Kulveneh, etc. ont des sables aurifères.

Enfin, la troisième grande zone primaire est celle des chaînes Tauriques, qui longe au Sud le cours de l'Euphrate et le lac de Van.

Au Nord de Diarbékir, on connaît, sur son flanc Sud, une grande mine de cuivre à Arghana-Maden et, sur son flanc Nord, une mine de fer à Sivan-Maden.

Arghana-Maden[2], près des sources du Tigre, entre Kharpout et Diarbékir, est, comme nous l'avons vu[3], la mine de cuivre la plus fameuse de l'Asie Mineure. Autant qu'on en peut juger, il s'agit là d'une colonne filonienne, ou d'un amas de pyrite de fer cuivreuse, avec un peu de chalcosine secondaire, en relation probable avec des intrusions de roches vertes, gabbros, serpentines, etc., dans de l'éocène nummulitique. Après triage, on y obtient des chalcopyrites très riches, dont on rejette tout ce qui ne contient pas 5 à 6 p. 100 de cuivre.

Vers l'Est, on a signalé : dans le district de Sasun, des sables contenant de l'or et du platine ; près de Bitlis, de l'or piment, et, à Shirvan, des sables aurifères [4].

Plus au Sud, les environs de Diarbekir présentent, dans la vallée du Tigre, des sables à magnétite. Ces préparations mécaniques naturelles, exécutées sur des roches volcaniques où la teneur en oxyde de fer est souvent notable, se retrouvent en divers points de l'Arménie et j'ai déjà signalé leur rôle probable dans les métallurgies primitives.

[1] 1838. Ainsworth. *Researches in Assyria*, t. II, 229.—1844. De Chancourtois (C. R. Ac. des Sc., t. XVIII, 830). — 1845. Smyth (Quart. Journ. Geol. Soc., I, 334).

[2] 1838. Ainsworth. *Researches*, 275.— 1844. De Chancourtois, C. R., t. XVIII, 830.— 1845. Smyth, *loc. cit.*, 334. — 1896. Dr May. *Die bergbauliche Verhältnisse der Turkei* (Oest. Zeits. f. Berg. u. Huttenwesen. Vienne, mai, p. 223).

[3] Page 96.

[4] 1892. Mulla Simonis. *Du Caucase au golfe Persique*, p. 3.6.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

PETITES SUBSTANCES MINÉRALES DE L'ASIE MINEURE

Aux roches de l'Asie Mineure se relient directement quelques petites substances minérales utiles, que nous allons examiner ici.

Écume de mer (magnésite) et giobertite (carbonate de magnésie). — On peut rattacher à la décomposition superficielle des roches serpentineuses, qui sont si abondantes en Asie Mineure, la formation de certains produits magnésiens, tels que l'écume de mer, le talc, ou enfin la giobertite. Suivant les circonstances, il s'est produit, ou du talc (silicate hydraté), la substance la plus commune[1], ou, très exceptionnellement, de l'écume de mer (autre silicate), ou enfin du carbonate. Ces deux dernières substances ne prennent que rarement un développement tel qu'elles deviennent utilisables. Le carbonate cependant donne lieu à une exploitation dans l'île *d'Eubée*, sous la forme de veines superficielles assez régulières encaissées dans des schistes talqueux au voisinage de serpentines (Mandoudi, etc.).

Dans le gisement d'*Eski-cheir*, dont nous avons précédemment indiqué les conditions économiques[2], on a une sorte de brèche contenant des blocs de serpentine, d'autres de magnésite, avec des parties calcaires. Les blocs utiles sont très irrégulièrement disséminés dans une couche, qui peut avoir de 4 à 20 m., rarement jusqu'à 40. Son mur paraît être également une brèche serpentineuse. Au toit on observe encore une brèche riche en serpentine, mais sans écume de mer[3]. Dans un des gisements, à Karadjouk, ces roches du toit étaient formées de silicates très durs sur 2 à 6 m[3].

Émeri[4]. — L'émeri est, on le sait, un mélange de corindon avec des quantités variables d'oxyde de fer, qui peuvent aller de 8 à 50 p. 100, et avec un peu de silice. Nous avons précédemment indiqué les conditions

[1] Voir page 620.

[2] Page 98. — Voir Coll. École des mines, 1326 et 1327. — 1878. A. Ziegler. *Zur Geschichte des Merrschaums, mit bes. Berucksichtigung der Meerschaumgruben bei Eskisheir in Kleinasien*, Dresde.

[3] On peut noter, à ce propos, la présence assez fréquente de conglomérats bréchiformes à fragments anguleux de serpentine au voisinage des serpentines d'Asie Mineure. J'en ai autrefois observé, soit à Mételin, près l'embouchure de la rivière Vourkos (*loc. cit.*, 27), le long d'un contact anormal entre la serpentine et l'andésite, soit à Rhodes; et il est permis de se demander si un phénomène de charriage ne serait pas intervenu, comme cela paraît être bien souvent le cas, pour une cause ou pour une autre, à la base des serpentines (Nouvelle-Calédonie, Toscane, etc.).

[4] Voir plus haut, p. 99, pour les conditions industrielles, avec bibliographie. — 1907. Kramer, Rudolf. *Kleinasiatische Smirgelvorkommnisse* (Berlin, Frenkel, 8°). — 1903. Zenghelis. *Les minerais et minéraux utiles de la Grèce* (C. R. du 5e Congrès intern. de Chimie appliquée à Berlin. Athènes). — 1905-06. S.-A. Papavasiliou. *Sur l'émeri de Naxos* (Geol. Centralblatt, VII, 1058, et VIII, 253). — 1909. S.-A. Papava-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

industrielles où se fait l'exploitation des gisements de Naxos et de la région de Smyrne. Géologiquement, tous ces gisements paraissent avoir une origine assez analogue : cristallisation de l'alumine dans des calcaires métamorphiques; mais les gisements de Naxos, qui présentent seuls le minerai réellement en place, sont de beaucoup les plus instructifs.

On exploite à *Naxos* des masses lenticulaires d'émeri, encaissées dans des calcaires et dolomies sacharoïdes, dont le soubassement est formé de micaschistes. Ces masses ont, suivant les points, de 5 à 50 m. d'épaisseur. Le développement de l'émeri dans ces conditions est à rapprocher des conditions bien connues, dans lesquelles le corindon apparaît au milieu des cipolins ou des schistes cristallins (Ceylan, Birmanie, Siam, etc.). On sait que ce minéral fait alors partie d'un groupement, dans lequel on rencontre souvent, en même temps, du spinelle, de la chondrodite et du rutile. Généralement, on observe alors, au voisinage, la présence d'une intrusion granitique, à la présence de laquelle on peut attribuer cette cristallisation d'alumine, d'aluminate de magnésie, de silicates magnésiens, etc., par l'intervention du carbonate de soude. Dans les gisements d'émeri proprement dits, il semble qu'on ait affaire à un métamorphisme plus général. La magnétite et l'oligiste y sont en associations normales avec le corindon : associations, qui constituent à proprement parler l'émeri et représentent, sans doute, des éléments ferrugineux empruntés au terrain sédimentaire et recristallisés. Il en est de même du titane, qui se montre, tantôt à l'état de rutile, tantôt en brookite ou en fer titané.

On peut rappeler, à ce propos, sans faire cependant aucune assimilation, la façon dont l'alumine s'est concentrée dans certains gisements de ségrégation dérivés des gabbros, norites, péridotites, peut-être comme terme extrême d'une localisation d'aluminate de magnésie et a fini par y cristalliser en spinelles, corindons, magnéto-corundites, souvent titanifères, etc. [1]

L'émeri de *Smyrne*, dont nous avons déjà signalé les gisements à Ala-djaly et Hassan-Tchauchlar, 60 km. Sud-Est de Smyrne, près d'Ephèse, ou encore entre Assisié et Sokia, semble avoir une origine analogue; car on le trouve fréquemment associé avec des fragments de calcaires cristallins. Mais ces gisements sont là uniquement des pro-

SILIOU. *Ueber die vermeintlichen Urgneisse und die Metamorphose des krystallinen Grundgebirges der Kykladen* (avec carte géologique de Naxos) (Zeits. der deuts. geol. Gesel., t. LXI, p. 134). — Coll. École des mines, 1371 : émeri de Bladjah, près Smyrne.

[1] Voir, à ce propos : 1903, L. DE LAUNAY, *Notes sur la théorie des gîtes minéraux. Le rôle du titane en géologie* (pp. 54 et 36) et *Gisements de fer scandinaves* (Ann. d. M., p. 21). A Rockingham (Caroline du Sud), il s'est produit des masses de corindon avec spinelle; à Routivara (Laponie Suédoise), une titano-magnétite avec spinelle.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

duits détritiques. A Ala-djaly, on exploite surtout une sorte de brèche à débris anguleux de calcaire cristallin et d'émeri, remplissant, dans le calcaire, des fissures superficielles, ou, dit-on, de véritables grottes, qui elles aussi, pénètrent peu profondement. M. Weiss a décrit une de ces grottes ayant 100 m. de long sur 20 m. de large et 10 de haut. Mais sa description n'est pas absolument probante sur le point essentiel de savoir si ces grottes ne résulteraient pas de l'exploitation même à une époque plus ancienne.

En un point, d'après le même auteur, la brèche formait une sorte de couche horizontale ayant 1 m. 50 d'épaisseur moyenne et reposant sur un calcaire normal, tandis que son toit était constitué par du calcaire altéré, terreux et ferrugineux. Le calcaire du mur, à son tour, recouvrait là un micaschiste.

Dans le gisement situé entre Assisié et Sokia, les conditions sont les mêmes : débris d'émeri et de calcaire cristallin dans une terre rougeâtre sur du calcaire normal, ou remplissage d'excavations dans le calcaire cristallin par une brèche analogue ; soubassement de micaschistes.

En somme, il y a une singulière ressemblance entre l'émeri et les groupements dont font partie, comme termes extrêmes, la bauxite et le fer en grains : groupements se présentant ici sous une forme cristallisée. Il est permis de se demander, à titre très hypothétique, si ce ne seraient pas, en effet, d'anciennes bauxites, qui auraient donné l'émeri, comme les calcaires donnaient les cipolins, ou les argiles, les schistes. Dans cette idée, il y aurait lieu de rechercher si les grottes signalées par M. Weiss n'auraient pas pu jouer un rôle.

Tchihatcheff a signalé autrefois[1] la richesse en blocs d'émeri de toute la région située un peu au Sud, entre l'île de Samos et Milas, notamment entre Bafi, Mendelia et Milas, ou, plus loin à l'Est, vers Eski-hissar. Cet émeri semble être associé à des calcaires métamorphiques, englobés dans des micaschistes. On observe, à l'Est de Milas, des blocs assez nombreux de fer titané traversés par des veines de corindon bleu.

Pierres précieuses. — L'Asie produit un certain nombre de pierres précieuses, qui, depuis l'antiquité, ont été soigneusement recueillies et utilisées par l'orfèvrerie orientale. Les trésors des princes asiatiques sont célèbres à cet égard, et il suffit de rappeler seulement ici, comme productions principales de ce continent, les diamants des Indes, les rubis et les saphirs de Ceylan, de Birmanie, etc., les turquoises de la Perse et du Sinaï.

Dans le *Pont*, on a récolté, depuis longtemps, sur la côte, vers Kerasoun et Trébizonde, des agates, onyx et jaspes, qui entraient déjà dans

[1] *Loc. cit.*, t. 361 à 365.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les trésors célèbres de Mithridate, conquis par Pompée. Le cours inférieur de l'Halys (Kizil-irmak), et du Thermodon (à l'Est de l'Ieckil-Irmak) fournissent, notamment, beaucoup de ces pierres. On signale particulièrement, près du Thermodon, le port d'Ounieh, d'où l'on extrait des dalles calcaires rouges et blanches renfermant des bancs d'un jaspe ondulé susceptible d'un beau poli. C'est de là, suivant Hamilton, que Mithridate aurait tiré les vases de jaspe qu'il se plaisait à montrer à ses hôtes.

Alun. — On cite, comme mines d'alun en Asie-Mineure, celles de Kara-hissar, dans le bassin de l'Halys. La ville s'appelle, à cause de cela, Chabin ou Cheb-Kasch.

Albâtre. — L'albâtre est exploité en divers points de la Mésopotamie.

Près de Mossoul, les carrières du Mekloub-Dagh, à l'Ouest de la plaine, fournissent ce qu'on appelle le marbre de Mossoul.

A 200 km. Nord de Bagdad, à Kerkouk, l'albâtre gypseux est associé avec des sources salées et des hydrocarbures, comme à Volterra ou en Sicile.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXVIII

LES RICHESSES MINÉRALES DE LA PERSE ET DE L'AFGHANISTAN[1]

Les richesses minérales de la Perse sont fort mal connues et leur exploitation, comme nous allons le voir, est à peu près réduite à zéro. Même à titre purement théorique, nous pourrons être d'autant plus bref sur leur description, qu'une des régions les plus intéressantes de la Perse à cet égard, celle qui confine à la Russie et à la Turquie, s'est trouvée déjà étudiée incidemment quand il a été question du Caucase et de l'Arménie.

Nous avons décrit, à ce propos, la zone métallifère, relativement importante, d'Akthala, au Sud de Tiflis, et Kédabek, au S.W. d'Elisabethpol, que nous avons commencé à suivre en Perse, dans le district de l'Azerbeidjan[2]. On trouve là au Sud de Tabriz, un district qui paraît être bien métallisé, avec des remplissages complexes, rappelant, d'après les descriptions, nos mines de l'Atlas algérien, ou celles de l'Apennin Toscan.

Nous avons mentionné, dans cette chaîne du *Sahend*, au Sud de *Tabriz*, des filons de cuivre gris et phillipsite, avec un peu d'argent rouge, qui

[1] Voir plus haut, p. 107, 301, 647 à 654 et bibl. de la région arménienne, p. 647. — 1815. Malcolm John. *The History of Persia*. Lond., 2 vol. — 1815. Loftus. *On the geology of portions of the Turko-Persian Frontier and of the districts adjoining* (Quart. Journ. Geol. Soc., t. XVII, p. 247). — 1879. Tietze. *Die Mineral Reichthümer Persiens* (Jahrb. K. K. geol. Reichs. Wien, t. XXVII; cf. 1875, Verhandl. K. K. geol. Reichs. Wien). — 1888. Hennecke. *Die Bodenschätze Persiens* (Preuss. Z. f. d. B. u. H. XLVII, p. 272-274). — 1888. Scharizer. *Ueber persische Bleierze* (Verh. K. K. geol. Reichs. Wien). — 1892. Curzon, Géo.-N. *Persia and the Persian question*. Lond., 2 vol. — 1898. R. Helmhacker. *Les Richesses minérales de la Perse* (Eng. and Mining Journ., juillet, résumé par Krusch dans Z. f. p. G., 1898, p. 430). — 1901. Vredenburg. *A geological Sketch of the Baluchistan desert and Part of Eastern Persia* (Mém. Geol. Scien. India, t. XXXI, p. 179-302). — 1908. Olmer. *Rapport sur une mission scientifique en Perse* (Nouv. Arch. des Miss. Scientif., 110 p., in-8°; résumé dans la Nature, n° 1848, 24 oct. 1908). — 1909. (Petermanns Mittheil). — Nous renvoyons pour le charbon, le sel, le pétrole et aux chapitres spéciaux, p. 301, 433, 463. On peut citer, en outre, parmi les publications géologiques : 1902. H. Douvillé. *Sur les analogies des faunes fossiles de la Perse avec celles de l'Europe et de l'Afrique* (B. S. G. F., 4e sér., t. II, p. 276. — 1902. Gauthier. *Étude sur les échinides de la Perse*. — 1904. H. Douvillé. *Les explorations de M. de Morgan en Perse* (B. S. G. F., 4e sér., t. 4, p. 539).

[2] Pages 652 et 653.

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ont été autrefois exploités pour cuivre. Nous y avons signalé également de l'étain.

Un autre district métallifère de la même région est celui d'*Afshar* et *Takht-i-Soleiman* (à 18 km. d'Afshar).

La mine très ancienne d'Afshar, située sur un affluent du Sarouk, présente des filons de quartz et galène argentifère à 670 gr. d'argent par tonne, encaissés dans une série de schistes et calcaires. Au voisinage immédiat, on trouve du réalgar. Il existe également du cinabre dans des roches éruptives récentes, à Sandjiek, Kis-kapken et Kara-kein.

La stibine, fréquente dans ce même district d'Afshar, en filons encaissés dans le calcaire, complète le groupement de galène, cuivre gris, cinabre, réalgar et stibine, dont j'ai eu autrefois l'occasion de signaler la généralité sur une chaîne plissée du même âge tertiaire dans la province de Constantine et la Tunisie. L'emploi très ancien de l'antimoine comme fard dans les pays orientaux a attiré l'attention sur les points où l'on rencontre cette substance, dite « Surmeh »; d'où d'assez nombreux Kouh-i-Surmeh.

A peu près à 15 km de Takht-i-Soleiman, dans la chaîne d'Arghoun, d'autres filons de galène argentifère, avec calcite et fluorine, traversent une brèche de micaschistes et produisent par an environ 15 tonnes de plomb tenant 346 gr. d'argent à la tonne. On signale, de ce côté, d'importants filons de quartz avec hématite rouge et brune, qui sont évidemment des filons de quartz pyriteux superficiellement altérés.

Enfin, toujours dans le même district du Takht-i-Soleiman, le réalgar forme des filons de contact de 35 à 50 cm. de puissance entre des mélaphyres et des schistes recoupés par eux. On en tire trois qualités de réalgar, vendues sur le marché d'Hamadan. Un autre filon de réalgar est un peu plus au Nord, à *Goramis*. Toujours dans le même district de l'Azerbeidjan, au Nord de Kavend (28 km. W. de Send), la chaîne de Bulmus contient des pyrites un peu aurifères. D'autres filons, avec pyrite aurifère altérée en hématite, se trouvent à quelque distance de Kavend.

Enfin, sur un ancien volcan, près de Sendan, on recueille un peu de soufre et il en existe une mine, qui occupe une soixantaine d'ouvriers pendant l'été, près de Takht-i-Soleiman.

Si nous suivons, le long de la Caspienne, le système des chaînons de l'Iran, nous trouvons plus loin un autre district métallifère à *Sendjen* (37°-49°). On y a signalé, à 1 km. de Mourassou, dans la chaîne de Tourbet, un filon de quartz et de pyrite dans le granite, tenant une certaine proportion d'argent.

Puis vient, près de *Téhéran*, le petit filon de plomb argentifère de *Bibi-Chekr-Banou*.

Dans le massif du *Demavend*, on exploite du soufre volcanique. Au Nord du massif est la petite mine d'hématite d'*Amol*; au S.E., celle d'*Harian*, près de Semnan.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'extrémité N.E. du Khorassan a été surtout signalée comme aurifère. Sur le bord, au Nord du désert, on a lavé quelques sables aurifères, au Sud de *Damghan*, sur le Kouh-i-zar. Le même district d'Asterabad contient, paraît-il, un peu d'étain. Un district pétrolifère se trouve au Sud d'Asterabad.

Nous arrivons au groupe de *Meched*, à l'extrémité Est du Khorassan, qui paraît être un des plus importants de la Perse. Nous aurons à décrire là, spécialement, les turquoises de Nichapour et nous avons déjà signalé[2] les gîtes de sel voisins. Il existe, dans la même région, quelques filons métalliques à Tabbas, Maadan, Tchinaran (au S.W. de Sendan).

La mine de *Tarkobeh*, à l'Ouest de Meched, présente des filons de quartz aurifère dans des micaschistes. Du même côté, à Fahr Daud, près de Bozmichk, se trouvent des mines de cuivre épuisées.

Dans les chaînons N.W.—S.E. qui longent le bord Sud du désert, on peut d'abord signaler les asbolites cobaltifères exploitées près de *Kachan*, entre Téhéran et Ispahan. Puis, vers le 57° E., vient le district de *Kirman*. Du plomb argentifère y existe à Djiruft, 50 km. S.E., de Kirman et, dans le mont Basrou, entre Kirman et Tars. Un peu de manganèse se rencontre également de ce côté et sert pour les verriers.

Sur les chaînes, au Sud, nous trouvons seulement à noter, près de *Dastah*, entre Tasan et Zahadan, des filons argentifères.

Parmi tous ces gisements mal connus, les seuls qui méritent une description plus spéciale sont ceux des turquoises de Nichapour.

Turquoises de Nichapour[3]. — Les turquoises, qui jouent un si grand rôle dans l'ornementation orientale, ont pour principal centre d'exploitation dans le monde, la région de Nichapour, en Khorassan[4]. Nous en trouverons un autre gisement dans l'Inde. Enfin, à la limite de l'Asie et de l'Afrique, dans la presqu'île de Sinaï, il a existé des mines de turquoises très exploitées par les Egyptiens de l'antiquité, qui semblent les avoir épuisées[5].

[1] On parle également d'étain à Dragan, dans l'Ariania ? voir plus haut, p. 652 et 653.

[2] Page 419.

[3] 1825. Fraser. *Journal into Khorassan.* — 1830. Prinsep, J. *Examination of the minerals collected by E. Stirling, Esq., at the Turquoise Mines near Nishapur in Persia* (Glean. Sci., II, 375-379). — 1862. Khanikoff. *Mémoire sur la partie méridionale de l'Asie centrale* (Paris). — 1877. Tietze. *Bemerkungen über die Technik des Altergebietes* (J. K. K. Geol. Reichs., Wien). — 1884. A. Houtum Schindler. *The turquoise Mines of Nishapur, Khorassan* (Geol. surv. Ind., t. XVII, p. 132-142). — 1886. A. Houtum Schindler. *Die Gegend zwischen Sabzwar und Meschhed in Persien* (J. d. geol. Reichs., t. XXXVI, p. 304-314). — 1888. Toqué. *Les turquoises de Nichapour* (Ann. des mines, p. 564). — Reclus, IX, p. 225. — Suess, III, p. 390. — *Gîtes métallifères*, I, p. 411 à 413.

[4] Le nom même de turquoise vient de ce que ces pierres ont été introduites en Europe par la Turquie. Les anciens les nommaient callais.

[5] *Les richesses minérales de l'Afrique*, p. 284 et 285.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La turquoise est, comme on le sait, un phosphate d'alumine hydraté, dans lequel l'analyse constate généralement de 1 à 5 p. 100 de protoxyde de cuivre qui donne la couleur bleue. Des teintes vertes sont également produites par des protoxydes de fer; mais les pierres qui en résultent sont sans valeur marchande. Il peut intervenir aussi des traces de manganèse ou de cobalt.

La région exploitée à Nichapour présente des massifs de brèche trachytique à ciment ferrugineux, recouverts par des calcaires et tufs, et contenant des veines argileuses, où l'on trouve les turquoises, souvent enveloppées par de l'oxyde de fer. Dans la formation de ces pierres, il y a deux points à distinguer: 1° la production d'un phosphate d'alumine, et 2° sa coloration en bleu par le cuivre, phénomènes qui sont, jusqu'à un certain point, indépendants l'un de l'autre.

En ce qui concerne le phosphate, on peut se demander s'il y aurait eu, dans les fissures, introduction superficielle de solutions phosphatées, ayant emprunté leur minéralisation aux sédiments tertiaires, ou si ce phosphate provient des trachytes mêmes, dans la composition desquels il aurait pu entrer, soit du phosphate de chaux, soit même déjà du phosphate d'alumine. L'apatite est fréquente et parfois abondante dans des roches de ce genre, notamment dans les gisements classiques du cap de Gate, au Sud de l'Espagne, où des multitudes de cristaux d'apatite de un demi-centimètre de long tranchent, par leur couleur jaune ou verdâtre, sur une pâte orangée. La même question se pose, nous l'avons vu ailleurs, pour les mines du Sinaï, qui occupent des fissures du grès nubien, au voisinage du granite, et, là, l'introduction par voie superficielle semble la plus vraisemblable. De toutes façons, ces interventions superficielles sont du moins certaines pour ce qui concerne l'allure actuelle des gisements et, particulièrement, la couleur bleue des pierres. La turquoise est un minerai d'affleurement, qui est lié aux affleurements des filons cuprifères, comme les malachites, azurites, etc., ou, sur les affleurements des filons de plomb, ces phosphates colorés qu'on appelle les pyromorphites. La chaîne de l'Elbourz, où se trouvent les turquoises, contient d'assez nombreux gisements de cuivre, avec d'autres éléments métalliques (or, etc.). L'oxyde de fer, qui accompagne ces pierres, est manifestement le produit d'une oxydation de surface exercée sur des pyrites.

Industriellement, les principaux centres d'exploitation de Nichapour sont Abd-our-Rézagi, d'où l'on tire les turquoises les plus estimées; Kerbélai-kérim; Dér-i-Kouh, mine fort ancienne et fort étendue; Sér-i-Reuh, d'où viennent des turquoises qui se ternissent rapidement à l'air, en perdant leur humidité; Eudjir, etc.

On attache beaucoup d'importance à la classification des pierres, dont les plus estimées ont une teinte bleu de ciel foncé (*Engouchteri*, de première qualité; *Barkhaneh*, intermédiaires, et *Arabi*, inférieures). Il

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

paraît que les pierres, trouvées dans de vrais filons, gardent leur couleur, tandis que celles, extraites de la roche altérée, la perdent rapidement. L'exportation se fait par Meched ou Téhéran à destination de la Russie.

On cite d'autres vieilles mines, à *Kirman*, à *Kavik* et *Machiz* sur le fleuve du Cheheltan et des trouvailles récentes près de Yezd et de Seistan.

Rubis. Lapis-lazuli. — Il existe des mines de rubis célèbres au N.E. de l'Afghanistan[1], contre le Pamir, à *Sousst* (100 km. E. de Faisabad, en Badakchan) par 71° 30′ et 37°.

Un peu plus au Sud, sur le haut cours de la Koktcha, affluent de l'Amou-Daria, à la descente de l'Hindou-kouch (36°, 71°), se trouvent, également dans l'Afghanistan, des gisements classiques de lapis-lazuli.

Albâtre. — Nous avons signalé le marbre de Tabriz, sur le lac d'Ourmiah, qui est un dépôt de travertin calcaire.

[1] Sur l'**Afghanistan**, voir : — 1838. P.-B. Lord. *Some account of a visit to the plain of Koh-i-Daman, the mining district of Ghorband and the pass of Hindu Kush* (Journ. As. Soc. Bengal., t. VII, p. 521-537). — 1841. Drummond, H. *On the Mines and mineral Resources of Northern Afghanistan* (Journ. As. Soc. Beng., X, 74-93). — 1886-1887. C.-L. Griesbach. *Field-notes from Afghanistan* (série de mémoires dans Rec. géol. suv. of India, t. XX). — *Geological sketch map of Afghanistan and North Eastern Khorassan*, (*ibid.* t. XIX, et t. XX). — 1902. C.-A. Mc Mahon *and* W.-H. Hudleston, *Fossils from the Hindu Khoosh* (Geol. Mag., 4 déc., t. IX, p. 3-8 et 48-58, pl. II. III).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXIX

MÉTALLOGÉNIE DE L'INDE ET DE CEYLAN[1]

Rapports généraux avec la tectonique. — Si nous retenons, de ce qui a été dit précédemment sur la tectonique indoue, les conclusions les plus

[1] **Publications officielles.** — En dehors des ouvrages de détail signalés plus loin à l'occasion de chaque métal, voir : *Records geological Survey of India* (par abréviation : Rec. G. S. Ind.). 1 volume annuel. Le tome I a paru en 1868. De 1898 à 1903 la publication a été interrompue. — *Memoirs geological Survey of India* (par abréviation : Mem. G. S. Ind.), donne une bibliographie annuelle. Le tome I a paru en 1859, le tome XXXIV en 1901. On trouve, à la fin des volumes, une liste complète de toutes les publications du Geological Survey. — *Dictionary of Economic products.* — *Handbooks of Commercial Products of the Imperial Institute.*

Ouvrages particuliers. — 1841. Jacquemont, Victor. *Voyage dans l'Inde, pendant les années 1828 à 1832.* 4 vol. texte et 2 vol. atlas, 4°, Paris. — 1879. Medlicott (H.) et Blanford. *A manual of the Geology of India*, Calcutta, 1879, 2 vol. in-8°. Le tome I, Inde péninsulaire, le tome II, Inde extra-péninsulaire. Comme suite à cet ouvrage, ont paru : 1881. Ball. *A manual of the geology of India*, 3e partie, Géologie économique, 1 vol. in-8° de 664 p. avec 5 pl. Cette publication officielle vise à donner une liste complète et une sorte de dictionnaire des gisements signalés, en les classant par substance et, pour chaque substance, par district. On y trouve, en outre, une bibliographie classée dans le même ordre que l'ouvrage lui-même (par substances et districts), p. 596 à 635, un vocabulaire de termes minéralogiques et miniers indous (p. 636) et des cartes des districts diamantifères, charbonneux ou aurifères. Malheureusement, il n'en a pas été fait, à notre connaissance, de réimpression depuis 1881. Une seconde édition, annoncée en 1893, comme devant paraître par parties, n'a encore donné lieu qu'au fascicule de T.-H. Holland sur le Corindon (1898). — L'ouvrage d'Oldham (1893) forme cependant la seconde édition de celui de Medlicott et Blanford. — 1881. Ball V. *The Diamonds, Coal, and Gold of India : their mode of occurence and distribution*, (8°, London). — 1883. Pearson, A.-N. *The development of the mineral ressources of India*, in-8°, Bombay. — 1883. Reclus. *Géographie universelle*, t. VIII, L'Inde et l'Indo-Chine. — 1886. Ball, V. *The mineral resources of India and Burmah*, being a lecture delivered at the Colonial and Indian Exhibition on the 5th June (Mining Journal, LVI, 674-675). — 1887. F.-R. Mallet. *A Manual of the geology of India*, 4e partie, minéralogie (surtout non économique). — 1888. Oldham. *A Bibliographie of Indian Geology* (preliminary issue), Calcutta, 146 p. Bibliographie classée par noms d'auteurs, à laquelle il manque malheureusement, pour les recherches, un index par matière. — 1891. Fuchs et De Launay. *Gites métallifères*, passim. — Suess. *La face de la terre*, t. I, p. 509 à 528, péninsule indoue ; t. I, p. 557, Saltrange et Himalaya ; t. III, p. 362, Himalaya. — 1893. Ball. *On the volcanoes and hot springs of India and the Folklore connected therewith* (Proceed. R. Irish. Aacad., Dublin, sér. III, t. III, p. 151-169). — 1893. Oldham. *Manual of the geology of India*, Calcutta, 2e édit., avec carte au 1/6.082.560. — 1893. Oldham, R. *A bibliography of Indian geology*, Calcutta, 1 vol. in-8°. — 1895. Ramond. *Géol. des Indes anglaises*, brochure, chez Béranger, 3 fr. (d'après Oldham), 93 p. (extrait de l'Annuaire géologique universel).

Cartes. — Greenough, G. *General sketch of the physical and geological features*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

importantes pour la métallogénie[1], on aperçoit d'abord aussitôt une première coupure essentielle à établir entre les zones septentrionales à plissements tertiaires qui se rattachent aux plis Himalayens, et l'Inde péninsulaire (avec Ceylan, sa prolongation naturelle), non influencée, sous la forme de plissements, par ces mouvements récents, qui sont venus simplement se mouler sur elle en la contournant. Ce sont deux mondes entièrement différents, dont l'un forme la suite des chaînes de l'Asie Mineure, du Caucase, de l'Iran, etc. et participe à leurs caractères essentiels, tandis que l'autre constitue une sorte de grand horst massif, plutôt comparable à certains égards, en Europe, à la Scandinavie, ou, en Asie septentrionale, au continent de l'Angara, que nous avons précédemment étudié; plus analogue encore au Canada. Cependant, comme il n'est peut-être pas deux contrées au monde qui soient totalement identiques par leur constitution, certaines observations sont aussitôt à ajouter pour préciser ce premier aperçu sommaire.

C'est ainsi que, si nous prenons d'abord le groupe des chaînes plissées himalayennes, toute leur partie centrale ressemblera plutôt à une chaîne plissée à nombreuses intercalations de zones archéennes ou fortement métamorphisées qu'à une chaîne à la fois plissée et disloquée, comme c'est le cas en Asie Mineure. L'érosion en est peu avancée. Les roches éruptives sont rares. Les minerais sont également peu abondants, et ceux que l'on connaît reproduisent parfois simplement les conditions tectoniques des zones métamorphiques anciennes englobées dans les plis récents. Leurs conditions d'exploitation trop difficiles, ont, d'ailleurs, détourné de les chercher avec activité, en sorte qu'ils sont mal connus.

Les branches divergentes à direction N.-S., qui, à l'Est comme à l'Ouest, se coudent pour englober le massif primitif, présentent des conditions un peu différentes.

D'autre part, dans le massif primitif lui-même, il faut distinguer ce qui est resté réellement inébranlable dans les plissements ultérieurs et, au contraire, les parties qui ont pu être influencées par ceux-ci : soit sous la forme plissée, dont les Ghates orientales nous offrent un exemple singulier, soit surtout sous la forme de dislocations tertiaires.

La masse archéenne proprement dite offre toute une série d'imprégnations interstratifiées, que nous attribuerons à des phénomènes d'intrusion profonde analogues à ceux qui ont produit le métamorphisme gneissique lui-même. On peut considérer, d'une part, les filons-couches de pyrite aurifère, ou parfois cuprifère, de l'autre, les veines de pegmatite, avec minéraux et gemmes cristallisés et, sans doute, avec graphite, comme des épisodes naturels de ce métamorphisme. Peut-être faut-il y

of British India, London, 1 feuille. — 1891. *Carte géologique à l'échelle de 1 pouce pour 96 milles*, 2e édition, jointe à l'ouvrage d'Oldham, cité plus haut.

[1] Voir plus haut p. 108 les conditions industrielles et p. 302, la description géologique.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rattacher également, — mais, en tout cas, d'une façon plus indirecte, — d'autres filons-couches manganèsifères. Enfin nous aurons à signaler des minerais de fer oxydés de type scandinave dans cette série métamorphique complexe, dont les termes peuvent être plus ou moins acides ou basiques suivant la nature des sédiments cristallisés.

Les veines granitiques et pegmatoïdes de l'Inde péninsulaire ne sont, pas plus que celles de la Sibérie centrale, accompagnées de venues stannifères. Il faut, pour trouver l'étain de l'Inde, aller en Birmanie, dans une région nettement influencée par des mouvements plus récents, comme, en Asie Russe, il faut aller chercher la Transbaïkalie.

Quant à l'effet des accidents ultérieurs, il se traduit, sur une simple carte géologique, par deux phénomènes qui montrent, en même temps, les régions où il faut en chercher l'effet métallogénique. Ce sont ces sillons de fracture, où se sont effondrés les terrains du Gondwana au milieu des massifs primitifs, et ce sont aussi les épanchements laviques des trapps, qui ont été la conséquence de mouvements semblables. Il est évident que, là où de telles fractures se sont produites et surtout là où leur contre-coup sur l'activité éruptive interne s'est traduit par la montée de roches éruptives, on peut rencontrer des minerais filoniens, tels que ceux qui dérivent habituellement de phénomènes semblables. Et l'on aura particulièrement de chances d'en voir, suivant une remarque tout à fait générale, non pas dans les zones superficielles, où les grandes nappes de trapp sont restées intactes, mais plutôt dans les sillons effondrés, ramenés en profondeur, où les terrains du Gondwana se sont trouvés préservés, et dans les quartiers, d'abord disloqués puis érodés, où les trapps ne se manifestent que par leurs cheminées ascensionnelles.

Or la carte de l'Inde manifeste trois grands sillons semblables, dont il a déjà été question à propos des combustibles, dans le Chota-Nagpur et les Provinces Centrales. Au voisinage de ces dislocations, nous verrons reparaître parfois des types filoniens, qui, dans la partie réellement solide de la péninsule, font à peu près défaut.

Certains types de filons aurifères dispersés en innombrables craquelures dans le district de Kolar nous rappelleront un peu ce que nous avons trouvé dans l'Oural, à Kotchkar, Bérézovsk, etc.

Il faut, à l'occasion de ces généralités, insister sur ces immenses nappes de trapps qui sont un trait si marquant de la géologie indoue. La venue de ces roches se rattache à une série de dislocations, qui ont commencé pendant le secondaire et se sont accentuées au moment des grands soulèvements himalayens. Le long des rivages de l'Inde, comme le long de ceux de l'Afrique australe, on constate des traces de jurassique marin, ou ailleurs de crétacé, accusant les effondrements successifs, qui ont fini par rompre l'unité du continent indo-malgache. Ces venues de trapps, comme la plupart des épanchements éruptifs récents, ne contiennent pas, en général, de minerais proprement dits; mais on peut y rattacher

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quelques substances minérales d'un type spécial, en rapport probable avec des altérations superficielles comme les bauxites, auxquelles nous proposerons de joindre certains minerais de manganèse. Il est à remarquer combien peu ces mouvements ont été accompagnés par des effondrements internes avec manifestations métallifères connexes, telles qu'on en trouve dans d'autres massifs centraux appartenant déjà à des chaînes plus récentes, comme notre chaîne hercynienne d'Europe.

D'une façon générale, dans l'Inde, les gisements métallifères exploités et, par suite, bien connus, sont rares, comme nous l'avons déjà remarqué dans le chapitre industriel. L'industrie extractive métallifère se borne presque à l'or et au manganèse. Si l'on joint certains minéraux (diamant, graphite, mica, etc.,) dont la présence est, comme celle des minerais, intimement liée à la constitution tectonique du pays, il n'en reste pas moins, dans nos connaissances sur les gisements métallifères pouvant exister, des lacunes, auxquelles suppléent fort mal des descriptions sommaires d'affleurements disséminés. C'est une des raisons, pour lesquelles nous croyons préférable de ne pas trop subdviser les régions métallifères de l'Inde péninsulaire et nous pensons que les caractères généraux des gisements, objet principal de notre étude, ressortiront mieux ici en décrivant, contrairement à notre ordre habituel, les gisements d'un même métal à la suite les uns des autres, ces gisements étant classés d'après leur type théorique. Mais cette méthode d'exposition nous oblige à ajouter d'abord quelques mots sur une répartition par groupes régionaux dont ensuite il ne sera plus question.

Répartition des minerais par groupes régionaux. — Si nous parcourons le pays du Nord au Sud, nous commençons donc par les zones à plissements tertiaires.

Dans le Bélutchistan et l'Afghanistan, on connaît, d'une façon assez vague, quelques gîtes plombo-zincifères ou cuprifères, analogues à ceux de la Perse ou de l'Anti-Caucase (plomb de Sekran, etc.) et des fers chromés associés à des serpentines, comme en Asie-Mineure. On signale aussi des mines de rubis, à rapprocher des gisements que nous étudierons en Birmanie ou à Ceylan.

Puis vient l'Himalaya central, extrêmement pauvre jusqu'à sa zone orientale où reparaissent, dans le Sikhim et le Boutan, des massifs primitifs avec conditions métallogéniques analogues à celles du massif primitif péninsulaire dans sa partie Nord fracturée. Nous aurons là à citer le groupe cuprifère du Darjeeling.

Plus loin, vers l'Est, si nous tournons au Sud avec les chaînes birmanes, nous trouvons des zones tertiaires non métallisées, mais avec manifestations pétrolifères, au milieu desquelles, sur un horst primitif, se trouvent les mines de rubis de Mogok. Enfin, quand nous abordons, avec la Birmanie méridionale et le Siam, la zone de plissements plus orien-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tale, qui constitue l'axe de la presqu'île de Malacca, nous voyons apparaître les conditions caractéristiques de cette presqu'île : notamment le développement de l'étain à Ténasserin, Mergui, etc.

Abordant maintenant le massif péninsulaire, nous avons, à l'Ouest, dans le Rajputana, des chaînes précambriennes recouvertes par du cambrien horizontal, que découpent une série de failles N.-E. parallèles à la direction des plis. En rapport avec ce groupe de fractures, nous trouverons un peu de plomb à Jaipur.

Les conditions sont analogues dans le N.-E. du même massif, Chota-Nagpur et Provinces Centrales, jusqu'au sillon carbonifère qui suit le Godavéry. Là nous rencontrons des zones fracturées, sur lesquelles peuvent apparaître quelques rares minerais filoniens du groupe sulfureux : plomb et zinc ; cuivre ; fer, donnant des amas filoniens d'hématite. Nous avons aussi, dans le massif primitif, des imprégnations pyriteuses sous forme de filons-couches donnant lieu à des gisements d'or. Enfin, parfois, les pegmatites apparaissent et entraînent leurs satellites habituels, tels que le mica blanc et, accessoirement, la cassitérite.

Puis vient le grand massif méridional ; et, dans celui-ci, d'abord, à l'Est, la zone des Ghates orientales, influencée par des plissements calédoniens ou hercyniens, sur lesquels se montrent quelques filons plombifères à Cuddapah et Karnul. Quant au reste du massif, c'est le type des masses archéennes, où les seuls minerais sont des imprégnations de pyrite aurifère formées en profondeur et jouant, soit le rôle de filons-couches, soit celui de veines courtes sans continuité, du Dharvar, du Wainad, du Coimbatore, du Kolar, ou encore les magnétites interstratifiées du Salem à type scandinave.

A ces diverses observations, il faut ajouter le rôle joué par les altérations superficielles, qui a été considérable sur ce massif si anciennement émergé. Ce rôle se manifeste pour les gisements d'or, dont beaucoup semblent formés de concentrations de quartz secondaire, et est encore plus net, comme nous le verrons, pour le manganèse.

Le mercure manque partout, faute de chaînes récentes à manifestations éruptives.

Ces remarques générales vont se trouver confirmées et précisées par l'étude des principaux gisements, que nous allons maintenant envisager en prenant tour à tour chaque métal, ou substance minérale utile : or, plomb et zinc, cuivre, fer, fer chromé, manganèse, bauxite, mica, graphite, corindon, rubis et saphir, diamant, ambre, jade.

Ce qui concerne le sel, le salpêtre ou le pétrole a été étudié séparément [1].

[1] Voir plus haut, pages 421, 436 et 465.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

L'OR DANS L'INDE[1]

Tout le Sud de l'Inde forme un grand massif de terrains cristallophylliens métamorphiques, de gneiss, avec quelques zones alignées de schistes micacés ou amphiboliques, qui, en raison de sa richesse en or, mérite d'attirer spécialement notre attention. Il est vrai qu'industriellement, parmi les très nombreux champs d'or dont nous allons parler, un seul, celui de Kolar, qui est extrêmement localisé, a donné des résultats fructueux ; mais l'homogénéité des formations métallogéniques sur de grandes étendues n'en est pas moins manifeste, et l'existence, en une foule de points, d'anciens travaux, non seulement sur les alluvions, mais même sur la zone haute de tous ces filons, qui nous apparaissent aujour-

[1] 1834. Prinsep, J. *Illust. of Herodotus acc. of the mode of obt gold dust in the deserts of Kobi* (Journ. As. Soc. Beng., III, 206-207). 1847. — *Account of the gold mines in the Province of Malabar* (Mad. Journ. Lit. Sci., XIV, 154-181). — 1853. Hannay, S.-F. *Notes on the Gold fields of Assam* (Journ. As. Soc. Beng., XXII, 515-521). — 1856. *Gold-yielding deposits of Upper-Assam* (Mem. India, I). — 1869. Ball, V. *On the occurrence of gold in the district of Singhbhum* (Chota Nagpore) (Rec. Geol. Surv. Ind., II, 11-14). — 1874. *Correspondance regarding gold mines in Wynaad, Malabar district*, 8°, Madras. — 1874. Foote, R.-B. *The auriferous rocks of the Dhambal hills*, Dharwar district (Rec. Ind., VII, 133-142). — 1875. King, W. *On the Gold-fields of south-east Wynaad*, Madras Presidency (Rec. Ind., VIII, 29-45). — 1877. Ball. *On the diamonds, gold, and lead ores of the Sambalpur district* (Chota Nagpore) (Rec. India, X). — 1879-1880. Ball, V. *On the mode of occurence and distribution of Gold in India* (Journ. Roy. Geol. Soc. Dublin, V, 258-280, 1879) (Proc. Roy. Dub. Soc., new series II, 524-546, 1880). — 1880. Ryan, Jer. *Gold-mining in India ; its past and present*, 8°, London. — 1880. *The gold quartz regions of Southern India* (Mining Journal, L, 67-68). — 1880. Smyth, J. Brough. *Report on the gold mines of the south eastern portion of the Wynaad and the Carnoor ghat* (Madras), — 1881-1882 Clark, Hyde. *Gold in India* (Journ. Soc. Arts., XXIX, 243-256, XXX, 590). — 1881. Ball. *A manual of the geology of India. Part. III. Economic geology*, p. 173 à 231. avec carte de la région de Wynaad, et bibliographie antérieure. p. 608. — 1886. Romanis, R. *The golds-fields of Burma* (Chem. news, LIV, 278-279). — 1887. Marsh, W. *Notes on the occurence of Gold and other Minerals in Mysore*, Bangalore. — 1888. *Or du Sud de l'Inde* (Foot. Rec. Gel. S. I., XXI, p. 40-56, (avec carte géol.), XXII, p. 17-39). — 1889. Bosworth, Smith. *Report on the Kolar Goldfield* (Madras). — 1889. Foote. *The Darwar System, the chief auriferous rock-series in South India* (Rec. India, XXII, p. 40). — 1890. *Alluvions aurifères de l'Inde centrale* (Annuaire géol., p. 781). — 1891. Bosworth Smith. *Gold in Chota Nagpur* (King and Pope, Calcutta). — 1894. Elliot. *Gold, Sport and Coffee planting in Misore*, Westminster Constable. — 1896. R.-D. Oldham. *Kolar Goldfield, Mysore*, (Rec. G. S. India, t. XXIX, p. 82). — 1897. *Filons de Mysore* (Z. f. p. G., p. 400). — 1901. Hatch. *The Kolar Gold-fied* (Calcutta, Mem. geol. Surv. Ind., t. XXXIII, part. I, 81 p.). — 1901. Hayden et Hatch. *Reports on some auriferous localities in India* (Mem. geol. Surv. Ind., t. XXXIII, part. 2, 7 pl.) ; 1° Hayden. *The Gold-fieds of Wainad*, 48 p., 2 pl., avec bibl. p. 3 ; 2° Hayden. *Some auriferous localities in North Coimbatore*, 67 p.; 3° Hatch. *Auriferous quarzites of Parhardiah*, Chota Nagpore 4 p., 1 pl. — 1904. Malcolm Maclaren. *The auriferous occurences of Chota Napgpur*, Bengal (Rec. India, XXXI, 59-92), avec carte géologique du district aurifère. — 1904. Malcolm Maclaren. *The auriferous occurrences of Assam* (Rec. India, XXXI, 205-233). — 1906. Malcolm Maclaren. *On some auriferous tracts in Southern India* (Rec. India, XXXIV, 96-132), avec carte géolog. du groupe aurifère de Gadag, district de Darwar, et bibl. dans les notes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'hui médiocrement aurifères, est la preuve que, par leur altération superficielle, ils avaient pu s'enrichir assez en or pour permettre une économique industrie primitive. Nous insisterons surtout sur le champ d'or de Kolar; mais nous décrirons d'abord, du Nord au Sud, les gisements de Gadag (Dharwar), de Wainad, de Coimbatore. Vers le N.-E., d'autres gisements analogues se retrouvent, au Sud du Bengale, dans le Chota-Nagpur. En franchissant la vallée du Gange, on retrouve enfin des types analogues dans les massifs de terrains primitifs ou métamorphiques qui constituent le haut Assam.

Ces conditions de gisements sont, en moyenne, très comparables à celles que nous avons étudiées en Sibérie : à celles encore que l'on rencontre ailleurs, soit dans le massif homologue de l'Afrique australe, pour lequel nous avons eu autrefois l'occasion d'en définir les caractères, soit dans certaines parties du Brésil, soit en Australie occidentale, soit même dans les massifs primitifs des Alpes [1]. Ce sont les conditions que nous rattachons à un retour en profondeur des strates, accompagné d'intrusions en masse à structure granitoïde, avec endomorphose des sédiments et développement par exomorphose d'une feldspathisation, elle-même reliée aux granites et granulites. Dans le détail, les gisements peuvent différer les uns des autres, et nous insisterons bientôt sur les particularités qui les différencient. Dans l'ensemble, ils obéissent tous à cette même loi d'être intrusifs et, par conséquent, reliés occasionnellement à de véritables fractures, mais avec une tendance habituelle à s'interstratifier dans les interstices des feuillets schisteux, dans les directions des schistosités des gneiss, et à prendre, dès lors, une allure éparpillée, lenticulaire, « patchy », suivant l'expression anglaise, qui est rarement favorable à une exploitation industrielle.

La teneur aurifère peut être, à notre avis, considérée comme liée à la présence des magmas granitiques, notamment à la forme de ces roches plus riches en minéralisateurs et en dissolutions alcalines que nous appelons les granulites ; elle a donc pour origine ces injections feldspathisantes, qui, introduites feuillet par feuillet dans des strates anciennes, leur ont donné l'allure de gneiss. La cristallisation de la pyrite aurifère se rattache ainsi à la mise en place des granites ou des roches similaires de type plus ou moins basique pouvant passer à des diorites, ailleurs peut-être à ce que Holland a appelé des charnockites : c'est-à-dire à une série éruptive à hypersthène allant des granites très acides à des pyroxénolites (avec remplacement possible par des amphiboles et des pyroxènes monocliniques) Tel est le genre de gisements que nous rencontrerons, notamment, dans le district de Kolar.

Cependant le district de Wainad, plus voisin de la cote des Ghates occidentales, où des mouvements hercyniens ont pu se faire sentir, nous

[1] L. De Launay. *La métallogénie de l'Italie*, p. 19, 31, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

offrira un type un peu différent (au moins en apparence), et se rapprochant par exemple de ceux que nous avons rencontrés dans la chaîne hercynienne de l'Oural : à savoir d'innombrables petits filons, généralement lenticulaires, accusant, par leur obliquité sur les strates gneissiques encaissantes, le caractère nettement dynamique et intrusif de leur formation et, néanmoins, comme tous les filons encaissés dans des terrains schisteux ou zonés, ayant une tendance à épouser approximativement la direction des couches encaissantes. La différence capitale avec les districts aurifères de l'Oural est qu'on est ici dans le gneiss et non dans un granite, d'où les venues métallisantes ont pu commencer par dériver.

Étant donnée cette relation générale entre la direction des veines aurifères et celle des strates métamorphiques, il y a lieu de revenir sur l'allure de celles-ci.

Le massif primitif péninsulaire, où la plupart de ces gisements aurifères sont intercalés, présente, comme nous l'avons vu, une direction de plissements, assez uniforme, qui se retrouve dans les veines et filons d'or. Cette direction, sauf ondulations locales, est N.-N.-W. dans le Coimbatore, le Wainad, le district de Dharwar, les Ghates occidentales; elle oblique dans le sens N.-S. à Kolar et tend vers le N.-N.-E. en se rapprochant des Ghates orientales, dessinant en somme dans son ensemble la forme même de l'Inde méridionale. Dans tout cet ensemble, on trouve, au milieu de gneiss plus ou moins granitoïdes, des paquets de schistes allongés dans le sens des plissements et formant des sortes de synclinaux archéens que l'on a appelés le système de Dharwar.

Le plissement, qui s'est produit à l'époque précambrienne, a eu souvent pour effet d'écraser, de laminer le granite sous-jacent, d'allonger les galets des conglomérats, etc., et a mis en concordance apparente les schistes de Dharwar avec leur substratum. Il a été suivi d'un repos, qui a laissé les couches superposées d'âge plus récent, là où elles se montrent, par exemple les quartzites précambriens de la série de Kaladgi, avec leur horizontalité et leur aspect primitif.

C'est généralement dans ces zones schisteuses que se trouvent les filons d'or. On y observe d'ordinaire, comme nous le dirons, des complexes de schistes chloriteux, micacés, amphiboliques, avec conglomérats, bancs de quartzites ferrugineux et de calcaires[1] et masses d'anciennes diabases, ou de ces granites à hypersthène que l'on a appelés des charnockites. Les géologues indous, et spécialement M. Holland, ont attribué, dans la formation des roches schisteuses amphiboliques ou pyroxéniques, un rôle essentiel aux produits éruptifs, coulées, ou cinérites, qui auraient été transformées par dynamo-métamorphisme. Il y a, sans doute, des réserves à faire sur leurs affirmations, qui ne nous touchent

[1] Certains de ces calcaires ont été attribués par M. Maclaren, (*loc. cit.*, p. 102), à une remise en mouvement d'éléments calcaires empruntés aux plagioclases (?).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pas d'ailleurs pour notre sujet particulier. En outre, des dykes de diabases, de diabases à olivine, et de dolérites ont recoupé les strates après leur plissement et avant le dépôt des quartzites précambriens.

Groupe de Gadag (district de Dharwar). — Les caractères généraux, que nous venons d'indiquer, se présentent tous dans le district de Dharwar, près de Gadag, où ils ont été spécialement étudiés[1]. Aux roches habituelles se joignent ici des zones de porphyre pétrosiliceux (felsite). L'existence d'alluvions aurifères et la présence de nombreux anciens travaux sur les affleurements de quartz aurifères ont donné l'idée d'étudier ces filons aurifères et ont amené la constitution de quelques sociétés vers 1902. En 1905, ces travaux occupaient, dit-on, un millier d'hommes. On a là, dans les micaschistes, schistes chloriteux et schistes amphiboliques, des veines et lentilles de quartz tellement nombreuses que les auteurs des cartes géologiques ont renoncé à les marquer en détail. Ces quartz ont deux aspects différents : un quartz transparent bleu sombre, analogue à celui que l'on exploite à Kolar et à Hatti, que l'on croit plus ancien et un quartz blanc opaque, sans doute plus récent. C'est sur celui-ci, dont on a supposé l'origine liée aux intrusions des diabases et dolérites précambriennes, qu'ont porté presque tous les anciens travaux. Certaines de ces vieilles excavations sont pourtant sur des quartzites ferrugineux et on a admis qu'elles avaient eu là pour but l'exploitation du fer ; mais il ne faut pas oublier que des roches de ce genre, aussi bien en Australie qu'au Brésil ou en Afrique australe, sont parfois aurifères, quand l'étaient les pyrites dont l'altération a donné leur hématite.

Tandis que les filons de Kolar et de Hatti sont encaissés dans des schistes à hornblende, les filons aurifères de Gadag sont surtout dans des schistes argileux (argillites) : ce qui, à notre avis, prouve uniquement le caractère intrusif et adventif de leur formation.

Comme détail, on a remarqué, sur deux filons qui ont atteint 60 m. de profondeur, à Sangli et Kabulayatkatti, l'apparition en profondeur d'un peu de carbone sous la forme de graphite, et l'on s'est demandé si ce graphite, sans doute emprunté aux argillites, n'aurait pas joué un rôle dans la précipitation des pyrites. Je rappelle, à ce propos, les observations que j'ai faites autrefois sur la présence de produits hydrocarburés dans divers filons de quartz norvégiens, situés au milieu des gneiss, dans des conditions analogues à celles que nous rencontrons ici, et, d'autre part, l'existence au Transvaal de matières charbonneuses dans les reefs aurifères de la Buffelsdoorn[2].

En rapport avec les imprégnations ferrugineuses, on peut noter encore,

[1] 1906. Maclaren. *On some aurif. tracts in South India* (Rec. XXXI, 205 à 233(.

[2] L. De Launay. *Les minerais de fer scandinaves.* — Voir également *Notes sur la géologie du graphite* (Annales des Mines, 1893, p. 16). — *Les mines d'or du Transvaal*, p. 291.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans le même district, la présence de certains filons-couches d'oxydes

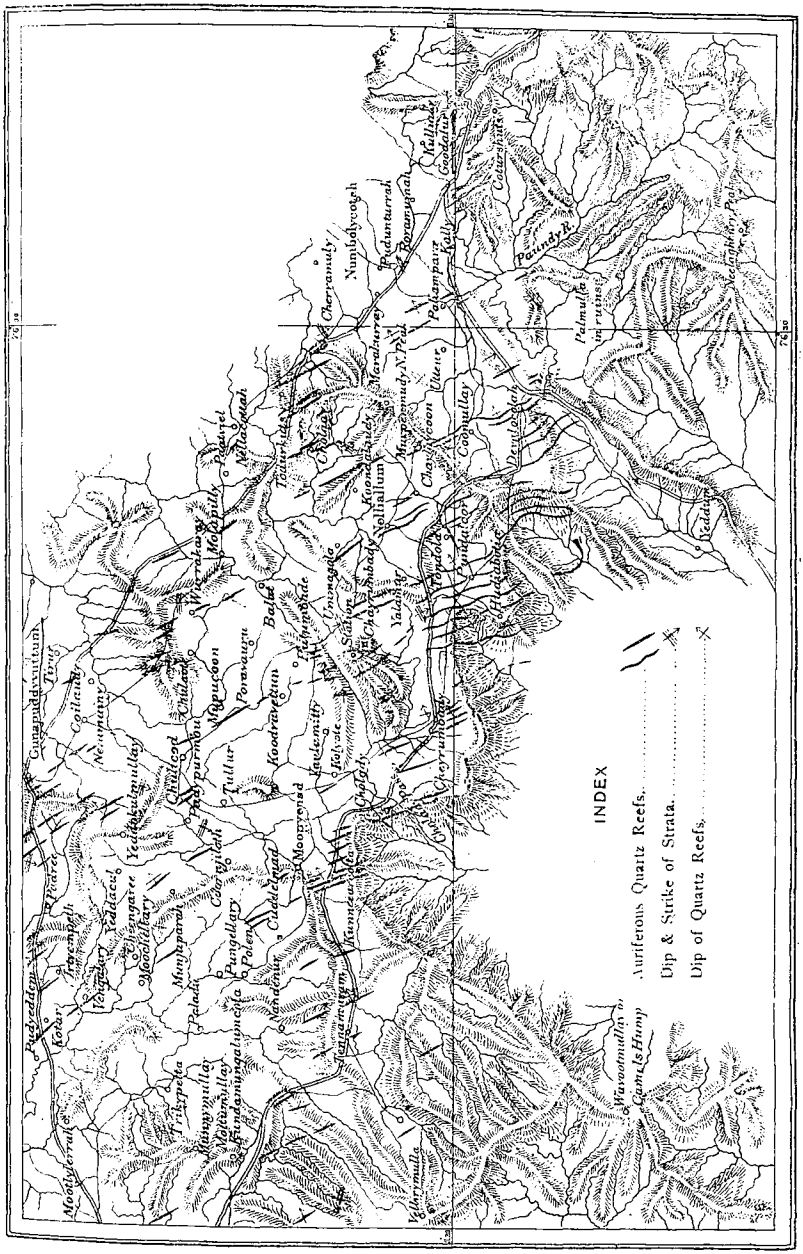


Fig. 66. — Carte des filons d'or du Wainad, d'après M. H. Hayden. (Échelle au 1 : 321.800.)
Les traits noirs indiquent les filons de quartz, avec le sens de leur plongement.

manganésifères, sur lesquels on a fait, depuis 1903, une tentative d'exploitation malheureuse.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Filons de Wainad. — Malgré l'échec industriel, auquel ils ont donné lieu, les filons du district de Wainad, que M. Hayden a étudiés, sont instructifs pour nos théories. Ce district, situé à 250 km. S.W. du précédent, dans la présidence de Madras, entre Calicut et Mysore, comprend, comme le montre la figure 66, un très grand nombre de filons parallèles à direction N.N.W., avec plongement ordinaire au S.E., encaissés dans des gneiss (généralement très altérés à la surface), dont ils tranchent un peu obliquement la direction. Souvent une zone de brèche ou salbande les accompagne. Au moment du boom de 1881, on prétendait y avoir trouvé des teneurs énormes, qui pouvaient être vraies très localement. Actuellement, à peine deux ou trois mines, comme la Richmond, essayent de travailler.

D'après M. Holland, les gneiss bien zonés, souvent grenatifères, englobent des granites à hypersthène, parfois chargés de grenat et de hornblende (charnockites), des granites à biotite, des pegmatites et des épidiorites basiques. Le long des charnockites, le gneiss se charge de rutile, kyanite, actinolite et épidote. Les affleurements de quartz aurifère présentent pratiquement l'allure de lentilles, ou paquets (patches) disjoints, qu'on ne peut raccorder les uns aux autres, quoique la continuité de certains d'entre eux soit probable et quoiqu'en profondeur on en ait suivi quelques-uns sur 100 à 150 m. Leur obliquité, par rapport aux gneiss, montre qu'avant leur remplissage une dislocation de caractère filonien s'était déjà produite.

Ces filons de quartz sont formés d'un quartz translucide, ordinairement blanc et semblant stérile sur l'affleurement, mais se chargeant par endroits de filets ferrugineux et contenant pyrite, mispickel, etc., avec leurs produits d'altération. L'or y est d'habitude inclus dans la pyrite; parfois, pourtant, on a eu, dans les parties hautes, des feuillets d'or libre dans le quartz. La teneur en or est très faible et les broyages de 1883, portant sur environ 4.000 t., ont donné seulement 4,2 gr. d'or à la tonne, teneur manifestement insuffisante. Un essayage méthodique a porté récemment sur deux des mines, où le filon était le plus long et passait pour le plus riche, l'Alpha et la Phœnix. On a trouvé : dans la première, 2,40 gr. sur 1,40 m. de large ; dans la seconde, 3 gr. sur 1,60 m.

District de Coimbatore. — Le Nord du Coimbatore, au S.E. du Wainad, contient, à Bensibetta, Porsedyke, Hadabanatta, Kavudahalli, etc., des traces nombreuses d'anciens travaux portant sur des filons de quartz, à peu près interstratifiés dans des schistes chloritiques et grenatifères passant aux roches qualifiées de charnockites avec intercalation de pyroxénites. Ces filons, sans valeur industrielle, n'ont d'autre intérêt que de reproduire un type analogue à celui du Mysore et du Wainad, avec les mêmes sulfures métalliques et peut-être un peu plus de cuivre, prouvant l'ancienne extension probable des veines aurifères pauvres dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

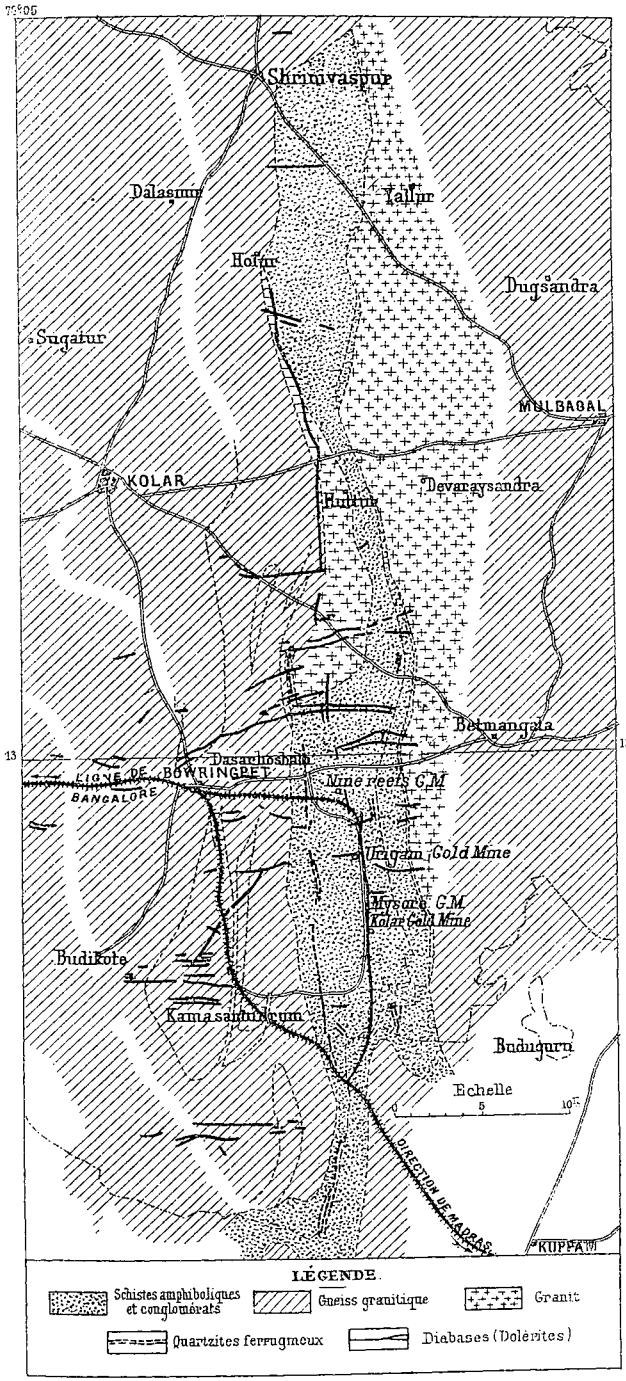


Fig. 67. — Carte des champs d'or de Kolar, d'après M. Hatch.
(Échelle au 1 : 418.340.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tout ce massif de terrains anciens métamorphisés, et expliquant ainsi comment les travaux antiques ont pu extraire des quantités d'or considérables, là où les modernes ne trouvent même plus à glaner. Ce sont exactement les mêmes conditions qui se reproduisent, pour la même raison, dans une grande partie de l'Afrique.

Les filons aurifères de Kolar, dans le Mysore. — Comme nous l'avons vu dans l'étude industrielle[1], il n'existe, dans l'Inde, qu'une seule région aurifère réellement importante, celle de l'Est du Mysore, dont les chiffres d'extraction s'élèvent d'année en année. Les travaux de MM. Hatch et Hayden nous permettent d'en donner la description.

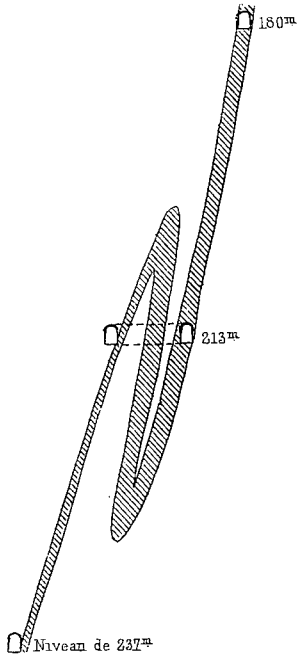


Fig. 68. — Coupe verticale montrant un repli du filon aurifère de Kolar dans la mine Champion reef, d'après F.-H. Hatch.

Conformément à la carte géologique ci-jointe (fig. 67), on est dans une région de gneiss granitiques et schistes amphiboliques avec zones de conglomérats formant des bandes alignées Nord-Sud. Les schistes, dont l'allure générale est celle d'un synclinal enclavé dans les gneiss, sont ceux que l'on appelait autrefois système de Dharwar en les supposant plus jeunes que les gneiss ; en réalité, les relations d'âge sont inconnues. Un granite intrusif suit la bordure Est des schistes. Des dykes de diabases (ou dolérites), les uns N.S., le plus grand nombre E.W., recoupent l'ensemble. Enfin, une traînée de quartzites ferrugineux, avec magnétite et hématite, suit le bord Ouest de la zone schisteuse. Dans les schistes à hornblende on observe beaucoup de types diabasiques à structure ophitique, dont le pyroxène a été ouralitisé en hornblende et qui peuvent être assimilés à des épidiorites. D'autres schistes du même groupe n'ont aucun caractère igné et l'on a voulu y voir des cinérites, accompagnant les épanchements des roches précédentes.

Les filons aurifères du champ d'or de Kolar forment une série de veines quartzeuses parallèles dirigées N.S. et, en principe, à peu près interstratifiées dans les schistes. Ce sont des filons-couches lenticulaires, avec enrichissement marqué suivant des zones columnaires. Un seul de ces filons, le Champion-lode, a, jusqu'ici, donné de bons résultats. Ce filon,

[1] Page 110.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

qui a en moyenne 1,30 m. de large, est reconnu payant sur environ 6 km. de long. C'est sur lui que s'alignent, du Nord au Sud, les mines dites : Nine reefs, Balaghat, Coromandel, Tank Block, Nundydroog (fig. 70 et 71), Oregum, Champion reef (fig. 68 et 69), Mysore, Kolar, dont les concessions sont contiguës.

Un grand dyke de diabase, que l'on nomme le « big N.S. dyke », en suit, avec des ondulations, à peu près toute la longueur, accompagné par quelques veines transversales. Il est difficile de dire s'il existe quelque relation d'origine entre filon et diabase; on peut seulement noter en passant qu'un rapprochement analogue, peut-être également fortuit, existe dans les champs d'or du Witwatersrand. La relation de l'or avec le granite intrusif est ici plus vraisemblable.

Le quartz filonien est sombre, gris-bleu, avec un éclat vitreux; dans les replis formant chambres plus larges (voir fig. 68 et 71), où l'on a supposé qu'il avait dû subir une tension violente, sa structure est laminaire avec une apparence de hornstein. En principe, l'or y est invisible, quoiqu'on puisse trouver des échantillons contenant quelques grains ou feuillets d'or natif : celui-ci d'une grande pureté (920 p. 1000 de fin).

Avec l'or, le quartz renferme pyrite, pyrrhotine (tenant parfois 1 à 2 p. 100 de nickel), mispickel, blende, galène, chalcopyrite; mais la proportion de ces sulfures métalliques est insignifiante et n'atteint pas 1/4 p. 100. On a remarqué le développement fréquent, dans les épontes, d'un mica brun tout à fait caractéristique. Il faut ajouter la présence accidentelle de tourmaline en veinules[1]. Tous les caractères concordent pour rapprocher ce quartz aurifère des quartz associés aux pegmatites et dérivés de magmas granitiques, tels qu'on en trouve dans nombre de massifs primitifs, où l'on atteint les zones de métallisation profonde. Le type est donc tout différent de celui des filons de fracture proprement dits, qui ont dû cristalliser à un niveau plus élevé dans l'écorce. Mais c'est tout à fait inexactement qu'on a voulu, pour des motifs industriels, établir un rapprochement avec les conglomérats aurifères du Transvaal, qui ont une allure très différente, en assimilant ces filons de quartz à des couches de quartzite. La ressemblance serait beaucoup plutôt avec les filons-couches du district de Lydenburg ou de la Rhodésia, en Afrique du Sud.

Quand on examine le filon dans sa longueur, on y constate aussitôt, comme cela arrive à peu près toujours, des zones riches (chutes) très limitées, séparées par des zones stériles, ou du moins « non payantes » (fig. 69 et 70). On observe, en outre, des rejets et des branchements : ainsi, dans la coupe (fig. 71) de Nundydroog, on a, sur une assez grande longueur, deux filons séparés par une intervalle de 150 m. Un point intéressant est l'existence de plis analogues à ceux qu'on peut

[1] Voir, précédemment, page 566.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

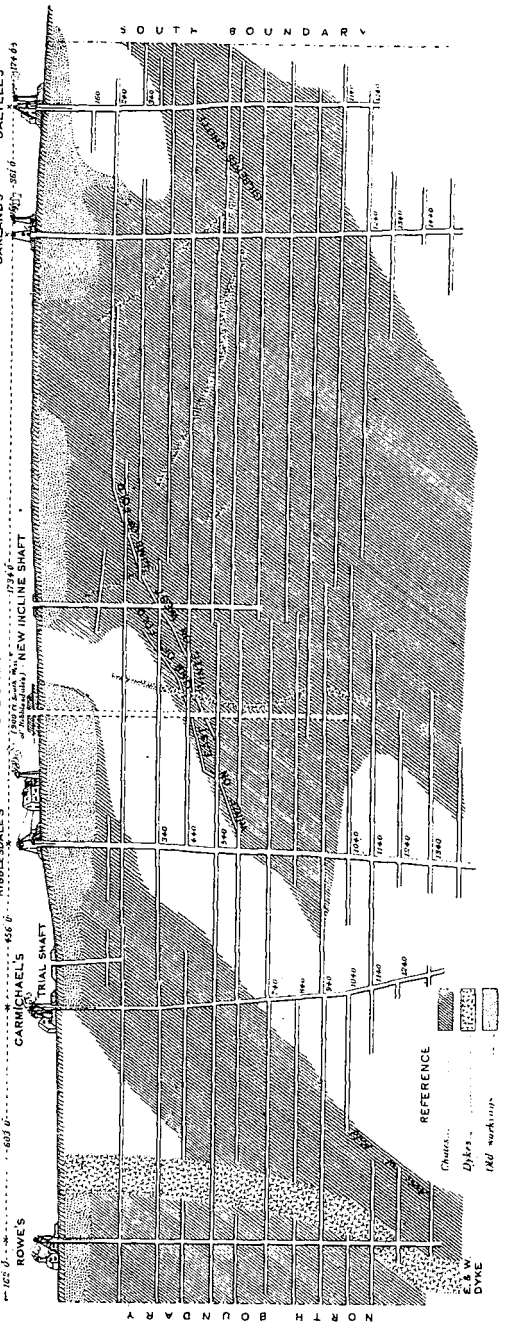


Fig. 69. — Coupe longitudinale de la mine Champion Reef (Kolar) montrant la pente des cheminées aurifères, d'après M. Hatch.
La longueur de la figure représente 1.200 mètres.

reproduire en repliant sur lui-même un coin d'une feuille de papier :

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plis où l'épaisseur du filon se trouve doublée ou triplée, et où, en même

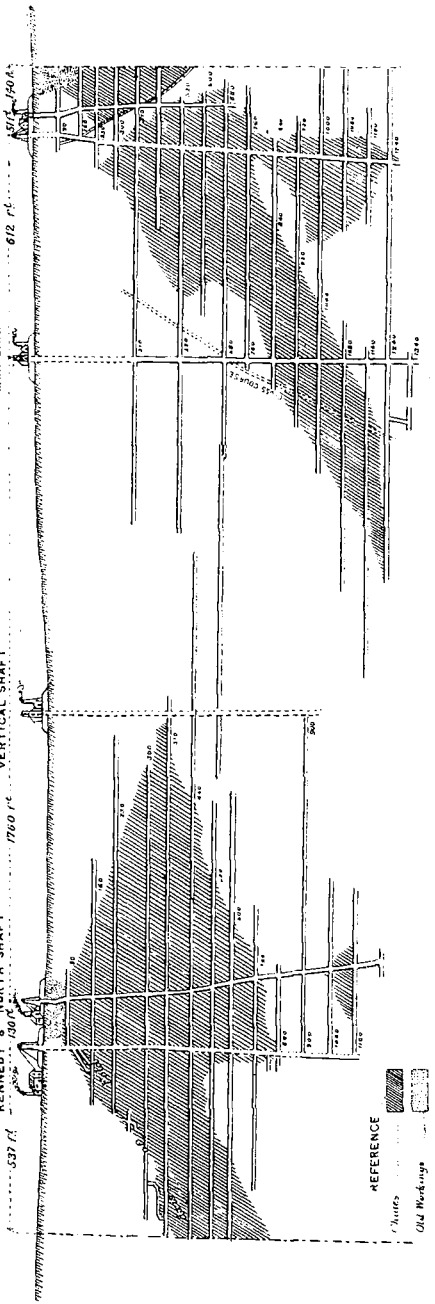


Fig. 70. — Coupe longitudinale de la mine Nundydroog (Kolar) montrant, les cheminées aurifères, d'après M. Hatch. La longueur de la figure représente 1.200 mètres.

temps, la teneur du minerai est, dit-on, souvent particulièrement éle-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vée. La figure 68 en montre un exemple. On peut, dans de tels cas, se poser la question, à laquelle on songe toujours devant de semblables veines repliées en terrains métamorphiques : veines dont, par exemple, la figure 75, relative à des pegmatites à mica, donne un specimen courant. Le plissement est-il antérieur ou postérieur au remplissage ?

Contrairement à l'idée la plus courante, je serais porté à croire que souvent la venue hydrothermale a trouvé là un vide d'une forme spéciale, qu'elle a rempli, comme elle l'a fait ailleurs pour les bâillements

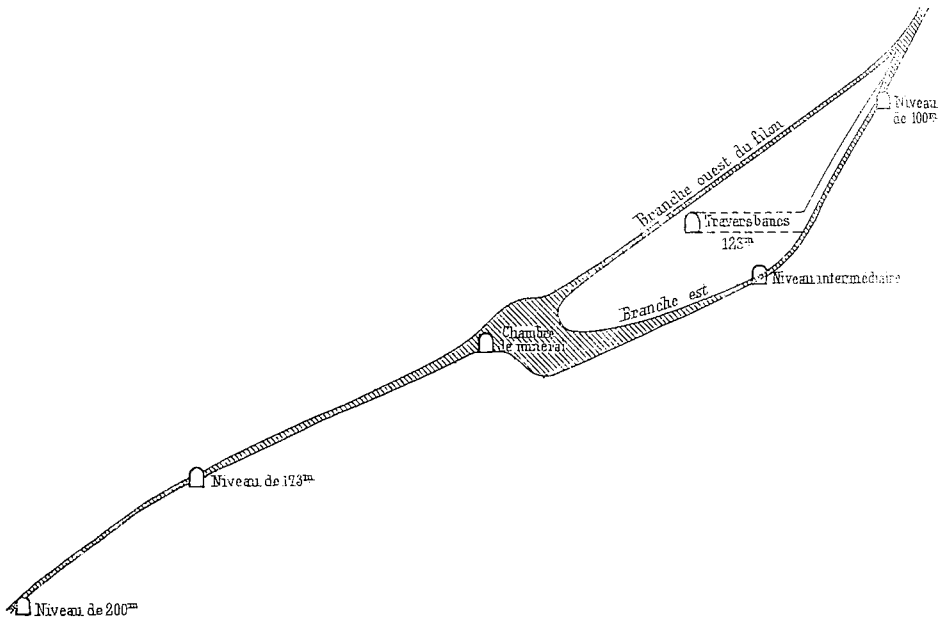


Fig. 71. — Coupe verticale d'un filon plissé dans la mine Nundydroog (champ d'or de Kolar), d'après F.-H. Hatch.

plus simples des schistes. Le cas de la figure 71 où l'amas (chambre) de minerai, qui s'est fait suivant un pli, correspond, en même temps, à une bifurcation, est plutôt en faveur de cette idée, appuyée sur la continuité ordinaire de ces zones plissées, malgré l'effort énorme auquel on suppose qu'elles ont dû être soumises. Cependant M. Hatch, qui est d'un avis différent, remarque que le quartz de ces amas présente une structure zonée particulière, avec des traînées microscopiques de grains quartzeux très fins, éteints ensemble sur une zone étendue : ce qu'il considère comme la preuve du dynamo-métamorphisme.

Les colonnes ou chutes de minerais, représentées sur les figures 69 et 70, ont une inclinaison presque constante, à laquelle les mineurs attachent une grande importance pratique dans leurs recherches. La juxtaposition des coupes longitudinales dans les deux mines de Champion reef et Nun-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dydroog montre bien ce phénomène qui, souvent posé en principe par les exploitants de filons, parfois avec une certaine part d'imagination, apparaît rarement avec autant de netteté qu'ici. Dans un filon N.S. qui plonge vers l'Ouest, toutes ces chutes plongent vers le Nord sous un angle à peu près constant. Cela a conduit techniquement à des solutions compliquées de puits inclinés et, en même temps, obliques. Il existe cependant des cas de chutes en sens inverse. Les chutes ont des longueurs variables jusqu'à 300 et 400 m. Les intervalles stériles atteignent parfois 5 à 700 m. de long, divisant une seule concession en deux ou plusieurs quartiers tout à fait distincts et constituant pratiquement un grand aléa. Dans la chute elle-même, simplement définie par le fait que le minerai y est payant, la teneur en or est, d'ailleurs, irrégulière. Les plus hautes teneurs ont été trouvées dans la mine de Mysore, où l'on a eu des veines de 1 à 2 m. de large, avec des teneurs de 120 gr., soit 400 fr. d'or à la tonne. Ailleurs, la largeur a atteint 10 m. Mais, en s'enfonçant, le filon s'est à la fois coincé et appauvri. Certaines chutes, exceptionnellement riches aux affleurements, avaient été l'objet de travaux anciens descendant jusqu'à près de 100 m. de profondeur. La teneur moyenne industrielle, qui, il faut bien le remarquer, ne donne jamais qu'une indication inexacte, puisqu'elle s'applique à des minerais plus ou moins triés, a été, en 1900, de 40 gr. à Mysore, de 45 à Champion reef, de 35 à Ooregum, de 27 à Balaghat.

Gisements aurifères du Chota-Nagpur. — La région aurifère du Chota-Nagpur (ou Nagpore), située entre le 21e et le 23e parallèle et les 83 et 87 degrés de longitude, comprend plusieurs districts sans valeur industrielle, dont les principaux sont ceux de Singhbhum (Chaibassa) et de Manbhum (Punulia). Connue depuis 1839, elle a donné lieu, en 1890, à une spéculation effrénée, qui s'est terminée aussi fâcheusement que le boom du Wainad quelques années plus tôt. Tous les résultats annoncés à cette époque sont plus que suspects : les mines, où l'on avait prétendu trouver de l'or, ayant été alors frauduleusement « salées ». Cependant, l'or est exploité depuis longtemps par les indigènes sous la forme détritique, sables, grès et conglomérats. L'origine de ces alluvions est dans des veines quartzeuses, sur lesquelles on n'a fait de travaux un peu sérieux qu'à Singhbhum (Sonapet, Sausal et Pahardiah). Nous avons, pour ces districts, des descriptions de Ball (1869-1877), Hatch (1901) et Maclaren (1904) : cette dernière, avec une carte géologique qui, tout en accusant la localisation habituelle de l'or dans les groupes schisteux de Dharwar, montre cependant quelques alluvions aurifères en dehors d'eux sur le massif gneissique. D'après ces travaux, la constitution tectonique est tout à fait analogue à celle que nous avons rencontrée dans le Sud de l'Inde : soubassement de gneiss, avec intrusions granitiques et nombreuses veines de pegmatites, sur lesquelles portent des exploitations

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de mica que nous aurons à signaler; intercalation de zones schisteuses, appartenant à la formation archéenne de Dharwar, alignées d'une façon générale (et notamment à Singhbhum) dans le sens E.W., mais tendant au N.W. dans le Sud-Ouest de la zone aurifère. Les terrains cambro-siluriens (sinien de la Chine) du groupe de Cuddapah ont participé à ce plissement, par suite duquel le système de Dharwar est, d'ordinaire, redressé presque verticalement. Ce groupe de Dharwar, qui englobe les gîtes aurifères, se compose de schistes argileux (argillites), talcschistes, calcschistes chloriteux[1], quartzites, etc. C'est au milieu de lui que l'on trouve d'innombrables veines quartzeuses sans étendue, dont quelques-unes ont pu se trouver assez faiblement aurifères pour donner, par le remaniement d'énormes cubes de produits érodés, des alluvions utilisables. A Parhardiah, où on a fait l'étude la plus complète, M. Hatch avait parlé d'un quartzite aurifère. Suivant M. Maclaren, il y aurait simple contact d'une semblable veine quartzeuse avec un quartzite, qui se serait trouvé silicifié. On peut admettre que les terrains, quartzites compris, auront été, pendant le métamorphisme, surtout chimique, dû à leur retour en profondeur, injectés de dissolutions siliceuses, apportant un peu de pyrite aurifère dans des conditions analogues à celles de toutes ces veines intercalées dans l'archéen de la péninsule indoue. Mais il semble bien que, postérieurement, il y a eu remise en mouvement liée aux altérations superficielles, par suite de laquelle se serait déjà faite une première concentration de l'or libre dans des veinules de quartz plus récentes, ultérieurement démantelées par l'érosion. Les veines de quartz aurifère seraient ainsi, pour la plus grande partie, des produits secondaires, analogues à ces amandes quartzeuses qu'on trouve partout dans nos micaschistes du Plateau Central et ayant emprunté leurs éléments aux terrains encaissants. Ainsi, elles se distingueraient nettement des filons proprement dits, comme ceux du groupe de Kolar, dont l'origine peut être attribuée à un apport direct de silice aurifère en dissolution, dans une liqueur alcaline par départ des magmas granitiques voisins. La pauvreté en or du groupe de Chota-Nagpur, comparée à la richesse de Kolar, pourrait ainsi tenir, dans une certaine mesure, à ce que le métamorphisme de profondeur y a été beaucoup moins intense, ainsi que le confirme l'aspect des terrains métamorphisés.

Il est à noter que certains filons aurifères du district de Chota-Nagpur contiennent un peu de galène, ou d'autres sulfures métalliques, et nous considérons, comme de même origine initiale, les pyrites cuivreuses du même district, qui seront ultérieurement l'objet d'une courte description.

Assam (Subansiri). — Dans l'Assam, d'anciennes exploitations de

[1] Pour M. Hatch, ces calcschistes seraient la transformation par dynamométamorphisme d'anciens tufs volcaniques (?) en rapport avec une des intrusions de diabases que l'on constate un peu plus loin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

placers ont donné l'idée de rechercher s'il y aurait moyen d'organiser des exploitations plus modernes. Ces travaux, dont l'origine est extrêmement ancienne, ont eu encore une période de prospérité au XVIIIe siècle; on les a continués jusqu'au milieu du XIXe; mais, finalement, ils ont été abandonnés après épuisement et sans qu'il paraisse y avoir chance sérieuse de succès en les reprenant.

D'après l'étude de M. Maclaren, il existe d'assez nombreux cours d'eau dont les sables sont aurifères : en particulier, le Subansiri, affluent de droite du Brahmaputra; puis le Guri Mara et la Rivière Dihong. Ces alluvions aurifères, généralement très pauvres, semblent tirer surtout leur origine d'une première concentration opérée dans les sables, grès et conglomérats sub-himalayens. Ceux-ci, eux-mêmes, doivent tirer leur or de veines quartzeuses ou de simples imprégnations pyriteuses dans les terrains métamorphiques et gneiss des Miju Ranges. Les conditions originelles du dépôt de l'or seraient donc analogues à celles que nous avons rencontrées en général dans l'Inde péninsulaire et que nous avons rapprochées alors des gisements étudiés en Sibérie. L'or de l'Assam est, presque toujours, très fin et en parcelles aplaties : les seules sans doute qui aient pu subir un transport relativement prolongé. La région des Miju Ranges, que l'on considère comme la source de l'or alluvionnaire dans le Haut Assam, est, en outre, assez fortement minéralisée en sulfures divers : notamment galène et chalcopyrite dans le pays des Bor-Kamtis.

PLOMB ET ZINC[1]

La rareté du plomb et du zinc dans la péninsule indoue est un fait, dont nous avons déjà signalé l'intérêt comme marquant le contraste, sur lequel nous tenons beaucoup à insister, entre les massifs archéens peu redisloqués, dont l'Inde offre un type excellent, et les zones affectées par les plissements plus récents, soit hercyniens, soit tertiaires, pour lesquelles ces métaux, associés au soufre, sont, au contraire, un élément caractéristique. Ce n'est pas que le plomb et le zinc ne puissent apparaître à l'occasion dans de semblables massifs archéens, en dehors même des zones où un contre-coup des mouvements ultérieurs, sous la forme de

[1] 1850. Brooke, J.-C. *Note on the Zinc mines of Jawar* (Journ. As. Soc. Beng., XIX, 212-215. — 1859. Wall, P.-W. *Report on the Lead ores in the Cuddapah District* (Mad. Journ. Lit. Sci., XX (new series, IV), 279-289). — 1868. Oldham. *Lead in the district of Raipur* (Rec. India, I, 37). — 1870. Blanford, W.-T. *On the lead vein near Chi-choli*, Raipur district (Rec. India, III, 44-45; Ind. Econ., I, 363). — 1870. Ball. *On the occurence of argentiferous galena and copper in the district of Manbhum*, S.-W. Frontier of Bengal (Rec. India, III). — 1881. Mallet, F.-R. *On the occurrence of zinc ore with barytes, in the Karnul district*, Madras (Rec. India, XIV, 196). — 1887. Ball, V. *Zinc and zinc-ores* : their mode of occurence, metallurgy and History in India, with a Glossary of oriental and other titles used for zinc, its ores, and alloys (Proc. Roy. Dub. Soc., V, 321-331).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dislocations, s'est fait sentir. On peut s'attendre à les y rencontrer occasionnellement sous une forme différente de celle des filons, à l'état d'imprégnations interstratifiées, de filons-couches plus ou moins étendus, peut-être même d'intercalations contemporaines dans la série primitive, dont le gisement scandinave d'Ammeberg, ou quelques gisements analogues en Finlande, au Canada, etc., constituent le meilleur type. Nous n'avons même pas, dans l'Inde, à signaler une formation de ce genre vraiment intéressante et les listes des gisements de plomb, que l'on a pu établir, se bornent presque uniquement, dans l'Inde péninsulaire, en laissant de côté la zone toute différente des plis himalayens, à des traces sans valeur et qui, pour la plupart, ont à peine pu donner lieu, à une époque où l'argent était particulièrement recherché par les Indous, à ces anciens travaux indigènes, dont la plupart des gisements de ce pays portent les traces. Pour le zinc, dont les anciens travaux ne signalent pas la présence, on est encore plus mal renseigné.

Il est frappant, pour notre théorie, de constater qu'une des rares régions dans le Sud de l'Inde, où paraissent exister des filons de galène, est précisément cette zone des Ghates orientales, situées à l'Ouest de Nellore et du delta de la Kistnah, où la présence de cambro-silurien nettement plissé indique l'existence d'une chaîne, ou calédonienne, ou hercynienne : en tout cas, plus récente que l'ensemble des plissements précambriens, seuls visibles dans la majeure partie de la péninsule et où, dès lors, nous rentrons dans les conditions favorables à la production de filons proprement dits, quoiqu'encore d'un type relativement profond.

On connaît, dans cette région qui fait partie de la présidence de Madras[1], autour de *Cuddapah* (Kadapah) et de *Karnul*, vers 15° de latitude et 79° de longitude, un ensemble de vieux travaux d'âge inconnu, qui ont porté sur des gisements de galène argentifère. Les principaux travaux de Cuddapah sont ouverts au milieu des calcaires sombres et silicifiés du cambro-silurien (série de Karnul), dans lesquels du quartz avec galène, ou ailleurs avec chalcopyrite, est disséminé, soit en veines suivant les plans de joint (Jungumrazpilly), soit en fractures transversales. Le mélange de galène et de chalcopyrite (que l'on trouve, par exemple, en Espagne, à Linarès) est là assez fréquent.

Vers le N.W., aux environs de *Gazalpully*, près des mines de diamants, des veines de galène, barytine et quartz contiennent un carbonate de cérium.

Beaucoup plus au Nord, dans le Bengale, le district de *Bhagalpur*, déjà voisin de la vallée du Gange, appartient à cette extrémité Nord du massif archéen, où s'intercalent les lambeaux carbonifères du Karharbari, encaissés entre deux failles E.W. et où, par suite, s'accuse nettement le contre-coup des mouvements tertiaires sur l'archéen fracturé

[1] Ball. *Economic. geology. Loc. cit.*, p. 281 à 285.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On cite les Sontal Parganas (24° 18 latitude et 87° 22), où, en divers points, on a trouvé l'association de minerais plombeux et cuivreux que nous venons déjà de signaler : par exemple, de la galène avec de la cupro-plombite et du quartz dans des terrains métamorphiques, traversés au voisinage par un dyke de trapp N.S. Les conditions de gisement ne nous sont pas connues.

Un peu plus au Sud, dans le *Chota-Nagpur*, la région aurifère de Manbhum et Singhbhum contient, en même temps que la pyrite aurifère, des indices nombreux de chalcopyrite et de galène dans des conditions d'imprégnation suivant certains bancs schisteux, qui rentrent davantage dans le type prévu pour les métallisations archéennes.

Vers *Hazaribagh* (24° 25′ latitude ; 85° 25′), sur la même pointe Nord-Est du massif archéen, un type de gisement différent se présente. On a décrit là des mélanges de galène, blende et chalcopyrite, avec du grenat et du pyroxène (coccolite), associés à un calcaire cristallin qui repose sur des schistes à hornblende [1]. Au voisinage, un filon de granite, qui traverse le calcaire, contient lui-même de la galène. Et il est, dès lors, permis de considérer ce gisement comme appartenant au type de contact dont le Banat fournit l'exemple le plus caractéristique, la roche métallisante étant ici le granite.

Enfin, un certain nombre d'affleurements plombifères, qui semblent insignifiants, ont été signalés, dans les provinces centrales, du côté de *Sambalpur*, *Raipur*, *Jabalpur*, presque toujours dans les terrains métamorphiques, exceptionnellement dans des calcaires cambro-siluriens. Une de ces veines, à Chicholi, district de Raipur, contient galène et chalcopyrite avec fluorine, dans un ensemble de granite, gneiss et schistes à hornblende. Ces veines sont courtes et irrégulières ; leurs conditions de gisement sont ignorées.

Dans le Rajputana, la mine d'*Ajmir* (26° 28′ ; 74° 41′) est dans cette zone des monts Arawalli, où les terrains précambriens plissés sont recouverts de cambrien horizontal, avec série de failles N.E. juxtaposant des éléments hétérogènes. Ces mines, qui ont dû être très importantes et exploitées pendant plusieurs siècles, se composent, paraît-il, d'une série de veines étroites à peu près interstratifiées dans des quartzites ou terrains métamorphiques, avec forte altération oxydée à la surface.

Si nous passons dans la zone himalayenne, nous trouvons, en *Bélutchistan*, la mine de *Sekran*, près Kozdar (latitude, 27° 48′ ; 66° 24′ longitude), dans la province de Jhalawan, sur un alignement Nord-Sud de plis tertiaires. Au milieu de calcaires crétacés et en relation probable avec des roches intrusives que l'on a décrites comme des granites, se trouvent des amas de galène altérés, dont on a parfois signalé les cristaux comme de l'antimoine.

[1] Ball, *loc. cit.*, 291.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En Afghanistan, à *Fringal* (34° 45′; 68° 30′), des descriptions anciennes parlent d'une mine de galène très riche, où l'on aurait creusé des chambres d'une dimension considérable.

En suivant l'Himalaya vers l'Est, nous trouvons, dans le Punjab, quelques gisements de galène autour de Simla, notamment à *Subathu* (30° 58′; 77° 3′). On y voit, dans des schistes avec bancs calcaires, des veines à peu près interstratifiées de silice à galène, blende, chalcopyrite et barytine.

Les gisements argentifères du Koulou ont une réputation que ne motive aucune exploitation récente.

Dans le *Sikhim*, où reparaît, comme on le sait, un massif granitique, on connaît un peu de galène, en même temps que de la pyrite et de la chalcopyrite.

Enfin, à *Ténasserim*, dans cette partie Sud de la Birmanie, qui commence la presqu'île de Malacca, on a signalé de la galène dans des calcaires carbonifères, associée avec une gangue quartzeuse et donnant, sur ses affleurements, des phosphates et arséniates de plomb.

CUIVRE [1]

Parmi les gisements cuprifères de l'Inde sans grande importance, nous étudierons ceux du groupe de Singhbhum, dans le Chota-Nagpur, et ceux du district de Darjeeling, dans l'Himalaya.

Une zone cuprifère au nord de *Singhbhum* vers Kharsawan et à l'Est, dans Dhalbhum, a été étudiée à diverses reprises, au milieu des mêmes terrains de Dharwar qui contiennent l'or[2]. Elle est, sur 140 km. de long, souvent marquée par de vieux travaux et a été décrite comme affectant un horizon assez uniforme à la base de cette série schisteuse ; mais son caractère intrusif est marqué par des filons que l'on a mal expliqués en leur attribuant une origine secondaire D'autre part, on voit à Kharsawan, des veines cuivreuses analogues se reproduire dans des roches à type franchement gneissique, où l'on a été également obligé d'invo-

[1] 1838. Drummond, H. *Report on the Copper Mines of Kumaon* (Journ. As. Soc. Beng., VII, 934-940). — 1851. Piddington, H. *Detailed Report on the Copper ores of the Deoghur Mines* (Journ. As. Soc. Beng., XX, 1-13). — 1861. Blanford, H.-F. *Description of a native Copper mine and smelting works in the Mahanadi valley, Sikhim, Himalaya.* — 1868. Mallet, F.-R., *Copper in Bundelkhand* (Rec. Geol. Surv. Ind., I, 16-17). — Percy. *Metallurgy*, I, 388-392. — Cf. Annuaire géologique, 1891, p. 546 à 549.

[2] 1854. Ricketts, H *On the copper mines of Dhalbhum and Singhbhum* (Journ. As. Soc. Beng., XXIII, 396-398). — 1857. Durrschmidt, C. *Report on the copper mines of Singbhoom, S.-W. Frontier of Bengal*, 8°, Calcutta. — 1864. Stoehr, E. *Das Kupfererz-Vorkommen in Singhbum, Provinz der Sudwestgrenze von Bengalen* (Neu. Jahrb. Min., Geol., p. 129-159). — 1869. Ball. V. *On the ancient Copper Miners of Singhbhum* (Proc. As. Soc. Beng., p. 170-175). — 1870. Stoehr, E. *The copper deposits of Dalbhum and Singbhum* (Rec. India, III, 86-92). — 1881. Ball. *Economic geology of India*, p. 246. — 1894, Z. f. p. G., p. 74-246.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

quer une remise en mouvement. Ainsi que nous l'avons maintes fois expliqué dans ce livre, nous croyons peu à ces précipitations sédimentaires de sulfures divers, que l'on a imaginées pour le cuivre comme pour le zinc et le plomb, toutes les fois que les imprégnations métallifères avaient eu tendance à suivre approximativement un horizon sédimentaire déterminé. Et, même dans les cas qui semblent les plus typiques à cet égard comme le zinc en Silésie et le cuivre du Mansfeld, nous croyons qu'on peut tout au moins songer à d'autres explications. Pour les gisements dont il s'agit en ce moment, cette explication est, à notre avis, l'intrusion profonde, dont nous rencontrons constamment des traces en ces massifs archéens : intrusion contemporaine du métamorphisme et qui se distingue des filons proprement dits par son immixtion plus intime dans les terrains influencés, en même temps que par son caractère plus voisin de ces imprégnations, semi-ignées, semi-hydrothermales, auxquelles est due la gneissification des sédiments. Ces chalcopyrites, avec traces d'argent, sont à rapprocher des pyrites, auxquelles est originellement lié l'or des veines quartzeuses dans la même région. On a exploité, dans cette zone, à Landu, une veine relativement riche, qui a disparu à 63 m. de profondeur. Mais, quoique la région soit aujourd'hui sillonnée de chemins de fer dans les conditions les plus favorables, aucune reprise de quelque intérêt n'y a été réalisée.

Cuivre de Komaï, district de Darjeeling[1]. — Sur le flanc Sud de l'Himalaya, dans la région Est, on sait qu'il reparaît, au Nord de la faille des Siwalik, un certain nombre de massifs archéens, dont le principal est celui du Sikhim ou de Darjeeling. Dans le Darjeeling, on observe une série de ces schistes tendres, gris ou verdâtres, très disloqués et contournés, mais affectant une direction générale Nord-Est, que l'on rattache à une série archéenne, autrefois considérée comme antérieure aux gneiss, parce que ceux-ci ont été renversés au-dessus. Dans ces schistes, on observe d'assez nombreuses veines de chalcopyrite, généralement sans aucune valeur, mais parmi lesquelles s'est développée une bande un peu plus épaisse de 0,60 à 1 m., visible sur 10 ou 12 m. de long sur la rive gauche de la rivière Muriw. Ces veines se présentent là dans les conditions ordinaires des lentilles pyriteuses intercalées au milieu des schistes primitifs, qui ailleurs peuvent être assez riches en or pour être exploitées. Ici la chalcopyrite est accompagnée d'un peu de quartz et on y a observé des traces d'or. Ce ne sont pas des filons proprement dits, et la comparaison qu'on en a faite avec les schistes cuprifères du Mansfeld ne me paraît également que très approximative. C'est, à mon

[1] 1882. MALLET, F.-R. *On a copper mine near Yongri Hill, Darjiling, Arsenical pyrites from the same neighbourhood and Kaolin from Darjiling* (Rec. Geol. Surv. Ind., XV, 56-58). — 1904. H.-H. HAYDEN. *On a deposit of Copper ore near Komai, Darjeeling District* (Rec. India, XXXI, 1-5).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avis, un type de cette minéralisation en profondeur qui s'est produite dans les conditions ordinaires du métamorphisme et qui a introduit par endroits des sulfures, comme, ailleurs, du feldspath ou de la silice, par des circulations hydrothermales localisées dans les plants de joints.

MINERAIS DE FER [1]

Nous avons vu [2] combien l'industrie du fer est encore rudimentaire dans l'Inde. 80 ou 100.000 t. de minerais extraits dans ce grand pays représentent un chiffre absolument insignifiant, notamment quand on le compare avec les 900.000 t. de minerais de manganèse. Cela tient assurément en partie à des conditions économiques défectueuses, en particulier à la concurrence anglaise, et le fer ne fait pas défaut dans l'Inde; pour ce métal banal, plus encore que pour tout autre, il est facile de donner de longues énumérations; les métallurgies primitives de l'Inde [3] ont pu jadis l'exploiter en quantités assez notables, par exemple sous la forme de grains de magnétite empruntés au lavage des trapps, des granites, des gneiss, etc., de concentrations ferrugineuses dans les latérites, ou encore de sphérosidérites et de limonites associées aux charbons du Gondwana. Mais ce ne sont pas là les conditions nécessaires pour une grande industrie moderne.

D'après ce que nous savons d'une façon générale sur la géologie de l'Inde, il y a peu de chances pour y rencontrer, du moins dans la majeure partie de la péninsule, et en exceptant certaines zones fracturées des provinces centrales, ces grands amas filoniens du type de Bilbao, des Pyrénées, de la Tafna, ou, en un mot, de la région méditerranéenne, qui représentent l'altération superficielle de filons pyriteux et n'apparaissent, par suite, que dans les mêmes régions où se sont développés les filons plombo-zincifères, dont nous avons déjà eu à signaler l'absence.

On ne peut non plus compter sur le type, particulièrement fructueux ailleurs, des minerais sédimentaires intercalés dans les formations secondaires, comme nos minerais de Meurthe-et-Moselle, puisque ces

[1] 1855. Balfour, E. *On the Iron ores, the manufacture of Iron and Steel, and the Coals of the Madras Presidency* (8°, Madras). — 1874. Bauerman, H. *Report on the Iron ores of India* (Gazette of India, supplement, p. 1457 à 1459, 1494-1496). — 1882. Ball. *Economic geology of India*, p. 372 à 420. — 1886. C.-R. Ritter von Schwartz *Gisements de fer dans l'Inde* (Journ. Iron Steel Inst., p. 225-229). — Œsterr. Zeits. Berg. Hüttenw., XXXIII, 715-717, 734-736, 751-754, 771-774. — 1898. *Minerais de fer dans l'Inde* (Eng. and min. journal sept.; cf. Z. f. pr. G., 1898, p. 404).

[2] Page 112.

[3] Ces fondeurs primitifs étaient arrivés à un degré d'habileté dont témoignent les fameux piliers de fer de Kutub, près de Delhi, hauts de 8 m. et pesant 6 t. (Ball. *loc. cit.*, 339). Les aciers indous ont été longtemps recherchés en Angleterre pour des usages spéciaux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sédiments secondaires marins ne se sont pas déposés sur le continent indou. Ce n'est pas dans les formations lacustres du groupe de Gondwana que l'on peut s'attendre à rencontrer des couches ferrugineuses bien continues, quoique le dépôt du fer se soit fait souvent dans ces lacs, en association avec la houille, sous la forme de sphérosidérites limitées ou d'hématites brunes, pouvant avoir, comme origine plus ou moins directe, les magnétites et hématites du terrain primitif. Les gisements ainsi constitués ont été souvent utilisés par les fondeurs indigènes et nous en dirons dès lors quelques mots ; mais leur valeur semble médiocre. Il est, au contraire, un groupe de minerais qui devrait apparaître ici ; ce sont les grandes couches de magnétite et d'oligiste cristallisés encaissées dans les terrains cristallophylliens, ou même dans le primaire métamorphique, comme la Scandinavie et le bassin du lac Supérieur en fournissent des exemples particulièrement remarquables. Cependant les quelques points, dont nous allons parler, où l'on a signalé des minerais de ce genre, n'ont pu donner lieu, jusqu'ici, à aucune industrie durable. Étant donnée la facilité avec laquelle ces grands amas ferrugineux attirent d'ordinaire l'attention, cela ne laisse que des chances restreintes d'en découvrir ayant économiquement de la valeur.

Nous allons décrire successivement, autant que les renseignements dont nous disposons le permettent, ces divers types métallifères :

1° Gisements à type scandinave du terrain primitif;
2° Dépôts ferrugineux associés aux sédiments du Gondwana;
3° Hématites d'origine filonienne et probablement pyriteuse;
4° Minerais d'altération, associés aux latérites;
5° Inclusions de magnétite dans des roches cristallines altérées.

1° Gisements à type scandinave du terrain primitif. — On peut, d'après les descriptions trop sommaires que nous possédons, considérer comme des types de gisements intercalés dans l'archéen ceux qui existent dans la présidence de Madras, district de Salem. Le district de *Salem* est en plein massif archéen au Sud de la présidence de Madras. M. Lacroix, dans sa thèse sur les gneiss à pyroxène, a eu l'occasion d'en résumer la constitution et de la comparer à celle de Ceylan. On a là deux séries de gneiss : les uns acides (gneiss à biotite, sillimanite et andalousite ; gneiss granulitiques à microcline) ; les autres basiques (gneiss pyroxéniques et amphiboliques à gros grenats et à corindon ; gneiss à anorthite et cipolins); puis des micaschistes, schistes chloriteux et schistes à séricite. Des pegmatites à grands éléments, comparables à celles du Canada, de la Norvège, etc., recoupent le massif gneissique. Depuis, M. Holland a reconnu là, en outre, une série de roches éruptives à hypersthène, norites, etc.[1], avec association de

[1] M. Lacroix (*ex littera*) considère que les charnockites de ce savant (voir plus haut,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

pyroxène et d'amphibole, présentant des enclaves énallogènes (xénolithes) où se sont développés le corindon et la sillimanite.

D'après un ancien rapport de King et Foote, il y aurait, dans ces terrains, des lits de minerai très continus atteignant 15 à 30 m. d'épaisseur et contenant des oxydes de fer cristallins avec de la silice en proportions plus ou moins fortes. Ce sont des minerais de cette région et d'Arcot (un peu plus au Nord) qui ont été fondus autrefois dans les fonderies de Porto-Novo (au Sud de Pondichéry).

Vers l'Ouest, on décrit, dans le district de *Nilgiris*, des conditions analogues : lits de magnétite et d'hématite intercalés dans les gneiss.

Plus au Nord, dans le district d'Hyderabad, les mines de *Nirmal* (Subah Berar), qui furent fameuses pour la qualité de l'acier produit, exploitaient des magnétites disséminées dans un gneiss associé avec des schistes amphiboliques.

Peut-être faut-il considérer les gisements de *Kumaunt* comme représentant un type analogue de minerais métamorphiques dans les terrains primaires. Ce groupe de mines, situé dans la zone himalayenne, entre le Nepal et Simla, a été l'objet, depuis 1850, d'assez nombreuses tentatives industrielles, toutes sans succès, et il en est résulté une abondante bibliographie[1].

On est là sur ces zones de terrains métamorphiques, alternant avec des granites et gneiss qui forment une longue bande au Nord des Siwaliks. Les gisements principaux sont ceux de Ramgarh et Kharina.

A Ramgarh, on a des bancs d'hématite micacée encaissés dans des schistes, qui semblent occuper un horizon assez continu. A Kharina, l'hématite est en veines minces dans des quartzites. Il existe en outre, à Kaladhungi, des masses assez importantes de minerais médiocres accompagnant les terrains tertiaires.

2° Dépôts ferrugineux associés aux sédiments du Gondwana. — Dans l'Inde, comme dans tous les autres pays à gisements houillers, la destruction des parois rocheuses, par laquelle commence nécessairement la formation des sédiments terrigènes, dont la houille représente un type caractéristique, a pu déterminer la mise en mouvement dans les eaux

p. 670 et 671) doivent comprendre les roches qu'il avait appelées des leptynites grenalifères (p. 295) : roches souvent à peine rubanées que Holland a vu envoyer des apophyses dans les gneiss, puis des pegmatites et peut-être quelques-uns des gneiss basiques.

[1] 1850. Mac Clelland, J. *Some inquiries in the province of Kumaon relative to geology*, Calcutta, 1 vol. in-fol. — 1855. Hexwood, W.-J. *Report on the metalliferous deposits of Kumaon and Garhwal* (Sel. Rec. Gov. Ind., VIII, 1-46). — 1857. Sowerby, W. *Some account of the recently discovered deposits of iron ores at the foot of the Himalayas, in Kumaon, Northern India* (Proc. Inst. Civ. Eng., XVI, 82-84). — 1859. Sowerby, W. *Report on the Government Iron Works at Kumaon, with remarks on the Iron deposits of the Himalayas* (Sécl. Rec. Gov. Ind., XXVI, 1-93). — 1874. Hughes, T.-W.-H., *On some of the iron ores of Kumaon* (Rec. India, VII, 15-20). — 1882. Ball, *loc. cit.*, 406.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et la concentration finale d'éléments ferrugineux empruntés à ces parois. Cependant, de tels dépôts qui, en d'autres pays, ont atteint parfois un développement considérable, ne jouent dans l'Inde qu'un rôle restreint, et, seules, les anciennes métallurgies indigènes ont pu en tirer parti. A titre géologique, nous citerons le groupe de Barakar, qui contient de semblables dépôts ferrugineux, notamment dans le champ d'Aurunga, en Palamow, où les fondeurs indigènes s'en sont souvent servis. De même, les gisements de houille de l'Ouest de Raniganj ont fourni des concrétions ferrugineuses.

Dans l'*Assam*, on signale également des minerais argileux associés aux formations charbonneuses de la vallée du Brahmaputra, sous forme, tantôt de nodules, tantôt de petits lits interstratifiés. Les indigènes les ont activement exploités.

3° **Hématites d'origine filonienne**. — Il faut très probablement attribuer à ce groupe les dépôts ferrugineux de la région de *Cuddapah* et de *Karnul*, où le fer apparaît dans le précambrien (terrain de transition) en même temps qu'un peu de plomb et de zinc. Cette région peut être considérée comme ayant été influencée par les mouvements hercyniens des Ghates orientales.

De même, dans le district de Manbhum du Chota-Nagpur, où nous avons déjà signalé la présence de l'or associé à la pyrite, il est naturel de trouver de l'hématite due à l'altération de cette pyrite. On la rencontre en filon-couches, en filons, en veines et en nids, parfois reliés à des lignes de fractures[1].

Le district de *Chanda*, *Warora* et *Wardha*, dans les Provinces centrales (20°, 79°)[2], a tout particulièrement attiré l'attention par les conditions industrielles favorables qu'il semblait présenter, possédant des masses de minerai excellent que l'on dit énormes, situé sur une zone carbonifère avec houille (malheureusement de qualité inférieure), traversé par un embranchement qui, à Wardha, rejoint la grande ligne péninsulaire Calcutta-Bombay, etc. Néanmoins, une tentative industrielle, qui y a été faite en 1875, a abouti à un insuccès. Les minerais principaux sont décrits comme de grands amas filoniens d'hématite avec un peu de magnétite, et l'on peut ajouter aussitôt qu'il s'est produit, par leur altération, des masses de limonite, sur lesquelles ont presque exclusivement porté les efforts des fondeurs indigènes. Parmi les gisements assez nombreux que l'on cite, le plus développé paraît être celui de Lohara, où une grande masse d'hématite très pure à 70 p. 100 de fer et sans phosphore, avec magnétite accessoire, forme presque entièrement

[1] Ball. 356 avec bibliogr.

[2] 1873. Hughes, T.-W.H. *The iron deposits of Chanda (Central provinces), Barren Islands and Narkondam* (Rec. India, VI, 77-84). — 1882. Ball, *loc. cit*, 387, avec bibl. — 1898. Z. f. p. G., p. 404.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

une colline sur 1 km. de long et 180 m. de large. La colline de Khandeshwar près de Dewalgaon, haute de 80 m., est décrite comme presque entièrement formée d'hématite. A Pipalgaon, à Ratnapur, on a des conditions analogues.

4° Minerais d'altération associés aux latérites. — Le district de Birbhum, dans le Bengale, est situé dans une région favorisée en dépôts de houille. On a essayé bien des fois de le mettre en valeur depuis 1777[1]. Oldham, en 1852, en décrivait les minerais comme formés de limonite et magnétite disséminés dans les joints et les craquelures d'une argile trappéenne, ou encore comme des sables ferrugineux recouvrant le trapp. Ce sont, en somme, des lits ferrugineux assez discontinus à la base des latérites.

5° Inclusions de magnétite dans des roches cristallines. — Ce groupe, qui ne saurait avoir aucune importance pratique, est surtout signalé ici pour marquer son rôle historique dans les métallurgies primitives : rôle que l'on a vu se prolonger jusqu'aux temps modernes dans certains pays, comme l'Afrique centrale ou au Japon, et qui est de nature à nous éclairer sur la façon dont s'est constituée, à ses débuts, la métallurgie du fer[2]. Il s'agit de magnétite en cristaux éparpillés dans une roche d'où on l'extrait par lavage et débourbage après qu'elle a été désagrégée par l'altération superficielle.

Nous nous contenterons de citer, dans l'Est de la zone himalayenne, les *Khasi hills* et *Jaintra hills*, qui se rattachent au plateau gneissique de Shillong, et où d'anciens travaux ont porté sur des grains de magnétite titanifère dispersés dans des granites et gneiss décomposés.

FER CHROMÉ[3]

Le contraste, qui est si frappant, à tous égards, entre la Turquie d'Asie et l'Inde, se reproduit pour les minerais de fer chromé, abondants dans le premier pays comme les serpentines éocènes dont ils dérivent, absents dans le second où aucune trace de semblables roches n'apparaît. La seule région dépendante de l'Inde où l'on extrait un peu de cette substance est précisément celle qui prolonge les plissements occidentaux, le Béloutchistan.

ÉTAIN

L'étain est un des métaux auxquels s'applique le plus exactement notre théorie sur la répartition tectonique des gîtes métallifères. Ce métal

[1] Ball, *loc. cit.*, p. 362.

[2] Voir, sur les gisements de ce genre, p. 539, 587, 650, 654, 783.

[3] Coll. École des mines, 1191.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

est presque exclusivement associé avec les granites à deux temps de consolidation distincts, à cristaux de quartz isolés et généralement à mica blanc, auxquels on attribue en France le nom de granulites, et se rencontre surtout dans la périphérie de leurs massifs, où semblent s'être concentrées leurs fumerolles, au contact des schistes encaissants, dans lesquels des veines dérivées de ces granulites ont pu se localiser.

Là où ces conditions spéciales ont été réalisées, et là seulement, on peut s'attendre à rencontrer de l'étain. La présence de ce corps sera ainsi tout naturellement en rapport avec celle d'un certain nombre de minéraux et minerais, également solidaires des granulites, dont l'un des plus apparents est le mica blanc muscovite, et parmi lesquels on peut également compter la tourmaline, la topaze, l'apatite et, comme minerais, le wolfram, la molybdénite, les composés du bismuth, de l'urane, etc. Pratiquement, l'étain est à peu près localisé dans ces chaînes de plissement d'âge intermédiaire, ni trop ancien, ni trop récent, que l'on peut rattacher aux mouvements calédoniens et hercyniens.

On en trouve fort peu dans les zones de profondeur notable, à gneissification très homogène, ou encore moins dans celles à métamorphisme général accompli sans injection granulitique. Quand l'étain apparaît, sans prendre grand développement, dans la Scandinavie, le Canada, la plate-forme sibérienne, le massif africain, la péninsule indoue, c'est presque toujours sur les zones où les mouvements calédoniens se manifestent et où, en même temps, viennent affleurer les roches à mica blanc. En Scandinavie et au Canada, je n'en connais pas un seul gisement industriel. En Sibérie, nous avons vu que les découvertes d'étain se bornent à un seul gisement dans la région Sud-baïkalienne. En Afrique, ses gisements, que j'ai décrits autrefois [1], semblent tous en rapport avec des intrusions granulitiques, provoquées par des plissements locaux paléozoïques. Les seuls qui aient une importance reconnue sont ceux du Swaziland, près la frontière du Transvaal et de la partie orientale de ce dernier pays, où les mouvements, au moins calédoniens, se manifestent avec netteté [2]. Dans la péninsule indoue, l'étain sera de même très rare et se présentera seulement dans les régions où l'on exploite également le mica blanc des pegmatites : régions où, d'autre part, de nombreux indices montrent que des plissements calédoniens (plus développés qu'on ne l'a dit) ont influencé la série cambro-silurienne des Cuddapah. Nous allons signaler l'étain dans le Chota-Nagpur et dans le Nellore (Madras).

[1] *Loc. cit.*, p. 158.

[2] Nous ignorons encore les conditions géologiques où se trouvent les gisements nouveaux de la région anglaise du Niger.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

D'autre part, les chaînes tertiaires sont d'ordinaire pauvres en étain, quoiqu'il ne faille pas pousser cette affirmation trop loin, non plus que la négation des granites et granulites tertiaires qui en est solidaire. On ne peut pas dire que l'étain fasse absolument défaut dans de telles chaînes; mais il n'y apparaît que là où l'érosion se trouve avoir atteint une zone assez profonde pour que les granites et les zones métamorphiques connexes aient été mis à jour. Ce cas, qui se présente en Bolivie, dans la Toscane, au voisinage de l'île d'Elbe, et que nous avons également rencontré sur le flanc Sud du Caucase, ne semble pas s'être réalisé dans la zone himalayenne, du moins sur son versant Sud, le seul un peu exploré jusqu'ici.

Au contraire, nous aurons une véritable chaîne stannifère d'une continuité et d'une richesse remarquables quand nous passerons à la partie Sud-Est du continent asiatique, où des traînées de granites à quartz isolés, du type granulitique, accompagnent des plissements, toujours post-siluriens, souvent post-carbonifères, parfois réitérés à l'époque tertiaire. La zone stannifère existe dans le Yunnan et le Haut-Tonkin; on la retrouve dans le Laos. A l'origine de la presqu'île de Malacca, dans une dépendance anglaise de la Birmanie inférieure, les districts de Ténassérim et de Mergui présentent de l'étain et sont ainsi les seuls à fournir la production de ce métal, rapportée par les statistiques à l'Inde. Puis viennent les districts classiques de Pérak, Pahang, Bangka, Billiton, etc. Nous essaierons bientôt de rechercher quelles raisons tectoniques ont pu amener ici la localisation d'une quantité aussi exceptionnelle d'un métal, en somme assez peu répandu partout ailleurs.

Si nous revenons à la péninsule indoue, le district d'*Hazaribagh*, dans le Chota-Nagpur (Chutia Nagbur), est, comme nous venons de le dire, un des très rares points de l'Inde proprement dite où l'on ait reconnu une quantité un peu sensible de cassitérite. Le principal gisement de ce côté est celui de Nurgo, ou Nurunga (24°,10, 86°,7), à 11 km. Ouest de Karharbari. Il s'y est passé, en 1867, un petit incident qui est de nature à éclairer l'histoire si obscure de l'étain préhistorique. Des fondeurs de fer indigènes apportèrent alors à la ville voisine une substance qu'ils croyaient être de l'argent, obtenue en fondant quelque chose d'analogue à leurs minerais de fer habituels (en réalité, de la cassitérite). C'est à la suite de cet incident qu'une mine fut ouverte. Le gisement se compose de plusieurs lits interstratifiés dans le gneiss et, selon toutes probabilités, formés de pegmatite. Dans les mêmes conditions de gisement, le Chota-Nagpur a fourni un peu de molybdénite. Ailleurs, dans le Bengale, à *Siratari*, on a trouvé, dans une lentille de granite au milieu de micaschistes, de la cassitérite avec apatite et béryl, qui n'a qu'un intérêt minéralogique.

De l'autre côté de l'Inde, dans la présidence de Bombay, on a signalé, à diverses reprises, des échantillons minéralogiques de cassitérite. La plus récente découverte de ce genre a été faite, en 1904, à Ilosainpura,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

état de Palanpur, présidence de Bombay. L'étain est associé avec de la gadolinite dans une pegmatite à tourmaline[1].

En Birmanie méridionale, l'étain prend, au contraire, une importance industrielle. Il existe là divers gisements de granulite stannifère autour de *Ténasserim* et de *Mergui*, qui doivent représenter le commencement de la traînée stannifère si développée à Malacca[2]. Tel est le cas à Karenni, dans les Southern Shan States. La cassitérite, associée avec du wolfram, se trouve dans des graviers et provient d'un greisen, analogue à celui qui renferme le même minerai en Saxe ou en Cornwall.

En allant, du Nord au Sud, du 13e au 10e degré, on cite Palouk, Mergui, Kings Island, Kahan Hill, Thawbawleek, Yagnan, Boping, Choung-Tanoung, Pakchan, Ma-lee-won. Ces gisements, qui se prolongent à l'Est sur le territoire siamois, donnent lieu à de petites exploitations d'alluvions; le gisement originel paraît toujours être à peu près le même.

ANTIMOINE[3]

L'antimoine a été signalé dans l'Inde en des points assez nombreux, toujours sans que le gisement eût d'importance industrielle. Souvent il y a eu confusion faite avec la galène : les indigènes employant celle-ci en poussière, comme la stibine, pour servir de fard et distinguant mal l'une de l'autre.

Des observations ont pourtant été faites sur divers filons de plomb, qui contenaient réellement un peu d'antimoine. Mais c'est seulement dans la zone himalayenne que l'on a signalé des filons paraissant avoir de la continuité : en Afghanistan, au Nord de Killa Abdulla, avec valentinite; dans le Punjab, district de Sighri, à une altitude de 4.500 m. On en retrouve à Ténasserim, dans le Sud de la Birmanie.

MERCURE

Le mercure est, comme l'étain, un métal dont les conditions de gisements obéissent d'ordinaire à des lois tectoniques assez nettes et qui

[1] Rec. Geol. Surv. Ind., XXXI, 43.

[2] 1841-1886. Tremenheere, G.-B. *Report on the Tin of the Province of Mergui* (Journ. As. Soc. Beng., X, 845-851 (1841); XI, 24, 289 (1842); XI, 839-851 (1842); Col. Journ. Nat. Hist., III, 47-54 (1843); Sci. Rec. Beng. Gov., VI, 5-11 (1852); *Burma*, 350-356 (1882); Indo-China, n° 1, I, 251-259 (1886); Indo-China, I, 260-271 (1886). — 1843. Royle, J.-F. *On the Tin mines of the Tenasserim Province* (Proc. Geol. Soc. Lond., IV, 165-167). — 1872. Cooke, C.-B., *Tin ressources of Tenasserim* (Ind. Economist., III, 148-149). — 1889. *Tin-mining in Mergui district* (Rec. India, XXII).

[3] 1885. Criper, W.-R. *Note on some Antimony Deposits in the Maulmani District* (Rec. Geol. Surv. Ind., XVIII, 151-153).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

s'est concentré dans une portion relativement limitée des zones tectoniques : ici de préférence dans les chaînes ayant subi des mouvements récents. Son absence dans la péninsule indoue pouvait donc être prévue, et elle est, en effet, à peu près complète. Le mercure n'a été signalé dans l'Inde que dans des conditions d'observation tout à fait suspectes, comme aux îles Andaman, où il est probable qu'on aura confondu de l'oxyde de fer avec du cinabre. Il pourrait cependant se présenter dans les filons complexes des chaînes tertiaires, associées à des roches éruptives récentes, vers l'Afghanistan.

MINERAIS DE MANGANÈSE INDOUS, BAUXITES ET KAOLINS

Nous avons précédemment indiqué quelles sont les principales exploitations de manganèse dans l'Inde[1]. Si nous nous en tenons d'abord aux conditions de gisement apparentes sans leur chercher une explication hypothétique, nous pouvons diviser ces gisements en deux groupes : interstratifications dans les schistes métamorphiques, formées de rhodonite et braunite ; concentrations nodulaires dans les latérites.

1° **Lentilles intercalées dans les schistes, gneiss, etc.** — Cette première catégorie fournit les gisements les plus riches. Par exemple, les gîtes de *Chhindwara*, au N.-E. de Nagpur (Provinces centrales) nous sont bien connus par une description de M. Fermor (fig. 72). Ils sont situés dans une région de gneiss et schistes cristallins, immédiatement cachée au voisinage par des laves basaltiques du Dekan : formation éruptive, dont on trouve des lambeaux auprès de tous les gisements manganésifères et qui certainement a recouvert autrefois cette région tout entière[2].

[1] Page 112.

[2] 1841-1882. Tremenheere, G.-B. *Report on the Manganese of the Mergui province* (Jour. As. Soc. Beng., X, 852-853 (1841) ; Cal. jour. Nat. Hist., III, 55-66 (1843) ; Sel. Rec. Beng. Gov., VI, 12-13 (1852) ; Burma, 356-357 (1882). — 1874. Hughes, T.-W.-H. *Manganese ore in the Wardha Coal-field* (Rec. India, VII, 125-126). — 1879. Mallet, F.-R. *On Braunite, with Rhodonite, from near Nagpur* (Rec. Geol. Surv. Ind., XII, 73-74). — 1881. Ball. *Economic Geology*, 326-332. — 1883. Mallet, F.-R. *On Lateritic and other Manganese ores at Gosalpur, Jabalpur District* (Rec. Geol. Surv. Ind., XVI, 116-118). — 1888 et 1890. *The Manganese ores of Jabalpur* (Rec. India, XXI et XXIII). — 1893. Fuchs et De Launay. *Gîtes minéraux et métallifères*, manganèse (t. II, p. 7 à 32 et bibliog.). — 1905. Holland. *Mineral production of India* (Rec. India, XXXII, p. 55-63). — 1905. L. Demaret. *Les principaux gisements des minerais de manganèse du monde* (Ann. mines Belgique, t. X). — 1906. L. Leigh Fermor. *On the petrology and Manganese Ore deposits of the Sausar Tahsil, Chhindwara district. Central Provinces* (Rec. India, XXXIII, 159-221) (sur le manganèse, p. 207 à 214). — 1906. W. Venator. *Die Deckung des Bedarfes an Manganerzen* (Stahl und Eisen, fasc. 2-4, avec phot.). — 1906. Vogt. *Ueber Manganwiesenerz und über das Verhältniss zwichen Eisen und Mangan in den See- und Wiesenerzen* (Z. f. p. G., juil, p. 217 à 233). — 1909. L. Leigh Fermor. *The manganese ore deposits of India* (Mem. India, XXXVII ; 3 parties (introd. and. mineralogy, geology, economic and mining).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Dans ces terrains métamorphiques sont intercalées des lentilles interstratifiées de roches manganésifères, qui, sous leur forme utilisée, contiennent, avant tout, en association avec du quartz, de la braunite, c'est-à-dire un oxyde incomplet de manganèse et un peu de pyrolusite ou de psilomélane, mais dans lesquels ces oxydes paraissent certainement dus à une altération très ancienne[1] de minéraux silicatés, tels que le grenat spessartine et, accessoirement, la rhodonite. Tous les obervateurs sont d'accord pour faire dériver les gisements de manganèse de la spessartine, qui, elle-même, peut, suivant les points, être plus ou moins ferri-

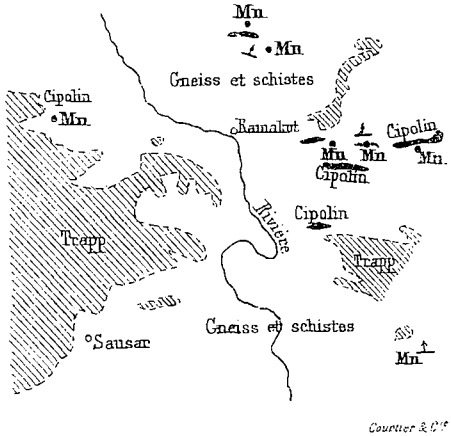


Fig. 72. — Carte des gîtes de manganèse de Chhindwara. (Échelle au 1 : 290.000.)

fère ou manganésifère et prendre, en conséquence, une couleur variable[2]. La plupart de ces gisements de manganèse sont, de plus, en relation immédiate avec des bancs de calcaire métamorphique et de calciphyre, pouvant passer à des roches pyroxéniques ou à des gneiss grenatifères. M. Fermor a émis, à ce sujet, l'idée imprévue que le calcaire était le produit d'une attaque superficielle qui aurait tiré la chaux des roches à pyroxène, grenat, etc., ou, plus généralement, à silicates calcaires. Nous préférons nous tenir à l'observation courante, d'après laquelle, inversement, les bancs pyroxéniques ou les cipolins grenatifères sont le résultat d'un métamorphisme exercé sur des calcaires sédimentaires préexistants, et nous considérons la formation de silicates plus spécialement manganésifères comme un cas particulier de ce phénomène[3]. L'idée la plus simple (sinon la plus exacte) est d'admettre un métamorphisme

[1] Pour M. Fermor, elle serait d'âge archéen (*loc. cit.*, p. 175).

[2] Des pegmatites à spessartine peuvent, à Alesur, recouper les gisements.

[3] Dans le grand ouvrage de M. Fermor, qui nous parvient en cours d'impression, ce géologue abandonne son ancienne théorie pour admettre comme nous (II, p. 309) que les roches manganésifères à minéraux silicatés sont d'anciens sédiments métamorphisés.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

igné de profondeur qui se serait exercé sur d'anciens sédiments contenant des couches déjà manganésifères, à la façon des dépôts caucasiens, avec action latérale sur les terrains encaissants. D'où production de silicates, ultérieurement peroxydés quand ils se sont trouvés ramenés au voisinage du jour. Le fait que les oxydes de manganèse n'ont pas atteint primitivement la teneur en oxygène comportant pour eux la stabilité, semble, de toute manière, prouver une réaction opérée à l'abri de l'air et à une certaine profondeur. De même, l'existence de combinaisons silicatées est en faveur d'une intervention ignée, tandis que, dans les réactions superficielles, la silice a toujours une tendance à se libérer de ses combinaisons.

On peut cependant, comme nous le dirons bientôt, songer aussi à une introduction ultérieure de sels manganésifères qui aurait, soit accompagné le métamorphisme (général ou local), soit même succédé à de premières réactions de ce genre, comme une imprégnation hydrothermale et filonienne. A cet égard, il y a lieu de remarquer que cette action intrusive pourrait avoir été assez ancienne pour se trouver masquée par un métamorphisme subséquent.

Il ne paraît pas sans intérêt pour cette question de remarquer la façon dont les laves basaltiques à augite et magnétite, qu'on appelle des trapps, se sont épanchées sur ce pays. Antérieurement à elles, il a commencé par se déposer, sur le substratum archéen, des terrains de grès et de calcaires, appelés lametas, qu'on rattache au cénomanien. Cette sédimentation semble s'être opérée sur un terrain très irrégulier et a été suivie par une érosion sub-aérienne, qui a excavé les calcaires, parfois en atteignant le gneiss sous-jacent. Après quoi, les basaltes ont coulé par dessus et ont été eux-mêmes altérés et érodés. Une silicification des terrains sous-jacents, que des imprégnations ferugineuses ou manganésifères auraient pu accompagner, a été ainsi la conséquence ordinaire, soit immédiate, soit postérieure, des coulées trappéennes.

Pratiquement, les minerais de Chhindwara tiennent en moyenne 55 p. 100 de manganèse, 5 à 6 p. 100 de fer, 6 à 10 p. 100 de silice, rarement 1 p. 100 de baryte. Malgré leur réputation industrielle de pureté, il n'est pas rare d'y trouver, dans des gisements laissés pour cela de côté, de 1 à 3 p. 1000 (et même plus) de phosphore.

Le district, industriellement plus important, de *Kamtek* près *Nagpur*, donne lieu à des observations semblables. On a là encore des lentilles de quartz et braunite, procédant de gneiss à spessartine et, accessoirement, à rhodonite.

Quand on y passe de la zone altérée à la zone inaltérée, soit en direction, soit en inclinaison, on voit apparaître la rhodonite et le grenat manganésifère, avec du quartz. Certaines veines minéralisées ont, avec plus ou moins de continuité dans le détail, une grande extension : 2.800 m. près de Balaghat, et même 9 km. à Thirori dans le même district de Bala-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ghat, 2 km. à Manegaon dans le district de Nagpur. L'épaisseur peut atteindre 30 m. Nulle part, on n'a fait de travaux de profondeur ; mais il est fort probable qu'en profondeur, on observerait, comme pour la plupart des gîtes de manganèse, un appauvrissement.

Dans ce même district, où le manganèse forme ainsi, au milieu des schistes et quartzites, des veines de silicates manganésifères avec transformation en braunite, on retrouve, comme à Chhindwara, des minerais associés à des calcaires. Dans ce cas, il s'est souvent produit une oxydation plus complète, donnant de la pyrolusite. Souvent même, ces nodules de pyrolusite ont été remaniés par les eaux superficielles et concentrés dans des cavités, ou crevasses, du terrain.

Les mêmes conditions de gisement qu'à Nagpur se retrouvent encore dans le district de *Vizianagram*, au Nord de l'embouchure du Godavéry, avec cette circonstance, intéressante à noter pour notre explication théorique, que les roches encaissantes sont là dans un état d'altération, par lequel elles sont rendues presque méconnaissables. En somme, le type que l'on trouve dans ces trois districts principaux rappelle ce que nous avons en France, dans les Hautes-Pyrénées, où il est si fréquent de rencontrer des bancs de rhodonite et de friedélite (silicates de manganèse) intercalés dans la série sédimentaire métamorphique, sans être probablement contemporains de la sédimentation. On peut également penser à Saint-Marcel en Piémont, qui est caractérisé par des lits ou filons-couches d'oxydes manganésifères, et, notamment, de braunite dans les gneiss, avec transformation de tous les minéraux des gneiss avoisinants (mica, amphibole, épidote, etc.) en minéraux manganésifères.

On a, par contre, signalé depuis longtemps, dans ce district de Vizianagram, des masses irrégulières de plusieurs tonnes formées par la marceline (braunite), au milieu de la latérite, dans des conditions se rattachant au second type de gisements envisagé plus loin.

C'est encore au même groupe de gisements que se relie, avec des variantes, le cas de *Jabalpur*. Là on est sur un synclinal de schistes métamorphiques et quartzites, dans lequel s'intercalent des lits de schistes hématiteux accompagnés de jaspes. C'est dans ces lits d'hématite, rappelant les conditions de gisement des itabirites du Brésil[1], que se sont localisées des pyrolusites et psylomélanes. L'association des jaspes ou du quartz avec de tels dépôts manganésifères (et souvent avec des dépôts ferrugineux) est un fait très fréquent dans beaucoup d'autres pays et qui semble attribuable à la précipitation simultanée de silice,

[1] Au Brésil, plusieurs des gîtes de manganèse du district d'Ouro-Preto sont intercalés dans des schistes cristallins précambriens ; et, comme toujours, en pareil cas, on leur a attribué communément une origine sédimentaire (Hussak et Orville-A. Derby. Am. Journ. of Sc., XII, 1901, p. 18). — Cf. Scott. *The Manganese Ores of Brazil*. Iron and Steel Inst., 1900). Mais il semble plus naturel de les supposer au moins dérivés des itabirites, avec lesquelles ils sont associés et de faire intervenir des réactions postérieures.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

manganèse (et fer), antérieurement mis en mouvement dans les eaux par des réactions dissolvantes ayant agi sur de premiers groupements silicatés.

J'ai déjà eu plus d'une fois l'occasion d'expliquer ailleurs les raisons qui me font considérer la formation des gîtes manganésifères oxydés sous leur forme exploitable et même de filons manganésifères relativement profonds, comme souvent due à une altération et à une remise en mouvement superficielles[1]. Nous en verrons bientôt des exemples. Il ne faudrait, sans doute pas, exagérer cette idée jusqu'à nier la possibilité de gîtes manganésifères primitifs, qui comprendraient, par exemple, la première catégorie de gîtes indous étudiée jusqu'ici. Mais, même dans ce cas, nous ne sommes pas sans quelques doutes exprimés plus haut sur l'intercalation primitive du manganèse dans la série sédimentaire et nous nous demandons si son origine ne devrait pas être attribuée plutôt aux effets d'une latéritisation anciennement exercée sur quelques roches basiques de la région. Sans attacher trop d'importance à cette observation, nous sommes, par exemple, frappé de voir que (peut-être par une simple coïncidence) tous les principaux gisements signalés plus haut, à la seule exception de ceux de Vizianagram, aussi bien à Nagpur, Chhindwara et Jabalpur qu'à Balaghat, Behur, Dharwar, Belgaoun, ou même au Nord dans le Gwalior, apparaissent sur la périphérie de la grande nappe des trapps du Dekan (roches notablement manganésifères), dans une zone où ces trapps ont dû s'étendre autrefois et d'où ils auront disparu à la suite d'une altération chimique suivie d'érosion.

Si l'on considère que la présence du manganèse est certainement antérieure à la venue des trapps, on peut, à la place de ceux-ci, admettre l'intervention de bien d'autres roches cristallines, aujourd'hui disparues par érosion et dissolution. La moyenne des roches basiques contient 0,12 p. 100 de manganèse et nombre d'entre elles ont une teneur plus élevée. Puis cette teneur en manganèse tend rapidement à s'accroître par l'effet de toutes les réactions superficielles. Le manganèse, étant plus

[1] J'avais déjà signalé avec insistance l'importance de ces phénomènes pour la formation des gisements métallifères dans ma *Contribution à l'étude des gîtes métallifères* (Ann. des Mines, août 1897, p. 110) et j'y suis revenu, notamment, dans un mémoire sur le titane (Annales des Mines, janv. 1903), dans les notes sur les mines de manganèse de Romanèche et de fer du Berry au Congrès Géologique international de Paris en 1900, etc. Les sels de protoxyde de manganèse que peuvent contenir diverses roches, comme le sulfure de manganèse qui a pu se déposer d'abord dans les filons pyriteux profonds, sont d'une instabilité remarquable, ainsi que le prouvent, entre autres faits, les dendrites manganésifères, les enduits et nodules de pyrolusite si constamment formés dans les matériaux superficiels. Récemment, M. Vogt, dans une étude sur les minerais de manganèse des marais (Z. f. p. G., juil. 1906), a montré de même comment le manganèse emprunté aux roches se concentrait progressivement dans les marais et est arrivé à cette conclusion que le manganèse venait généralement des granites, gneiss, porphyres quartzifères, etc. Il faudrait au moins ajouter toute une série d'autres roches (Voir, plus loin, la table relative aux gisements de manganèse asiatiques).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

soluble que le fer, entre plus aisément en dissolution et, quoique ses réactions chimiques soient analogues, diverses influences arrivent néanmoins à le concentrer relativement au fer. Dans les fers des marais, la proportion moyenne des deux métaux est déjà, d'après M. Vogt, de 1 pour 25 et souvent de 1 pour 10, tandis qu'elle était, dans les roches acides, de 1 pour 30, et dans les roches basiques, de 1 p. 100.

Enfin, ceux-là même qui répugneraient à l'idée d'une introduction ultérieure du manganèse dans des sédiments déjà gneissifiés devraient recourir à cette altération superficielle pour expliquer, à l'époque des dépôts primitifs, la concentration locale de sédiments fortement manganésifères.

Quoi qu'il en soit, cette altération, dont nous étudierons plus loin le mécanisme à l'occasion de bauxites, est la cause directe de la seconde catégorie de gîtes que nous avons encore à signaler.

2° **Concentrations dans la latérite.** — Ces sortes de gisements sont situés dans la latérite, qui résulte de l'altération sur place des trapps. A cet égard, Ball remarquait, dès 1861 [1], que la latérite contenait souvent des concentrations manganésifères, dont beaucoup passaient inaperçues, ne se distinguant pas immédiatement par leur aspect de la roche encaissante. Ce sont des latérites de ce genre qui fournissent aujourd'hui les minerais de Mahakeswar, au Sud de Bombay, et nous avons pu nous demander tout à l'heure si des latérites disparues ne seraient pas la source première des manganèses mis en mouvement dans les eaux, qui seraient venus, pour une cause quelconque, se concentrer sur certains lits des terrains métamorphiques, sous la forme de filons superficiels et sans racine profonde. Il y a là une question fort intéressante, non seulement pour le manganèse, mais pour d'autres métaux qui se concentrent dans des réactions analogues : le fer et le cobalt notamment, si fréquemment associés avec le manganèse ; puis l'aluminium (bauxite), le vanadium, le baryum, le titane, etc., et qui va se trouver examinée, à l'occasion des bauxites, dans le paragraghe suivant.

Bauxites, et minéraux d'altération connexes. Latéritisation [2]; — On a signalé récemment d'assez nombreux gisements de bauxite dans l'Inde.

Etant donné la constitution géologique de la péninsule indoue et ce que nous avons déjà dit sur la forte altération superficielle, à laquelle ont été soumis, depuis de longues périodes géologiques, les plateaux arasés qui

[1] *Loc. cit.*, 326.

[2] 1909. Chautard et Lemoine. *La latéritisation* (Bul. Soc. Ind. Min., 4e sér., t. IX). — Cf. Holland. *On the constitution, origin and deshydratation of indian laterite* (Geol. mag., 4, X, 1903, p. 59 et 154), le dernier travail avec F. Warth. — 1909. Dr Ernest Fleury. *Le sidérolithique suisse. Contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments* (Fribourg, thèse de doctorat, 262 p.).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

constituent le Dekan, on pouvait, en effet, tout naturellement s'attendre à y trouver représentés avec abondance les types de minerais, auxquels nous attribuons pour origine une altération semblable, les bauxites, et les kaolins, comme les minerais de manganèse, et il serait logique d'y rencontrer également des barytines et des phosphorites, quoiqu'on n'ait pas encore signalé ces sortes de gisements. Si la région était de constitution moins ancienne et avait contenu originairement des filons de zinc, il se serait produit, de même, à leurs dépens, des calamines. Les minerais de zinc font défaut, nous l'avons vu, comme, d'une façon générale, les divers minerais filoniens sulfurés de plomb, etc. Cependant, dans cet ordre d'idées, il y a encore lieu d'appeler l'attention sur quelques produits d'oxydation métallique que nous sommes habitués à voir se solidariser un peu dans tous les pays du monde, s'enrichir ensemble au voisinage de la surface et souvent s'associer avec le manganèse. Toutes ces questions se rattachent à celle des latérites, dont nous allons commencer à dire un mot.

Ainsi que l'ont précisé récemment, par des analyses, MM. Chautard et P. Lemoine, l'altération superficielle de certaines roches feldspathiques peut prendre des types entièrement différents suivant que les réactions se produisent dans la zone tropicale ou dans la zone tempérée (certaines influences biologiques pouvant intervenir, dans des conditions qui n'ont pas été encore éclaircies).

Dans nos pays tempérés, la décomposition des feldspaths donne, en principe, des silicates d'alumine, où la silice reste en combinaison : des argiles et des kaolins, dont la composition diffère surtout de celle des feldspaths primitifs par l'élimination des alcalis, de la chaux ou de la baryte, sans qu'il y ait grande différence en ce qui concerne la silice et l'alumine. Les silicates ferro-magnésiens donnent également des argiles par élimination des mêmes bases et augmentation relative du fer, mais sans isolement de l'alumine.

Cette décomposition kaolineuse est celle qui se produit, même sous la zone tropicale, pour les schistes, phyllades, et probablement pour une grande partie des granites ou des gneiss. Au contraire, les roches basiques magnésiennes, telles que les diabases, péridotites, serpentines, basaltes, les laves basiques, telles que la majeure partie des trapps du Dekan, subissent là une décomposition toute différente, essentiellement caractérisée par la séparation immédiate de la silice et de l'alumine, avec mise en liberté de ces deux éléments, sans passage nécessaire par l'argile.

La conséquence est un appauvrissement en silice, cette substance se trouvant en partie dissoute et entraînée et, au contraire, un enrichissement très net en alumine, en même temps que la décomposition des silicates ferro-magnésiens donne, par ouralitisation, puis départ de la magnésie soluble, un excès de fer, manganèse, titane, chrome, etc. L'acide phosphorique, lui, est entraîné avec les parties solubles. Une diabase, qui entre en décomposition, aura perdu près de moitié de sa silice. En

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

revanche, le fer a triplé et est passé en sesquioxyde; le titane a plus que doublé ; l'alumine est passée de 16 à 28 p. 100. Quand les réactions sont achevées et ont donné une latérite proprement dite, on atteint 46 p. 100 d'alumine et la silice tombe de 32 à 17, dont 3 seulement demeurent combinés. Pour une teneur initiale de 7 p. 100 en fer métal, on arrive à 22 p. 100.

M. Lemoine n'a pas étudié spécialement ce qui se passe pour le manganèse; mais, avant toute analyse, on peut affirmer que l'accroissement relatif du manganèse doit être encore supérieur à celui du fer et comparable à celui du titane. Naturellement la structure de la roche, en permettant la pénétration plus ou moins facile des réactifs chimiques, rend la décomposition elle-même plus ou moins prompte et les roches fines perdent moins vite leur silice que les autres.

Un tel phénomène de latéritisation est déjà par lui-même constitutif de substances analogues à la bauxite : celle-ci étant essentiellement caractérisée par l'alumine libre et l'isolement de ce qu'il peut subsister de silice, et c'est dans des conditions semblables que les bauxites ont dû commencer à se former. Les mêmes réactions ont dû présider à l'isolement de tant de minerais de fer en grains, utilisés par les métallurgies primitives dans des sortes de « chapeaux ferrugineux », et nous leur attribuons également la concentration du manganèse ou celles des asbolites : ces « truffes » noires, formées d'oxydes de cobalt et de manganèse. Mais il est probable que la réaction sur place n'est pas seule intervenue et que la concentration des bauxites a pu être favorisée par un entraînement à la surface de ces parties légères et leur concentration dans des cours d'eau. Il a dû également y avoir souvent, en même temps, déplacement superficiel et concentration des substances dissoutes, pouvant donner lieu à quelques imprégnations aurifères superficielles, dont le quartz est assez spécial. C'est là un des termes nécessaires dans la production des minerais d'or exploitables en des pays où les gîtes primitifs ne le sont pas.

En ce qui concerne particulièrement la *bauxite*[1], on discute sur le point de savoir si ce corps est un minéral réellement individualisé, ou un mélange de deux oxydes d'alumine, le diaspore et la gibbsite. Il s'y ajoute toujours des quantités variables de silice libre et d'oxyde de fer. Les latérites de l'Inde peuvent atteindre 65 p. 100 d'alumine : teneur considérable, car les bauxites typiques des Baux tiennent d'ordinaire 59 p. 100. Ailleurs, on a toutes les teneurs possibles descendant à 30 p. 100. Il est à noter que certaines bauxites de l'Inde ont, en même temps, une teneur anormale en acide titanique, pouvant dépasser 12 p. 100. On arrive ainsi à des minéraux presque exclusivement constitués d'alumine, d'acide titanique et d'eau, avec moins de 4 p. 100 de sesquioxyde de fer

[1] 1904. T.-H. Holland. *The occ. of Bauxite in India* (Rec. India, XXXII, 175-185).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et de silice (Katni, Samnapur.) On a retrouvé le même fait dans la Géorgie, l'Alabama et l'Arkansas.

Le *fer en grains* peut être rapproché de la bauxite. Depuis longtemps, les indigènes ont utilisé les concentrations ferrugineuses de la latérite.

Oxydes de cobalt[1]. — La présence du colbalt a également été signalée anciennement dans l'état de Jaipur en Rajputana (d'où le nom de nom de Jaipourite donné à un sulfure de cobalt problématique). Cette jaipourite, qui est en réalité de la cobaltine et que les indigènes nomment saita ou sehta, est associée avec du cuivre dans les mines de Babai, Bagor et Singhana de l'État de Jaipur. Les Indous l'utilisent pour colorer en bleu des émaux.

Il est probable qu'il doit exister en outre des asbolites, accompagnant le manganèse dans les latérites.

Kaolin[2]. — Les mêmes causes, qui ont amené le développement des latérites et des bauxites, ont, tout naturellement, déterminé la formation de gîtes kaoliniques sur les pegmatites et granulites, qui abondent, nous l'avons dit, dans les massifs archéens de l'Inde.

MINÉRAUX DIVERS : DIAMANT, RUBIS, SAPHIR, MICA, GRAPHITE, ETC.

Les minéraux, dont il va s'agir ici, présentent ce caractère commun d'avoir leur origine liée à la présence des pegmatites, elles-mêmes intercalées dans le massif primitif de l'Inde et de Ceylan. Pour le graphite seul, le cas pourrait être discutable : nous verrons néanmoins que la conclusion la plus naturelle, à laquelle les gisements de ce corps dans l'île de Ceylan ont donné lieu, est de les rattacher aux intrusions pegmatoïdes. Ce groupe de substances offre ainsi, malgré des diversités trop évidentes si l'on se borne à l'étudier minéralogiquement, une homogénéité tectonique réelle, sur laquelle nous devons insister dans l'ordre d'idées où nous nous plaçons sans cesse ici. Il est aussi caractéristique, dans son genre, des massifs primitifs que peuvent l'être les filons-couches de pyrite aurifère, les zones interstratifiées d'oligiste, etc., et fait partie d'un ensemble métallogénique, qui assimile la péninsule indoue au Canada, à la Scandinavie, à la Sibérie centrale, etc.

C'est ce qui va résulter de nos études de détail.

[1] 1881. Mallet, F.-R. *On cobaltite and danaite from the Khetri mines, Rajputana, with some remarks on Jaipurite* (Rec. India, XIV, 190-196). — 1881. Mallet, F.-R. *On the ferrugineous beds associated with the balsaltic rocks of N.-E. Ulster, in relation to indian laterite* (Rec. India, XIV, 139-148). — 1893. Fuchs et De Launay, II, p. 90.

[2] 1840. Campbell, J. *Report of the Kaolin earth of Mysore* (Trans. Bo. Geog. Soc., VI, 163-167) (Jour. As. Soc. Beng., X, 159-162).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

DIAMANTS DE L'INDE[1]

Nous avons dit précédemment[2] dans quel abandon industriel sont aujourd'hui les gisements diamantifères de l'Inde, autrefois si célèbres, et pour l'abondance et pour la qualité de leurs pierres. Seuls, ceux du Bundelkhand, dans la région de Panna, donnent encore lieu à une petite exploitation, qui permet d'en observer les conditions géologiques. Tous les autres sont abandonnés. Cependant, le mode de formation du diamant dans l'Inde, qui, au moins au premier abord, semble totalement différent de celui des mines de l'Afrique Australe, pose un certain nombre de problèmes curieux, dont la solution pourrait même avoir un jour quelque intérêt pratique.

Les gisements de diamants connus dans l'Inde ne sont pas concentrés autour d'un centre unique, mais disséminés en un certain nombre de points très éloignés les uns des autres (fig. 73). C'est, d'abord, au Nord, le groupe de Panna, dont l'importance relative vient d'être signalée. Dans

[1] 1570. César Frédéric. *Gisements de Golconde* (Hakluyts Voyagen). — 1676. Tavernier. *Voyage en Turquie, en Perse et aux Indes* (Paris). — Adam. *Mines du Bundelkhand* (Journal Ass. scient. Bengal, t. X). — 1814. Heyne. *Mines de l'Inde* (Tracts London). — 1820. Anderson. *Mines de Golconde* (Edinb. Philos. Journal, t. III). — 1825-1827. Voysey, H.-V. *On the diamond mines of Southern India* (As. Res., XV, 120-125 (1825); Edin. Jour. Sci., VI, 97-104 (1827); Phil. Mag., LXVIII, 370-376 (1826); Froriep Notizen, XVI, 129-138 (1827). — 1833. Anonyme. *Mines du Bundelkhand en 1833* (Indian Review, t. III). — 1836. Ritter. *Mines de l'Inde* (Erdkunde Asien, t. VI). — 1841. Jacquemont. *Voyage dans l'Inde*. — 1865. King. *Mines de Golconde, Kadapah, Karnul* (Records geol. Survey India, t. II et X). — 1870. Grant. *Mines de Sambalpur et mines de Wairagarh* (Centr. prov. Gazeter). — 1872. Kelsall. *Gisements de Bellary* (Bellary district Manual). — 1874. Rousselet. *L'Inde des Rajahs*. — 1874. Atkinson. *Mines du Bundelkhand* (N.-West. Prov. Gazeter). — 1875. Gribble. *Gisements de Kadapah* (District Manual). — 1875. Kern. *Diamants de l'Inde* (Roy. asiat. Soc., t. VII). — 1876. Burton, Capt. R.-F. *The Nizam Diamond. The Diamond in India* (Quart. Journ. Sci., VI, new series, 351-360). — 1880. Ball, V. *On the mode of occurence and distribution of Diamonds in India* (Proc. Roy. Dub. Soc.; new series, III, 551-589; Journ. Roy. Geol. Soc., Dublin, VI, 10-48). — 1881. Ball, V. *A Manual of the geology of India*, 3e partie. — 1881. Ball, V. *On the identification of certain Diamond Mines in India, which were known to, and worked by the ancients, especially those which were visited by Tavernier*. With a note on the history of the Koh-i-nor (Journ. As. Soc. Beng., L, pt. ii, 31-44). — 1881. Ball. *Diamonds, Coal and Gold in India* (London). — 1881. Ball. *Economic geology of India*, p. 1 à 49. On trouvera, dans cet ouvrage, des cartes des districts diamantifères de Karnul, Golconde et Panna. — 1882. Garbe. *Die indischen Mineralien* (Leipzig). — 1884. Chaper. *De la présence du diamant dans une pegmatite de l'Hindoustan* (C. R., t. XCVIII, p. 113, et B. S. G. F., 1886, 3e sér., t. XIV, p. 330-345). — 1886. Bouyan. *Le Diamant* (Chez Dunod). Contient une bibliographie antérieure. — 1889. *On the Wajra Karur diamonds, and on M. Chaper's alleged discovery of diamonds in pegmatite near that place* (Mem. Geol. Sur. Ind., t. XXII) (Cf. Rec., 1890, t. XXIII). — 1893. Fuchs et De Launay. *Gîtes métallifères*, 1, 29, avec bibl. antér. — 1893. Stelzner. *Ueber das verm. Vork. von Diamant im hindostanischen Pegmatit* (N. J. f. Min., t. 1, p. 139 et 140). — 1897. L. De Launay. *Les Diamants du Cap*. 1 vol. de 240 p., p. 209 à 214. — 1906. Vredenburg. *Geology of the Sate of Panna, with reference to the Diamond bearing Deposits* (Rec. India, XXXIII, 261-314).

[2] Page 116.

UNIVERSITE DE PARIS. GEOLOGIE
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les provinces centrales, Wairagarh est au Sud-Est de Nagpur, près du Godavéry. Puis vient, sur les bords de la Kistnah, le groupe fameux de Kondapalh (Madras), qui alimentait le marché de Golconde (près d'Hyderabad). Enfin, plus à l'Ouest et encore dans la présidence de Madras, on a extrait quelques diamants à Kurnool (Karnul), Bellary (Balhari) et Cudappah (Kadapah).

En tous ces points, on a exploité uniquement des produits détritiques et sans rencontrer jamais le diamant en place comme il se présente dans la région de Kimberley : soit dans les alluvions des rivières, soit en

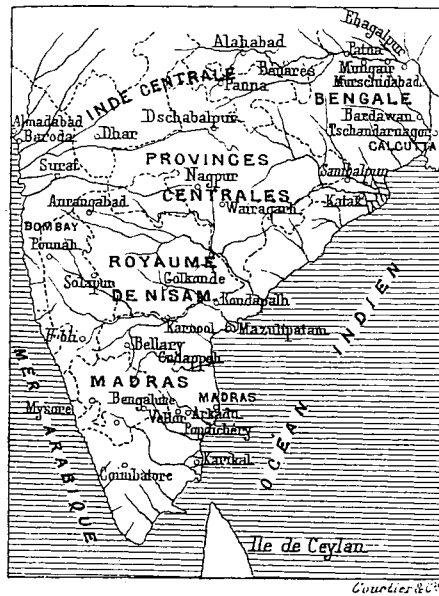


Fig. 73. — Carte des gîtes diamantifères de l'Inde.

remontant de celles-ci à l'origine directe de leur richesse, dans des conglomérats appartenant à la partie inférieure du paléozoïque. Cela rend toutes les théories que l'on peut faire sur le mode de formation réel de ce minéral très aléatoires. Nous allons insister surtout sur le groupe de Panna, qui a été le mieux étudié, notamment par Vredenburg, et nous dirons seulement quelques mots des autres.

District de Panna. — Le district de Panna, situé dans l'Est du Bundelkhand, à la limite Nord du grand massif primitif indou, comprend :

1° Au Nord, un massif granitique, d'où semblent provenir les diamants et, 2° au Sud, une série sédimentaire (archéen et paléozoïque), où dominent les matériaux de destruction immédiate, tels que les grès et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les conglomérats. Le granite, assez homogène, est un granite amphibolique grenu, où l'on ne signale pas de mica blanc. La série sédimentaire débute par des représentants assez rares du groupe précambrien inférieur (schistes d'Arawalli ou de Dharwar). Puis viennent les couches dites de Bijawar, surtout formées de quartzites, jaspes à hématite, pouvant arriver à constituer des minerais de fer et nombreuses couches épaisses de trapp dioritique, dont nous dirons bientôt l'intérêt possible en ce qui concerne la formation diamantifère. Ces couches de Bijawar semblent souvent s'être déposées presque horizontalement sur des gneiss érodés; mais elles ont participé aux mouvements de la fin du précambrien, à la suite desquels se sont stratifiés au-dessus les terrains cambro-siluriens, que l'on appelle, quand leur série est complète : à la

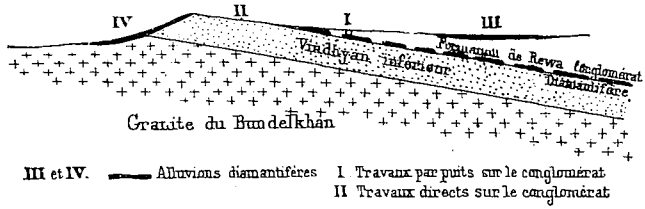


Fig. 74. — Coupe schématique des exploitations de diamants de Panna, d'après Vredenburg.

base, série de Cudappah et, au sommet, série des Vindhyan. Cette série des Vindhyans, dont les deux cinquièmes au moins sont gréseux, est, à Panna, la série diamantifère. Les diamants y paraissent dans deux bancs principaux, vers la base de ce qu'on appelle les schistes de Rewa et au sommet des grès du même nom.

Certains géologues, tels que Medlicott, ont voulu voir là un niveau unique. Pour Vredenburg, il y en a deux. Suivant lui, le principal, ou grès de Panna, sépare des grès dits de Kaimur des schistes de Rewa. C'est un conglomérat, appelé *Mudia*, qui forme localement et par paquets la partie supérieure de ces grès. Sa puissance ne dépasse pas 0,50 m. Parfois, il devient friable en se chargeant de matières schisteuses et prend le nom de *Kakru*, qui est plus généralement appliqué à tous matériaux meubles renfermant des diamants. Ailleurs (à l'Est de Panna), 7 à 8 m. de schistes et calcaires viennent s'intercaler entre lui et les grès sous-jacents. Plus haut, dans la série, un second niveau dimantifère moins important se place au haut des grès de Rewa, entre eux et les schistes de Bhander. En somme, toutes les conditions sont celles d'un produit de destruction hétérogène, tel qu'il s'en forme par l'érosion immédiate fluviatile ou lacustre des continents.

Si l'on étudie les galets des conglomérats diamantifères, on y voit dominer les quartz des granites, les jaspes du groupe de Bijawar, puis certains galets de quartzite vert vitreux, empruntés à la base de la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

formation de Vindhyan, auxquels les mineurs attachent une grande importance comme indice favorable pour la présence des diamants. On trouve, en même temps, toutes sortes de roches dures, et même, ce qui est assez curieux vu la friabilité de la substance, des fragments de galène.

Quelle est l'origine première des diamants ? Etant donné la relation avec les quartzites verts, Medlicott considérait ceux-ci comme la matrice première du précieux minéral. Il semble beaucoup plus probable que le diamant, venant de quelques points situés sur le massif granitique, auprès desquels se trouvaient de tels quartzites, s'est concentré en même temps que leurs fragments, par cette circonstance accidentelle, sans qu'il faille chercher entre eux un lien d'origine. D'autre part, une note de Chaper, qui a soulevé de très vives discussions, affirmait la présence du diamant en place dans les pegmatites d'une autre région de l'Inde, celle de Bellary. Cette observation, au sujet de laquelle on doit faire toutes réserves, n'est à mentionner que comme ayant pu prêter à un rapprochement avec d'autres études, très contestables elles aussi : notamment celles de Gorceix, qui, au Brésil, a annoncé avoir trouvé le diamant dans un véritable filon quartzeux[1]. Par contre, un gisement situé près de Panna, à Majgama ou Majgiha, a été sommairement décrit, par le capitaine Franklin, comme présentant des cônes remplis d'une boue verte diamantifère, avec tuf calcaire, analogues à la Kimberlite qui contient les diamants du Cap.

De même, à *Wajra Karur* (Madras), dans le district d'Anantapur, à 16 km. Sud de la jonction des lignes Southern Mahratta et Madras Railway, R. B. Foote a cru trouver l'origine du diamant dans un dyke de roche basique englobant de nombreux fragments de roche encaissante et analogue suivant lui, à la Kimberlite, qui traverse le granite-gneiss à épidote. Cette hypothèse n'a pu être précisée, elle non plus. D'après Philip Lake, qui a repris la question en 1890, il y a, dans cette région, deux groupes de roches à plagioclase et augite, les unes antérieures au cambrien de Cuddapah, les autres contemporaines de celui-ci. C'est à l'une ou l'autre des deux séries qu'appartient la roche en question, basique mais non serpentineuse, et, par là, bien distincte de la Kimberlite. La connexité du diamant avec elle est très douteuse.

En l'absence d'observations précises, il est certain que l'assimilation entre l'Inde et l'Afrique Australe est fort séduisante[2] : l'Inde présentant,

[1] D'après Foote (Rec. Geol. Surv. Ind., XIX, p. 109; XXII, p. 39) et Stelzner (N. J. f. Min., p. 139 et 140), Chaper aurait été simplement mystifié par l'introduction frauduleuse de gemmes dans un lavage opéré devant lui. On a de même affirmé que les itacolumites diamantifères du Brésil avaient été fabriquées.

[2] Le diamant paraît se relier avec des roches basiques serpentinisées, non seulement dans l'Afrique du Sud, mais à Bornéo, au N.-S. Wales, en Bohême, où le diamant a été rencontré avec des grenats pyropes venant de péridotites, dans l'Oural où les serpentines sont abondantes près des points où l'on a constaté la présence du diamant, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

à tous égards, avec l'Afrique Australe, des analogies tectoniques, sur lesquelles nous avons maintes fois insisté et offrant notamment un développement extraordinaire d'intrusions basiques qui, déjà très abondantes dans la série archéenne de Bijawar, se sont réparties ensuite sur toute la longueur des temps géologiques, jusque dans le tertiaire[1]. Il faudrait seulement que les cheminées de roches basiques, par lesquelles le diamant aurait été apporté dans l'Inde, fussent notablement plus anciennes que celles de l'Afrique Australe, puisque les premières éruptions ont donné des matériaux détritiques dès le cambro-silurien, tandis que celles de Kimberley recoupent la partie déjà haute du Karoo ; et peut-être pourrait-on attribuer à cet âge plus ancien et à la destruction qui a dû en être la conséquence, la rareté ou l'absence des cheminées directement diamantifères dans l'Inde.

Autres districts indous. — En dehors de ce point de Panna, nos connaissances géologiques sont trop sommaires pour apporter un élément d'instruction réel.

Le groupe de la *Kistna*, près Kondapalh, a passé jadis pour contenir des richesses fabuleuses, par exemple à Codavetty-Kallu, où la légende prétend qu'on aurait trouvé des charretées de diamants. C'est dans une mine de ce groupe, à Kollur, qu'ont été découverts le Grand-Mogol et le diamant bleu de Hope ; dans une autre, à Partial, qu'on dit avoir été recueilli le Régent. La qualité spéciale des anciens diamants de l'Inde, qui leur fait attribuer une valeur particulière en bijouterie, est surtout une qualité propre à ce groupe. Autant qu'on en peut juger, les diamants auraient été recherchés là, soit dans les alluvions récentes, soit dans des grès de l'étage du Gondwana.

Dans la région de *Sambalpur*, on a lavé des alluvions diamantifères, qui proviennent à peu près certainement de couches appartenant à la base du Vindhyan, auxquelles les gemmes auraient été empruntées par la rivière, le Mahanadi. Le même cours d'eau fournit des béryls, topazes, améthystes, etc. (jamais de rubis, ni de saphirs) et l'on en retire aussi de l'or.

A *Bellary*, d'après Chaper, les diamants seraient trouvés par les indigènes sur un plateau de schistes micacés, traversés par de nombreux filons de granulite rose épidotifère; mais j'ai déjà dit combien les observations faites en ce point semblaient suspectes.

[1] Rappelons que l'on a trouvé plusieurs fois de petits diamants dans les conglomérats aurifères du Witwatersrand qui ne sont pas très éloignés comme âge des conglomérats diamantifères de l'Inde. Au cours de cet ouvrage, nous avons à signaler d'autres diamants : dans l'Oural, p. 575; à Bornéo, p. 732 ; dans le Chantoung, p. 144 et 376.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

MINÉRAUX DIVERS [1]

Rubis, saphirs, corindons [2]. — Dans l'Inde et les pays qui s'y rattachent naturellement, comme l'Afghanistan, Ceylan, la Birmanie, on peut citer trois centres principaux de production des gemmes colorées, et, spécialement, des rubis, saphirs, etc.

Tout d'abord, à la limite Nord-Est de l'Afghanistan qui touche au Pamir, à l'Est de Faisabad et à peu près sur le 37e degré lat. par 71°,30 long., il est, dans la vallée du Pandch, à *Soussi*, en Badakchan, une mine de rubis fameuse, au Sud de laquelle, en remontant le cours de la Koktcha, dans le flanc Nord de l'Hindou-kouch, on trouve une autre mine, également connue, de lapis lazuli. Puis c'est le Sud-Ouest de *Ceylan*, dans les deux districts de Ratnapura et Rawkana, situés à environ 50 km. l'un de l'autre [3]. Enfin, à l'Est de l'Iraouaddy, en Birmanie, les mines de rubis de *Mogok* sont également classiques [4]. Dans tous ces points, l'exploitation porte uniquement sur des alluvions plus ou moins anciennes, et les pierres précieuses se sont concentrées dans celles-ci, presque indépendamment de leurs conditions de gisement primitives, uniquement par le fait de leur dureté, qui les a fait échapper à la destruction dans cette préparation mécanique. Mais, si l'on remonte à l'origine première, on peut, d'une façon générale, rattacher la présence de ces pierres aux venues granulitiques, dont nous avons déjà signalé la fréquence dans l'Inde au milieu des massifs archéens, et au métamorphisme exercé par des granulites ou pegmatites sur les terrains encaissants, notamment sur les calcaires. La

[1] Il a été précédemment question (p. 118) de l'ambre et de la jadéite en Birmanie. Voir à ce sujet : 1892. *On the Amber and Jade mines area in Upper Burma* (Rec. India, XXV). — 1893. Nötling. *Jadéite dans l'Upper Burma* (Records Geol. Survey of India, 26, I, p. 26-30). — 1895. *On the Jadeite... from Tammaw, in Upper Burma* (Rec. India, XXVIII). — 1896. *On the Steatite mines, Minbu district, Burma* (Rec. India, XXIX).

[2] 1802. De Bournon. *Description of the corundum stone and its varieties* (Philosophical transactions, London). — 1842. Newbold. (Journ. Roy. As. Soc., VII, 219). — 1842. Campbell (Cal. Journ. Nat. Hist., II, 281). — 1845. Sherwill, W.-S. *Corundum mines in Singroovlée* (Journ. As. Beng., XIV, p. xv). — 1857. Balfour. (Rec. Gov. Madras, XXXIX, 91). — 1882. *Saphirs du Kashmir* (Rec., t. XV, p. 138; Manual of the geology of India, part. IV, p. 40). — 1882. Mallet. F.-R. *On sapphires lately discovered in the N.-W. Himalayas* (Rec. Geol. Surv. Ind., XV, 138-141). — 1885. Ball, V. *On the newly discovered Sapphire mines in the Himalayas* (Proc. Roy. Soc. Dublin, IV, 393-395). — 1890. De La Touche. *The sapphire mines of Kashmir* (Rec. Geol. Sur. Ind., t. XXIII). — 1890. *Saphirs du Cachemir* (Annuaire géol., 1890, p. 775). — 1891. *On the reported Ruby-Mine in the Mainglon State* (Rec. India, XXIV). — 1896. *On some Corundum localities in the Salem and Coimbatore districts, Madras* (Rec. India, XXIX). — 1900. *Die Rubingruben Burmas* (Z. f. p. G., p. 322). — 1902. *Edelstein Gewinnung in Ceylon* (Z. f. p. G., p. 414).

[3] Voir plus haut, p. 117, quelques indications industrielles sur ces gisements.

[4] Z. f. p. G., 1900, p. 332; 1902, p. 63 (rubis de Birmanie).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cristallisation de l'alumine, sous la forme de corindon, rubis ou saphir, a été accompagnée, là comme toujours, par celle des spinelles, des chondrodites, des grenats. En même temps, les granulites elles-mêmes contenaient des minéraux géodiques, comme le mica blanc, l'orthose (pierre de lune), etc.[1].

Dans les gisements de Ceylan où les pierres rencontrés sont extrêmement diverses, il y a certaines associations habituelles, qui tiennent en partie aux conditions de gisement primitives. On trouve ensemble les divers spinelles avec des grenats et souvent des zircons. Les œils de chat se présentent d'ordinaire avec des aigues marines et des béryls, dont le plus recherché est l'alexandrite.

Les rivières de la côte méridionale de Ceylan, notamment dans le Ratnapura, la « ville des rubis », sont riches en gemmes, et le sable même, composé de pierres dures et débris, sert aux lapidaires pour le polissage. Les plus belles pierres se trouvent dans une ancienne couche détritique, dite *nellan*, antérieure aux dernières éruptions basaltiques. En dehors des rubis et saphirs, les grenats, surtout les variétés connues sous le nom de « pierres à cannelles », sont extrêmement fréquents en association avec des gneiss granulitisés; les topazes abondent aussi.

Amblygonite, Saphirine. — On peut signaler, à titre de curiosité minéralogique, en le rattachant aux gisements précédents, un gisement d'*amblygonite*, le seul que l'on connaisse jusqu'ici en Asie; ce minéral a été reconnu par M. Mallet sur des échantillons provenant du Kashmir[2].

Le gisement est situé à 4.300 m. d'altitude, à 3 km. Ouest-Nord-Ouest de Sumjam, dans le district de Padar, par 33°,25 et 76°,28. L'amblygonite s'y trouve (comme dans le gisement classique de Montebras dans la Creuse), associée avec des granulites passant à des pegmatites, qui ici traversent des gneiss; l'on trouve, en même temps, dans ces pegmatites, toute une série de minéraux, notamment des saphirs, dont, en 1881, on a fait une petite exploitation sur ce district du Zanskar Range, et, avec les saphirs, de la tourmaline verte, de l'euclase, de la kyanite, de la prehnite, de la lazulite, etc.

La *saphirine*[3], qui n'a de commun avec le saphir que sa couleur bleue, est un silicate d'alumine et de magnésie voisin de la staurotide, que l'on trouve surtout dans les micaschistes de Fis Kernäs, à l'Ouest du Groenland. On a signalé sa présence dans le district de Vizagapatam, au milieu d'une série de schistes à grenat, graphite et sillimanite, où s'intercalent des granulites à pyroxène et des norites (charnockites basiques). En relation avec la granulite à pyroxène, la roche à saphirine est

[1] Voir plus haut, p. 656, ce qui a été dit sur les gisements d'émeri et de corindon.

[2] 1905. F.-R. Mallet. *On the occurrence of Amblygonite in Kashmir* (Mem. Geol. Sur. Ind., t. XXXII, part. 3, 228 et 229).

[3] 1904. Middlemiss. *On a sapphirine-bearing rock* (Rec. Ind., XXXI, p. 38 à 43).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

un agrégat granitique d'hypersthène dominant, saphirine bleu sombre, mica brun et spinelle vert.

Agate, Cornaline, Onyx[1]. — La région de Broach (ou Baroutch [2]) et de Cambay, située au Nord de Bombay, sur la côte Ouest de l'Inde, jouit d'une très ancienne réputation pour la production et la taille des agates, et on prétend même que les vases murrhins de Pline étaient des coupes d'agate provenant de ce pays, (quoique d'autres auteurs aient pensé à la fluorine). Le plus grand nombre des agates que l'on vend en Europe dans les villes d'eaux, bains de mer, etc., vient de là.

Géologiquement, l'origine des agates est dans les géodes des trapps, qui couvrent les immenses espaces du Dekan, ou, plus rarement, dans d'autres roches éruptives antérieures. Partant de là, ces noyaux durs se sont concentrés en galets dans des graviers d'alluvions, ou conglomérats plus ou moins anciens.

Les centres de production sont à des distances très variables de Broach, où se centralisent la taille et le commerce des agates.

Ainsi l'on en trouve à Paithan ou Pithana par 75°,28 sur le Godavéry, dans des graviers ossifères. Newbold[3] a donné toute une liste d'autres localités situées sur les trapps du Dekan, où l'on a recueilli des agates.

Dans le Bengale, sur les Rajmahal Hills, des blocs d'agate inutilisés se rencontrent dans des trapps d'âge liasique.

Dans le Chota-Nagpur, certains bancs de jaspe zonés apparaissent au milieu des terrains précambriens et fournissent des galets dans les rivières.

Les trapps du district de Jabalpur, dans les provinces centrales, passent pour l'origine des aventurines que l'on a imitées à Venise et d'une grande partie des onyxs taillés à Cambay.

Enfin, l'une des mines les mieux connues est celle de *Ratnapur*, qui, pendant deux mille ans, a fourni la majeure partie des agates et cornalines indoues. On y trouve les pierres dans un banc mince de gravier tertiaire ferrugineux, qui en est presque exclusivement formé et qui lui-même les a empruntées au trapp voisin. La présence du fer contribue, par

[1] 1854. Summers, A. *Statement of the wrought Agates, Cornelians, etc., together with the varied processes of preparation, and value of the Trade at Cambay* (Sel. Rec. Bo. Gov., new series, IV, 26-36). — 1856. Copland. *Sur la mine de Cornaline de Barotch entre Bombay et Brouda* (B. S. G. F., XIII, 669-670). — 1857. Copland. *Account of the Cornelian mines in the neighbour hood of Broach* (Trans. Lit. Soc. Bombay, I, 289-295). (Western India, 491-495). — 1866. Blanford, W.-T. *On worked agates of the early stone age from Central India* (Proc. As. Soc. Beng., p. 230-234). — 1869. Thobald, W. *Notes on some Agate Beads from North-Western India* (Proc. As. Soc. Beng., 253). — 1881. Ball. *Economic geology*, p. 503. — 1909. L. De Launay. *Agates et cornalines*. (La Nature, 17 juillet 1887.)

[2] Ce mot, anglicisé, vient du français broche.

[3] Journ. Roy. As. Soc., XX, p. 17.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la couleur qu'il communique aux pierres, à leur donner leur valeur. On fait une exploitation souterraine par une série de petits puits de 10 m. avec galeries latérales. Les pierres extraites sont classées, soumises à une cuisson, taillées et polies.

Mica[1]. — Malgré la dissemblance évidente qui sépare le mica du rubis ou du saphir, il y a, entre ces substances, un rapport tenant à ce qu'elles sont également reliées aux roches granulitiques, abondantes dans l'Inde comme dans tous les massifs archéens.

Par suite du caractère ancien qu'affectent la plupart de ses formations, la péninsule indoue est le principal producteur de mica dans le monde et n'a pour concurrents sérieux que le Canada, (où la production s'est fortement accrue depuis 1902) et les États-Unis, accessoirement, Ceylan, l'Argentine et l'Australie. Nous ajouterons à ce sujet quelques renseignements industriels à ceux qui ont été précédemment donnés.

En 1902, la valeur extraite était de 2.189.000 fr. dans l'Inde contre 2.054.000 au Canada et 594.000 aux États-Unis. Depuis ce moment, la production du Canada a sensiblement progressé. Aux Indes, il y a eu des fluctuations, tant dans la production que dans l'exportation qui sont loin d'être équivalentes. Les exportations de ce pays ont monté de 185 t. en 1894 à 1.130 en 1900 pour redescendre à 962 en 1904. En 1905, il y a eu un essor considérable ; on a exporté 6.650 t. valant, d'après les documents officiels, 3.550.000 fr. Ces exportations de l'Inde partent, pour les trois quarts, à destination de l'Angleterre et des États-Unis, où la principale application est l'électricité; mais on utilise également une certaine quantité de mica dans l'Inde : les grandes feuilles pour faire des portraits enluminés qui échappent aux altérations par l'humidité, la chaleur, les ravages des insectes, etc., ou encore pour fleurs artificielles et les micas de qualité inférieure pour divers usages décoratifs. Pendant longtemps, on n'a fait le commerce que des grandes feuilles. Mais, en 1898, on s'est aperçu que l'on pouvait utiliser les déchets pour les agglutiner et mouler en feuilles de « micanite », remplaçant le mica naturel dans divers cas. On a alors repris les anciens tas de déblais. En outre, on a appris aux enfants à cliver les plaques épaisses et ils ont rapidement acquis, dans ce travail, une habileté extrême.

En 1902, le Bengale tenait la tête pour la production avec 600 t. valant 2.000 fr. la t. ; puis venait Madras avec 300 t. valant 1.800 fr. En 1905, le Bengale a produit 730 t. et Madras 420 ; cette année-là, il y avait

[1] Voir p. 118. — Cf. 1899. A.-M. Smith. *Extraction du mica au Brésil* (Engineering, p. 293 et 294 ; Cf. Z. f. p. G., 1899, 226). — 1902. Th.-H. Holland. *The mica deposits of India* (Mem. India, t. XXXIV, part. 2; VIII, 122 p. et IX pl., avec bibliog., p. 112 à 114). — 1905. Holland. *Mineral prod. 1898-1903* (Rec. India, XXXII, p. 63 à 69). — 1909. L. De Launay. *L'industrie du mica dans l'Inde* (La Nature, 17 juillet, n° 1886).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

87 mines dans la présidence de *Madras* (Nellore), où le prix moyen a été de 3500 fr. la t. Mais les carrières mal exploitées s'épuisent vite. Dans le *Bengale,* on n'extrait plus que du mica de qualité inférieure valant 1.600 fr. la t. A Hazaribagh (Chota-Nagpur), principal centre de ce district, on en a extrait 500 t. en 1905. Enfin, dans le Rajputana, il existe une petite mine à Ajmer. Le Mysore et Ceylan renferment également des gisements non utilisés. Le nombre des ouvriers employés aux mines a été de 9 à 10.000 dans ces dernières années. Ils sont très adroits pour découvrir les veines très irrégulières et généralement minces de pegmatite.

Le principal centre d'exploitation du mica dans le Bengale est situé dans des districts d'*Hazaribagh* et *Gaya* entre 85 et 86° de long. et 24 à 25° de latitude.

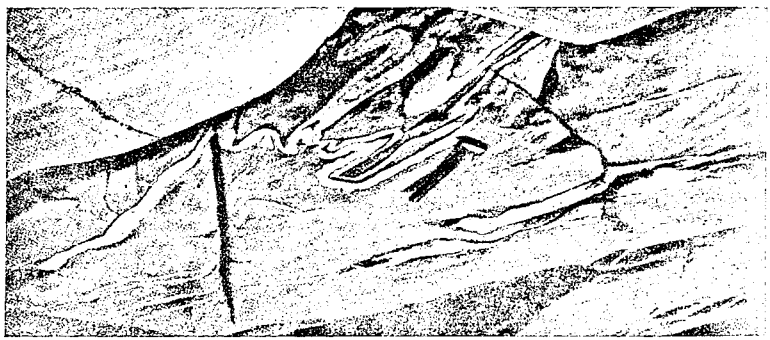


Fig. 75. — Vue montrant l'aspect sinueux des veines de pegmatite à mica.

On a là un massif de gneiss, micaschistes, amphibolites et quartzites, de direction E.-W., avec pendage Nord, que traversent de nombreux filons de pegmatite ayant une tendance à s'interstratifier (fig. 75). La présence des pegmatites à mica paraît en relation avec le phénomène intrusif qui a transformé des sédiments en gneiss. On a cru remarquer un certain rapport entre la composition des filonnets et celles des roches encaissantes : développement du quartz dans les quartzites, de l'orthose dans les gneiss feldspathiques, du mica dans les micaschistes. Cette relation, bien problématique, n'est pourtant pas impossible, étant donné les substitutions qui ont dû contribuer à faire entrer, dans la composition de la pegmatite, les éléments du terrain qu'elle traverse. La tourmaline, la cassitérite et la columbite apparaissent comme éléments accessoires, naturels à prévoir dans ce genre de roches. On trouve, en outre, assez fréquemment de la fluorine, de l'apatite, de la triplite, et les autres satellites ordinaires des granulites, tels que la pechblende. Les micas sont surtout de la muscovite, accessoirement de la biotite et du lépidolithe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On peut étudier, à ce propos, les conditions générales, dans lesquelles se présentent les gisements de mica industriels. Ces conditions sont assez rarement réalisées; car il faut, d'abord, rencontrer les grosses veines de pegmatite (quartz et feldspath) à mica, qui ne se développent guère que dans les micaschistes; il faut, en outre, que la région n'ait pas subi les mouvements de dislocation, si fréquents précisément dans ces massifs primitifs : dislocations, par lesquelles a été d'ordinaire brisée cette substance fragile, dont la valeur tient uniquement aux grandes dimensions des cristaux.

La localisation habituelle des grandes feuilles de mica au milieu des micaschistes est un fait à noter. D'une façon générale, on peut, d'ailleurs, remarquer que les cristallisations de minéraux et de minerais, habituellement liés à la présence des granulites, n'ont d'ordinaire pris un développement notable que le long des schistes encaissants ou des enclaves schisteuses, probablement parce que ces schistes ont provoqué une accumulation des éléments minéralisateurs. L'allure des veines de pegmatite dans ces schistes accuse le dépôt d'une substance fluide tenant le milieu entre les roches ignées proprement dites et les filons d'incrustation métallifère: d'un magma où les carbonates alcalins ont dû fortement intervenir. Ces intrusions pegmatiteuses avec mica ont suivi les interstices des feuillets schisteux, en prenant naturellement un développement particulier là où il y avait plissement, ou encore rencontre d'une cassure transversale : fait expérimental, dont les mineurs indous tiennent grand compte dans leurs recherches. Mais, parfois aussi, des noyaux de pegmatite semblent s'intercaler dans les feuillets sans qu'il y ait courbure de ceux-ci au voisinage, comme s'ils s'étaient substitués à eux.

Lapis lazuli. — Ce minéral, autrefois plus connu sous le nom d'outremer, a été exploité jadis comme matière colorante ; mais, depuis la découverte des bleus Guimet en 1828, il ne sert plus que comme pierre d'ornement. C'est, on le sait, une sorte de feldspath sulfaté, qui passe pour devoir sa couleur à du sulfite de soude et de fer.

Les gisements sont exclusivement asiatiques. Nous en avons déjà cité une mine principale dans ce coin N. E. de l'Afghanistan qui se nomme le Badakchan, à *Firgamu*, par 36°10 de lat. et 71° de long : mine aujourd'hui à peu près abandonnée, mais qui fut très considérable et que Marco-Polo cite déjà comme célèbre. La roche encaissante est là un calcaire blanc ou veiné au milieu des phyllades, dans lequel on trouve le lapis par masses compactes avec de la pyrite et du mica. On a exploité par galeries souterraines. Les variétés indigo se nomment *nili*, les bleu de ciel *asmani*, les vertes *sabzi*.

Un gisement analogue a été signalé en 1841 par Irvine dans les *Nagpahar hills* de l'Ajmir, également en association avec les pyrites.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ce sont, très probablement, ces sulfures qui ont donné les sulfates et sulfures sodiques caractéristiques de la composition du lapis, par un métamorphisme assimilable à celui qui, ailleurs, a produit l'alunite aux dépens des feldspaths dans les filons de la campagne romaine.

GRAPHITE[1]

Si, comme il est à tous égards naturel de le faire, on rattache, en dépit des divisions administratives, l'île de Ceylan aux Indes britanniques, nous trouvons là le principal gisement de graphite dans le monde, au sujet duquel nous avons publié autrefois un travail que nous demandons la permission de reproduire ici. La péninsule indoue contient, en outre, dans le Sud, à Travancora, un gisement très analogue, et associé à une série de roches d'origine assimilable, parmi lesquelles on a considéré, comme ayant une importance spéciale, ces granites à hypersthène que M. Holland a appelé des charnockites.

Ces graphites de Ceylan sont, comme on l'a vu plus haut[2], aussi intéressants par leur valeur industrielle que par leurs conditions géologiques. Ils fournissent des quantités exceptionnelles de graphite pur à 90 p. 100 et tel qu'on n'en avait auparavant trouvé qu'en Sibérie[3].

[1] L. De Launay. *La géologie du graphite* (Ann. d. M., janv. 1903). — Voir, comme périodiques, la *Ceylon Government Gazette*, le *Journal of the Ceylon Branch of the Royal Asiatic Society*. — Cf. 1832. Jameson, R. *On the Graphite, or Black Lead of Ceylon* (Edin. New. Phil. Jour., XIII, 346). — 1848. Middleton, J.-E. *On the useful ores and earths of Ceylon* (Mad. Jour. Lit. Sci., XV, 202-204). — 1860. P. Tennent. *Ceylon, on account of the island*, London. — 1860. Richtofen. *Bemerkungen über Ceylan* (Z. d. Geol. Ges., XII, 523). — 1887. Sandberger. *Beitrag zür Kenntniss des Graphits von Ceylan* (Neues J. Min., II, 12). — 1889. Lacroix. *Contrib. à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernérite*, chap. VII, p. 198 : *Ceylan et Salem* (Bull. Soc. Fr. Min., XII, 282 ; thèse de doctorat, 280 p. et 1 pl.). — 1889. Walther. *Graphitgänge im zersetzten Gneiss von Ceylan* (Z. geol. Ges., XII, 359) — 1891. *On veins of Graphite in decomposed gneiss (laterite) in Ceylon* (Rec. India, XXIV). — 1896. Zirkel. *Ceylon* (Vortrag geh. im Ver. f. Erdk. zu Leipzig am 5 Febr. 1896). — 1897. G. Melzi. *Sopra alcune roccie dell'isola di Ceylan* (Rend. Ist. lomb. Sc. Lettr. (2), 30). — 1898. M. Dierschе. *Beitrag zur Kenntniss der Gesteine und Graphitvorkommnisse Ceylons* (Jahrb. geol. Reichs., XXXVIII, 231). — 1898. Carl Ochsenius. *Methan, Bitumen, Asphalt, Antracit, Graphit, Diamant* (Z. f. p. G., p. 153). — 1898. E. Weinschenk. *Der Graphit, seine wichtigsten Vorkomnisse und seine technische Verwerthung* (C. R. dans Z. f. p. G., 1898, p. 432). — 1900. E. Weinschenk. *Zur Kenntniss der Graphitlagerstätten* (Z. f. p. G., p. 174). — 1900. Ernst Weinschenk. *Die Graphitlagerstätten der Insel Ceylon* (Abh. der k. bay. Ak. der Wiss., II, CLXXI, t. II, München). — 1900. Coomaraswamy. *On Ceylon rocks and graphite* (Journ. geol. Soc., London, 25 p.). — 1901. Holland. *The Charnockite series* (Mem. Geol. Surv., XXVIII, 1900, 126) et *The Sivamalai series* (Mem. Geol. Surv. India, XXX, 174). — 1907. Cirkel, Fritz. *Graphite, its properties, occurrence, refining und uses* (Canada, Dept. of Mines, Mines Branch, Ottawa, 20 pl., 8 cartes). — 1907. Coomaraswamy, A.-K. *Mineralogical Survey of Ceylon*, p. 14, 2 cartes et 2 plans.

[2] Voir page 116.

[3] Voir plus haut, page 524.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La description géologique des roches de Ceylan, donnée par M. Weinschenk dans un mémoire spécial sur les gisements de graphite, concorde, si l'on tient compte des divergences entre les deux classifications pétrographiques allemande et française, avec celle que M. Lacroix a publiée dans sa thèse sur les gneiss à pyroxène et roches à wernérite.

On est là en présence d'un remarquable complexe de terrains cristallophylliens, assimilable, dans l'ensemble, avec ceux de la Bretagne, du Plateau Central, de la Saxe, de la Norvège, etc. La série comprend : 1° comme termes acides, des gneiss à biotite et sillimanite avec andalousite exceptionnelle, des leptynites grenatifères (granulites allemandes) et des gneiss granulitisés à microcline, au milieu desquels les intrusions de granulites, au sens français du mot (c'est-à-dire de granites à mica blanc), paraissent fréquentes ; 2° comme termes basiques, des gneiss pyroxéniques et amphiboliques, des gneiss à anorthite (parfois avec wernérite) et des cipolins dolomitiques, souvent riches en chondrodite, spinelle, etc. Les venues intrusives de granulites et de pegmatites à minéraux sont fréquentes dans cet ensemble. C'est au milieu d'elles que l'on trouve, par exemple, cette variété d'orthose célèbre sous le nom de pierre de lune, puis des corindons, des micas blancs, accessoirement de la cassitérite, de la thorianite, etc.[1]. L'on a pu, avec quelque vraisemblance, leur attribuer un rôle dans la formation du graphite. On doit seulement se demander dans quelle mesure les leptynites, au milieu desquelles se trouve, comme nous allons le voir, le graphite, sont des gneiss granulitisés, ou, au contraire, des sédiments calcaires feldspathisés. La question, qui se pose également dans le Plateau Central, où il est déjà très difficile de la résoudre[2], est encore plus délicate, quand il s'agit d'une région aussi lointaine et, en réalité, aussi mal connue que Ceylan, d'autant plus que, dans cette île, la partie superficielle et visible des terrains est, presque toujours transformée en latérite.

Les principaux gisements de graphite exploités se trouvent dans la

[1] Voir des rapports de M. Coomaraswamy, directeur du Mineralogical Survey de Ceylan, dans la *Ceylon Government Gazette* (9 juin 1905, etc.). La cassitérite a été trouvée en échantillons minéralogiques dans des alluvions à Niriella (Ratnapura) ; la thorianite, également en petites quantités, dans des alluvions à Kondurngala, province de Sabaragamuwa. Cette thorianite, recherchée pour l'extraction du radium et de l'hélium, s'est vendue jusqu'à 43 fr. le kgr (Cf. Z. f. p. G., 1905, p. 431 et La Nature, n° 1705 du 27 janvier 1906 : *Gisements de thorium à Ceylan*). Nous avons déjà parlé du corindon, p. 710.

[2] Voir : *Les Roches primitives de la feuille de Brive* (Bull. Serv., Carte géol., n° 4, 1889). J'ai insisté, dans cette note, dont quelques remarques théoriques seraient à modifier, sur le mélange, dans ces terrains de leptynites, des actions intrusives et métamorphiques. A Ceylan, on remarque une grande homogénéité de structure, avec une grande variété de composition chimique, allant des aplites aux pyroxénites. C'est un peu le cas aussi dans la région de Tulle, et l'idée la plus logique est d'attribuer ce fait à l'influence notable des sédiments métamorphisés de nature diverse, parmi lesquels je serais porté à attribuer aux calcaires un rôle prédominant.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

région S.W., qui, reliée par des chemins de fer à Colombo, est plus facilement accessible ; mais l'Est, fort peu exploré, paraît en renfermer aussi. On cite : *Ragedare*, près de Kurunegala, point terminus d'un embranchement, qui quitte, à Polgahawela, la grande ligne Colombo-Kandy; puis *Ampe, Pushena, Humbuluwa.*

Ces gisements, ordinairement concentrés dans les leptynites grenatifères compactes et massives, mais recoupant également des pyroxénites, se composent, paraît-il, d'un véritable système de filons, associés avec des veines de quartz et présentant, en moyenne, une certaine orientation vers le centre du massif. Dans ces filons très irréguliers, on trouve, tantôt des poches de plusieurs tonnes, tantôt de très étroites veinules. Le graphite, ayant mieux résisté à l'altération que les roches feldspathiques, apparaît dès les affleurements, mais alors terni et de peu de valeur; à 5 ou 6 m. de profondeur, il reprend son éclat. C'est, d'habitude, un minéral foliacé à grands éléments et très pur. Ces éléments, comme dans la plupart des filons de graphite, sont normaux aux épontes ; ils atteignent 20 cm. et laissent parfois entre eux un vide, comme dans un filon géodique, ou sont réunis par du graphite de formation postérieure. Les éléments normaux aux épontes se recourbent souvent dans l'axe ou sur les salbandes, et se rassemblent en une masse compacte ; certains fragments doivent à ces zones un aspect de bois carbonisé, qui leur a fait attribuer, sans aucune raison, une origine organique. Des mouvements postérieurs ont parfois réouvert les filons au milieu, parfois ont amené des déviations le long des épontes. Enfin, l'on a des apparences de stockwerk, où des veines d'un centimètre cimentent des morceaux de leptynite. Tel est, notamment, le cas dans certains blocs, où le graphite affecte une structure radiée autour de granulite éruptive. Ces veines graphiteuses traversent nettement les éléments de la leptynite, tels que le quartz et le feldspath, ou, ailleurs, ceux de la pyroxénite. Il est, du reste, frappant que la leptynite elle-même ne soit pas graphiteuse, et que l'on passe brusquement du filon de graphite à la roche stérile.

Comme corps accessoires, on a signalé l'abondance du rutile, de grands cristaux d'augite et de la pyrite en concrétions faciles à trier du graphite, ce qui contribue à la valeur de celui-ci. Enfin, un minéral, qui, au premier abord, semble s'accorder moins naturellement avec l'idée d'une origine filonienne profonde sans remise en mouvement secondaire, est la calcite, dont les cristaux englobent souvent des concrétions rondes d'environ 1 cm. et demi à 2 cm. de graphite très bien cristallisé, ainsi qu'on le constate également à Ticonderoga dans l'état de New-York, et qui paraît là à peu près contemporaine de la formation du graphite. Le rôle de la calcite dans les filons métallifères, la proportion suivant laquelle elle a pu être empruntée aux roches encaissantes, ou, au contraire, être produite par une oxydation partielle des carbures

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'hydrogène en profondeur, sont des problèmes trop obscurs encore pour être traités ici incidemment ; en tout cas, le caractère de cette association à Ceylan demanderait auparavant à être précisé.

Pour M. Weinschenk, qui est extrêmement affirmatif dans ses conclusions, il ne fait pas de doute que de semblables filons graphiteux soient dus à un dégagement interne de fumerolles. Son opinion paraît très plausible d'après l'ensemble des faits qu'il a décrits. Il se fonde, toutefois, sur la présence de certains éléments oxydés, tel que le kaolin et la nontronite, dans une zone très mince au contact immédiat du filon, pour affirmer que ce dégagement n'a pu s'opérer en milieu réducteur de carbures d'hydrogène et faire intervenir des composés d'oxyde de carbone, ou carbonyles. Cette dernière conclusion ne me paraît nullement nécessitée par l'existence des minéraux altérés et surtout du kaolin, qui, pour moi, est dû, comme j'ai déjà eu plus d'une occasion de le rappeler, à un phénomène secondaire et superficiel d'altération, tout à fait indépendant de la formation du graphite. Si l'on rencontre du kaolin en abondance spéciale auprès de ces veines graphiteuses, comme cela arrive souvent au contact des filons métallifères, c'est uniquement parce que la circulation des eaux de surface s'est trouvée facilitée sur ces plans de joint, où des substances pyriteuses ont pu, en outre, intervenir.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXX

RICHESSES MINÉRALES DE LA PRESQU'ILE DE MALACCA, DU SIAM ET DE L'INSULINDE [1]

Dans la première partie de cet ouvrage, au chapitre XVIII, nous nous sommes attachés spécialement à montrer l'unité tectonique et, par conséquent, métallogénique, de ce vaste ensemble, qui comprend, outre la presqu'île de Malacca et le Siam, nos possessions françaises de l'Indochine et les provinces chinoises immédiatement contiguës. Nous avons même

[1] 1844, *Gold mines at Malacca.* (Cal. Journ. Nat. Hist., IV, 539.) — 1847. Low. *Notes on the Geological features of Singapore and some of the Islands adjacent* (Journ. of the Indian Archipelago, Singapore, I, p. 83-100). — 1848. J.-R. Logan. *Sketch of the physical Geography and Geology of the Malay Peninsula* (Journ. of the Indian Archipelago, Singapore, II, p. 179-217). — 1848. *On the metalliferous deposits of the Malay Peninsula* (Edin. New. Phil. Journ., XLV, 332-335). — 1851. J.-R. Logan. *Notice on the Geology of the Straits of Singapore* (Quart. journ. Geol. Soc., VII, p. 310-344; carte). — 1865. Van Diest. *Bangka beschreven in Reistogen* (traduit en anglais par Le Neve Foster, 1867). — 1879. Reyer, E. *Zinn in Birma, Siam und Malakka* (OEsterr. Zeitschr. Berg. Hütt., p. 563). — 1879. Reyer, E. *Banka und Billiton* (OEsterr. Zeitschr. Berg. Hütt., XXVII, p. 384-385 ; Nature, vol. XX, p. 624). — 1879. Doyle, P. *On some Tin Deposits of the Malay Peninsula* (Quart. Journ. Geol. Soc., XXXV, 229-232). — 1879. Doyle, P. *Tin mining in Larut*, in-8°, London. — 1882. J. Errington de la Croix. *Les mines d'étain de Pérak* (Arch. des Mis. sc. et lit., 3e sér., IX, 80 p. et 13 pl.). — 1883. J. Errington de la Croix. *Le royaume de Pérak* (Bul. Soc. Géogr., 7e sér., IV, p. 333-352; cartes). — 1884. J.-E. Tenison-Woods. *Geology of the Malayan Peninsula* (Nature, XXX, 76, cf. ibid., XXX, 264, et 1886, XXXIII, p. 231-232). — 1886. J. de Morgan. *Note sur la géologie et sur l'industrie minière du royaume de Pérak et des pays voisins* (Ann. des Mines, 8e sér., IX, p. 368-444, pl. VIII-X). — 1886. Hale, A. *On mines and miners in Kinta, Perak* (Journ. Straits As. Soc., p. 303-320). — 1886. Th. Posewitz. *Die Zinninseln im Indischen Oceane* (J. d. kgl. ungar. geol. Anstalt, VIII). — 1887. Th. Posewitz. *Das Zinnerzvorkommen und die Zinnerzgewinnung in Bangka.* — 1888. Roemer. *Ueber das Zinnstein Vorkommen auf Banca und Billiton* (Jahresber. der Schles. Ges. f. Vaterl. Cultur, t. LXVI, Breslau). — 1888. J. Errington de la Croix. *Les mines d'étain de Sélangor (presqu'île malaise) et les concessions d'Ayer Itain.* — 1893. Fuchs et De Launay. *Gîtes métallifères*, II, 148 à 155 et bibl. — 1896. Henry Louis. *Les alluv. stann. de la presqu'île de Malacca* (Western Daily Mercury, mars 1895 ; C. R., Z. f. p. G., 1896, 233 et 271). — 1897. R.-D.-M. Verbeck. *Geologische Beschrijvning van Bangka en Billiton* (Jahrbock van het Mijnwesen in Nederlandsch. Oest Ind., avec 9 feuilles de cartes; analysé par R. Beck dans la Z. f. p. G., 1898, p. 121 à 127, 1899, p. 134-136). — 1898. H. Warington Smyth. *Journeys in the Siamese Coast States* (Geogr. Journ., XI, p. 465-492; carte). — 1901. R.-B. Newton. *Geological Litterature of the Malay Peninsule* (Geol. Mag. Dec. 4, VIII, p. 121-135). — Suess. (*Loc. cit.*, I, 592, III, 30.) — 1904. *Zinnproduction und Zinnverbrauch der Welt* (Z. f. p. G., p. 109). — 1904. J.-G. Bousquet. *Les richesses minérales des Indes orientales néerlandaises* (Mém. Soc. Ingén. civils, avril, 62 p., carte).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

été amenés à faire rentrer alors, dans notre description, l'archipel Malais. Les caractères généraux, sur lesquels nous avons insisté et dont nous devons nous souvenir maintenant, sont les suivants. Ces régions ont subi, vers l'époque carbonifère et permo-triasique, des mouvements importants, accompagnés de manifestations ignées, qui peuvent les faire rentrer, pour la plus grande partie, dans le groupe des chaines que nous appelons ici hercyniennes, et dont nous avons déjà eu l'occasion d'énumérer les conditions métallogéniques les plus caractéristiques. Ultérieurement, il y a eu une longue période d'émersion continentale et, par conséquent, d'érosion, de mise à nu des magmas profonds : période qui, d'abord, s'est accompagnée de quelques sédimentations terrigènes, saumâtres ou lagunaires, et plus exceptionnellement, surtout quand on remonte vers la Chine, de dépôts marins localisés. Puis, ces sédimentations mêmes ont complètement cessé à partir du jurassique moyen, sauf certains remplissages de bassins lacustres vers le pliocène.

Dans la dernière période, les terrains ont subi des mouvements orogéniques, qui se sont manifestés, suivant les zones, avec plus ou moins d'intensité et avec des caractères différents, entraînant, dès lors, des localisations métallogéniques. Sur certaines zones faibles, il y a eu production de véritables chaînes plissées tertiaires. Nous en avons déjà étudié un cas en Birmanie ; l'archipel Malais en présente plusieurs autres spécimens, que nous avons soigneusement distingués.

Presque partout ailleurs, les mouvements se sont bornés à la production de grandes ondulations très amples avec flexures, qui ont pu cependant être accompagnées de cassures métallisées, comme cela s'est produit un peu partout dans le monde pour les voussoirs hercyniens tronçonnés par le choc des plissements alpins. Nous rattacherons hypothétiquement à ce mode de formation la zone mercurielle si caractéristique du Kouei-tchéou.

Enfin, sur certaines zones déjà plissées par les mouvements antérieurs, les mouvements tertiaires se sont à leur tour accumulés sous la forme de plissements nouveaux comme dans la région montagneuse de l'Ouest du Sé-tchouan. Pour ne pas donner à ce chapitre des dimensions trop étendues, nous établirons, dans ce groupe à peu près homogène, deux subdivisions : 1° chaîne stannifère de Malacca et archipel Malais, étudiés ici ; 2° Indo-chine française et provinces méridionales de la Chine (réservées pour le chapitre XXXI).

Dans la chaîne dite de Malacca (Birmanie, États confédérés, Bangka et Billiton), par laquelle nous allons donc commencer, la caractéristique métallogénique est, avant tout, l'abondance de l'étain. On peut seulement ajouter, à titre accessoire, l'existence d'un peu d'or, et celle de pierres précieuses, liées aux roches cristallines, dont l'étain est lui-même le satellite, comme les rubis et saphirs de Birmanie et du Siam. L'étain, dont la présence, très fréquente sur toute la longueur de la zone en ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

moment considérée, marque son unité, en même temps qu'il constitue sa richesse, y est toujours dans les mêmes conditions, lié aux roches granitiques relativement superficielles, souvent appelées en France granulites, que caractérisent l'isolement des quartz, la présence fréquente du mica blanc et, plus généralement, l'abondance des principes minéralisateurs.

BIRMANIE [1] (Étain).

Nous avons déjà signalé [2] l'apparition de cette zone stannifère dans le *Karenni* des Southern Shan States et dans la Birmanie méridionale, autour de *Ténasserim* et de *Mergui*. Ces deux districts, quoique donnant lieu à une petite production, sont sans importance économique à côté de ceux que nous allons envisager ; mais ils sont intéressants comme marquant l'extension vers le Nord de la traînée stannifère que nous allons voir prendre un tel développement dans la région des Détroits. Et la remarque est particulièrement frappante si l'on se rappelle le rôle tout à fait insignifiant joué par l'étain dans tous les autres pays jusqu'ici considérés [3]. Cet étain du Ténasserim est associé avec un greisen analogue à celui de Saxe, dans des veines qui contiennent, en même temps, du wolfram comme dans tous nos districts stannifères des chaînes hercyniennes européennes.

Plus au Sud, du 5e au 6e degré, le pays de *Kédah*, qui appartient au Siam, est également dans les mêmes conditions stannifères.

Après quoi, vient le groupe anglais des *Détroits* (Straits Settlements), étudié dans un paragraphe suivant, qui comprend, dans la presqu'île de Malacca, les petits états de Pérak, Sélangor, Négri Sembilam et Pahang, confédérés sous le protectorat de la Grande-Bretagne ; et l'on atteint les îles hollandaises de Bangka et de Billiton, auxquelles on peut rattacher encore la présence d'un peu d'étain à Bornéo [4].

Les conditions de gisements, dans toutes ces régions, qui tiennent la tête de la production mondiale, sont, comme nous allons le voir, tout à fait analogues.

[1] 1872. Fryar, Mark. *Report on some mineraliferous localities of Tenasserim* (Ind. Economist, IV, 42-43). — 1873. Theobald, W. *Stray notes on the metalliferous resources of British Burma* (Rec. Geol. Surv. Ind., VI, 90-95). — 1882. Fryar, Mark. *Report on some mineraliferous localities of Tenasserim* (Burma, p. 413-444). — 1882. Theobald, W. *Stray notes on the metalliferous resources of British Burma* (Burma, 406-413). — 1882-1883. Theobald and Mason, F. *Burma, its people and productions*, 2 vol. in-8°, Hertford (Geology and Mineralogy, vol. I, p. 1-15). — *Burma* (Papers on the Geology and minerals of British Burmah, reprinted by ordre, etc., in-8°, Calcutta, 1882).

[2] Page 694.

[3] Voir seulement : p. 531, sur l'étain en Sibérie ; p. 637, 652 et 653, sur l'étain en Arménie ; p. 661, sur la Perse ; p. 692, 714 et 717, sur l'Inde et Ceylan et la table de l'étain, p. 790.

[4] Voir, page 126, sur les conditions industrielles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

En deux mots, on a partout des terrains précarbonifères métamorphisés par le granite, avec production, dans les zones stannifères, de cette sorte de roches spéciales, pauvres en feldspath, riches, au contraire, en quartz et mica blanc avec minéraux accessoires, topaze, cassitérite, etc., que l'on appelle des greisen. C'est dans le voisinage immédiat de ces greisen que se trouvent toujours les veines et filons stannifères, dont proviennent à leur tour, d'abord des gisements remaniés sur place ou éluviaux, puis des terrains de transport alluvionnaire à courte distance, qui constituent la plus grande partie des exploitations.

SIAM (Or, rubis).

Nous avons fort peu de choses à dire sur les richesses minérales du Siam, qui sont mal connues. Si nous laissons de côté la fraction de ce pays qui s'intercale entre les possessions anglaises de la presqu'île de Malacca et qui contient, comme celles-ci, un peu d'étain (Kédah), nous n'avons guère à signaler que des gisements d'or ayant donné lieu à plus de spéculations que de résultats industriels (Watana, etc.)[1] et des mines de rubis, saphirs, etc., situées près de Chantaboun [2].

Il existe, dans la région Sud du Siam, au voisinage du Cambodge, quelques mines de pierres précieuses, dont le marché est à Chantaboun. Celle de *Painlinh*, la plus connue, qui produit des saphirs, est exploitée par environ 4.000 hommes.

Navong, au Sud-Est de Chantaboun, à peu près à mi-chemin de Krat, produit moins de saphirs, mais plus de rubis. Ce point s'est beaucoup développé en 1906 et on y compte maintenant 3.000 travailleurs.

Nous noterons de suite, à cette occasion, pour n'avoir plus à y revenir, un gisement de saphirs, qui a été prospecté, vers 1890, par des chercheurs birmans, beaucoup plus au Nord, vers le 20e degré, sur la rive gauche du Mékong, à *Xien-khong*. On aurait produit là, dit-on, en 1892-93, 25.000 carats, ou 5,3 kgr. de gemmes, correspondant, d'après des affirmations qui demanderaient à être vérifiées, à 125 carats par tonne d'alluvions.

ÉTATS CONFÉDÉRÉS [3] (Étain et or).

Le long de la côte Sud-Ouest de la presqu'île s'étend une chaîne montagneuse, formée de schistes et de grès traversés par du granite,

[1] Coll. École des mines, n° 1224. Or de K'Thong et K'Loi ; n° 1798 et 2730, or de Kabin. Certains échantillons de ce dernier gisement contiennent des grenats à curieuses anomalies optiques. — 1891. *Mines d'or du royaume de Siam* (Watana, Sakoo, 36 p., in-8°, chez Chaix). — 1894. Bel. *The goldfields of Siam* (66 p., in-4°).

[2] 1896. *Edelstein Gewinnung in Siam* (Z. f. p. G., 280). — 1899. Z. f. p. G., p. 30. — 1906. La Nature, n° 1749, 1er décembre.

[3] Voir la planche IV et la figure 76. — Coll. Éc. des m., nos 1561, 1562, 1563, 1804 et 1947.

BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avec, parfois, un calcaire grenu (ouralo-permien) discordant sur la formation des schistes. Les minerais d'étain les plus utilisés sont les alluvions et l'on a été longtemps avant de trouver des filons, par la description desquels il est cependant logique de commencer.

D'après M. Burthe, le premier gisement filonien, découvert dans la presqu'île de Malacca, aurait été trouvé, en 1889, au lieu dit Mahlembu, état de Pérak, district de Krista. En 1890, on a découvert les filons de Guntang, Kékak, Kliang-Baru, Pétai-Chabang-Pernibilan et Cleydang. Depuis, les trouvailles de ce genre se sont multipliées, d'autant plus que, suivant une remarque très générale, déjà rappelée par nous précédemment, les minerais alluvionnaires, aussi bien l'étain que l'or, se rencontrent d'ordinaire à une distance assez faible de leur origine et parfois même sont restés sur le terrain même dont ils proviennent : ce qui facilite les recherches.

Les filons, que nous venons d'énumérer, sont, pour la plupart, encaissés dans les calcaires (ouraliens) en contact avec la granulite. Celui de Pétai est dans la granulite même. D'autres, ailleurs, sont interstratifiés dans les schistes métamorphisés. Les filons encaissés dans le calcaire sont irréguliers, comme toutes les métallisations que l'on rencontre dans ce genre de terrains. Ils présentent d'assez fréquents branchements. Leur épaisseur peut atteindre 1 m. à 1,80 m. Le filon de Pétai, encaissé dans la granulite, est plus régulier et a pu être suivi sur 80 m. de long. Partout on trouve l'étain à l'état de cassitérite disséminée dans une gangue quartzeuse, avec accompagnement de quelques sulfures métalliques, dont les principaux sont la pyrite de fer, le mispickel et la pyrite cuivreuse. Habituellement, l'oxyde d'étain est si fin et si intimement mélangé aux pyrites, qu'il faut griller, puis laver ces minerais sulfureux, pour le reconnaître. On rencontre cependant aussi des grains de cassitérite atteignant la grosseur d'une fève, et, tout à fait exceptionnellement, à Pétai, on a eu quelques blocs de cassitérite presque pure pesant jusqu'à 100 kgr. Ailleurs (Mahlembu), on a pu trier des minerais rendant 10 p. 100 d'étain. La pyrite de cuivre est assez fréquente, comme cela se produit dans tant de gisements stannifères (Cornwall, Bolivie, Yunnan, etc.), mais peu abondante. On l'estime à peine à 1 à 2 p. 100. Ces gisements pyriteux ont été d'ordinaire oxydés, avec formation d'hématite à la surface.

Il en est résulté, par un remaniement sur place, auquel on a donné le nom d'éluvial, des minerais d'un type assez particulier, qui méritent une mention spéciale, d'autant plus que nous en retrouverons bientôt l'équivalent dans le Laos. D'après une description de M. Phillipps Louis, ces gisements se trouvent sur les deux versants de la chaîne malaise, en particulier à Bukit-Ébu, près de Kernai, et à Dreda et Goa Tumbus, dans le Jalor. Là, on a des sables quartzeux riches en cassitérite, cimentés par de l'hématite qui résulte manifestement de l'altération de la pyrite

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

et du mispickel, compagnons ordinaires de l'étain. Ces masses, reposant sur le granite, sont assez dures pour qu'il faille les passer au pilon avant de les laver. On les exploite dès que leur teneur dépasse 1 p. 100 de cassitérite. Mais, par endroits, on atteint des teneurs beaucoup plus élevées. Un de ces gisements, au voisinage duquel il existe de la galène, renferme, avec la cassitérite, des minerais altérés de plomb, anglésite, cérusite, pyromorphite, mimétèse.

Enfin, les alluvions stannifères se rencontrent dans la plupart des vallées : notamment, sur la côte Ouest, dans les états de Pérak, Sélangor et Sounjei-Ujong ; puis, à l'intérieur, dans les états de Jélébu et de Négri Sembilan ; enfin, sur la côte Est, dans l'état de Pahang.

Errington de la Croix a donné, des alluvions stannifères de Pérak, une description, à laquelle nous emprunterons quelques détails.

Les plus riches gisements sont au débouché, dans la plaine, des ravines qui sillonnent la montagne et jusqu'à 1 km. de la montagne. Après quoi, l'appauvrissement, quand on s'éloigne de la montagne, est rapide. La région stannifère présente, comme d'habitude, des grains plus gros, mais moins bien préparés mécaniquement et moins réguliers, près de son origine, puis des couches à teneur moindre, mais plus constante. Naturellement, la teneur varie beaucoup suivant les points ; mais elle est rarement aussi forte qu'on se l'imaginerait d'abord d'après l'antique réputation du pays. C'est surtout son extension qui fait sa valeur.

A la surface, on trouve, d'abord, une couche de terre végétale et d'alluvions pauvres, que l'on a parfois enlevée sur 24 m. de puissance, mais qui, plus généralement, est moindre (7 à 8 m. à Pérak). Au-dessous, vient l'alluvion utilisable. Par exception, en un point, à Sorakai et Kinta, dans l'état de Pérak, on aurait, d'après H. Louis, trouvé 24 m. d'alluvion stannifère exploitable à près de 1 p. 100 sous 6 m. de stérile. Ce sont là des conditions anormales ; 2 à 3 m. d'épaisseur utile sont des conditions déjà très favorables ; 1,20 à 1,50 m. est une moyenne convenable, et, généralement, quand l'épaisseur augmente, la teneur moyenne diminue. En profondeur, on a l'habitude de s'arrêter à une couche d'argile blanche, qui représente la kaolinisation sur place du bed-rock granulitique. Quant à la teneur, elle peut atteindre 6 p. 100, mais aussi descendre au-dessous de 1 p. 100. Voici quelques chiffres : Kong-Loon, 0,93 p. 100 d'étain ; Toualan-Lengo, suivant les centres, 1,44, 1,80 et 5,46 p. 100. Dans toute la vallée de Lahat, la teneur se tient autour de 1 p. 100.

Les points les plus exploités du district de Pérak étaient, il y a quelques années : au Nord, les territoires de Soungi-Kréan et Sélama, sur la frontière de Kédah, la région de Laout, les deux régions du Haut et du Bas-Pérak, et enfin celle de Soungi-Slim.

La même région présente, en association métallogénique avec l'étain, d'autres métaux que nous sommes habitués à trouver dans le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

même groupe, et, en particulier, l'or qui n'est pas sans un certain intérêt pratique dans ce pays, puis le tungstène (wolfram ou schéelite).

Les principales mines d'or sont celles de *Raub* qui, en 1907, ont produit environ 470 kgr. d'or. Il existe de la schéelite au voisinage. Ailleurs, on a découvert du quartz de pegmatite aurifère avec mica blanc à Bukit. Cet or se trouve dans des filons de quartz pyriteux traversant parfois les granulites ou situés à leur voisinage [1].

BANGKA, BILLITON ET SINGKEP (Étain) [2].

Les îles de Bangka et de Billiton ont renfermé les gisements d'étain les plus importants du monde. On y exploite des alluvions, et les filons dont celles-ci dérivent. L'exploitation de Bangka a commencé en 1710. En 1896, Bangka a produit 5.200 t. d'étain; en 1908, 2.300 t. A Billiton, on a atteint 4.700 t.

Ces deux îles, assez accidentées, sont composées de grès et de schistes fortement redressés, sans doute précarbonifères, avec des massifs granitiques qui les traversent en les métamorphisant.

A Bangka et Billiton, les filons stannifères recoupent le granite et les schistes anciens. Dans le granite, il y a plutôt une sorte d'imprégnation partant de fissures que des filons proprement dits. Le granite, au contact, a subi l'habituel métamorphisme qui a produit un greisen renfermant de la cassitérite et de la topaze. Les filons eux-mêmes contiennent, en dehors de la cassitérite, ses satellites habituels, de la pyrite, du wolfram, souvent de la tourmaline. Le spath-fluor est absent et la topaze exceptionnelle. On y signale la présence fréquente de la magnétite, sans qu'il soit bien précisé si cette magnétite est de formation originelle, ou se rattache aux altérations de surface, qui ont joué un très grand rôle. Dans cette dernière hypothèse, cette magnétite serait à rapprocher de l'hématite qui accompagne la cassitérite dans l'Annam, en Toscane (Campiglia Maritima), etc. La sidérose se présente parfois en même temps que la pyrite. De gros blocs stannifères, arrivant à peser 1.000 kgr., qu'on a trouvés dans la partie Est de Billiton, paraissent provenir d'un enrichissement aux affleurements, dont le processus demeure obscur.

Les alluvions ont généralement subi un transport assez faible. On les distingue en deux classes : 1° produits éluviaux ou sans transport, dits « Kulit », ou alluvions de montagne; 2° alluvions de transport, « Kollong », ou alluvions de vallée. La première catégorie résulte d'une destruction presque sur place et c'est là, naturellement, qu'on a rencontré les fragments les plus volumineux, notamment des masses de

[1] 1893. Becher. *On the gold quartz dep. of Pahang* (Malay peninsula) (Q. J.G. S., 49).

[2] Voir pages 49 et 128. — Coll. École des mines, nos 1510, Bangka et 1520, Billiton.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cassitérite de près d'une tonne, dont on ne trouve plus jamais l'équivalent sur les affleurements des filons actuels. Dans les alluvions des vallées, les roches détruites ont subi une préparation mécanique plus complète. Sur les coupes, on voit, à la base, le soubassement, avec son granite, ses schistes métamorphiques, ses quartzites et ses filons stannifères. La couche riche en minerai (kaksa) est immédiatement sur ce terrain de base qu'on nomme « kong », dans les conditions habituelles à tous les minerais d'alluvions, dont la couche riche recouvre toujours le bed-rock. Immédiatement au-dessus, vient un sable grossier, qui passe progressivement à un sable fin. Très rarement il y a, dans certains gîtes, deux lits d'alluvion riche séparés par des schistes. La kaksa contient parfois 2 à 4 p. 100, exceptionnellement même 10 p. 100 d'étain, plus ordinairement 0,80 à 1 p. 100. Elle est formée surtout de quartz, tantôt en grains, tantôt en gros blocs friables formant 80 à 95 p. 100 de la masse, avec de l'argile. On y trouve, en même temps, toute une série de minéraux denses ou durs, qui se sont concentrés avec l'étain : hématite, traces d'or, quartz, tourmaline, topaze, monazite, urane, cuivre natif, galène, obsidienne en sphères, etc. A Singkep, on a récolté un peu d'or, et, à Billiton, du wolfram. Le terrain stérile, qui recouvre l'alluvion, peut avoir 4 à 16 m. Quand on approche de l'embouchure des rivières, on a des sables beaucoup plus fins, qui ne renferment plus que de la poussière d'étain.

SUMATRA, JAVA, BORNÉO, CÉLÈBES, PHILIPPINES [1]

Il n'entre pas dans notre programme de donner une description détaillée des minerais compris dans toutes les îles de l'Océan Pacifique; mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer, les îles néerlandaises et les Philippines se rattachent de si près au continent qu'elles en forment, presque au même titre que le Japon, la suite immédiate.

L'étude géologique faite [2] précédemment nous a montré de quels

[1] G. Bousquet. *Les richesses minérales des Indes Orientales néerlandaises* (Bul. Soc. Ing. civils, avril 1904, 62 p. et 1 pl.). — Voir aussi, pour les généralités : *Annales des Mines des Indes néerlandaises*, publiées à La Haye jusqu'en 1899 et depuis, à Batavia. — Cf. 1899. Colet. *L'or aux Indes orientales néerlandaises*, Batavia, Kolff, 51 p. — 1901. Schmidt. *Observ. géol. à Sumatra et Bornéo* (B. S. G.F., 4e sér., t. I, p. 260-267). — 1902. W. Liebenam. *Vorkom. und Gewinn. von Gold in Nierderl., Ost. Indien* (Z. f. p. G., p. 227, p. 260 à 268). — 1902. Truscott. *Goldvork. und Bergbau in Holländish Ost Indien* (Süd-Afr. Wochenschr., p. 152-153, 171-172). — 1902. S.-J. Truscott. *Goldmining in Netherlands India* (Institution of Mining and Metallurgy, Londres). — 1903. R.-D. Verbeek. *Les mines d'or aux Indes néerlandaises* (Conf. à la Soc. de Géogr. de La Haye).

[2] Pages 337 à 342.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

éléments tectoniques se composaient ces lambeaux disjoints d'un ancien continent submergé. C'est, d'abord, des tronçons de chaînes anciennes, que nous avons qualifiés par extension d'hercyniens, avec terrains métamorphisés par le granite, où nous pouvons nous attendre à rencontrer les minerais ordinairement associés à la mise à nu des granites, tels que l'étain et accessoirement l'or, avec, plus exceptionnellement, des filons anciens du groupe plombo-zincifère. Les principaux spécimens de gîtes stannifères se présentent dans les petites îles, étudiées plus haut, de Bangka, Billiton, etc. ; on retrouve leur équivalent restreint à Sumatra et à Bornéo. Pour l'or, il est actuellement difficile de préciser quels gisements se rapportent à ce groupe hercynien, la plupart étant certainement de formation tertiaire : peut-être quelques uns au Sud de Bornéo.

En second lieu, nous avons, dans beaucoup de ces îles, des roches vertes serpentineuses, sur l'abondance desquelles nous avons déjà appelé l'attention. A celles-ci peuvent se rattacher les minerais de fer, chrome, nickel et platine qui les accompagnent si fréquemment. Pour rencontrer des masses importantes de nickel reliées aux serpentines, il faudrait atteindre la Nouvelle-Calédonie, dont nous ne parlerons pas ; mais nous signalerons le platine de Bornéo.

Enfin, les chaînes de plissement tertiaires, avec dislocations éruptives connexes, sont également très représentées et comportent de nombreux filons complexes, analogues à ceux de l'Ouest Américain, ou, plus près de nous, du Japon qui, encore mal connus, paraissent susceptibles de constituer un jour une richesse sérieuse et dont quelques-uns donnent déjà lieu à des travaux.

Rappelons seulement encore l'existence du pétrole qui, pour une cause quelconque, accompagne si fréquemment les chaînes de plissement récentes et que nous avons trouvé, dans un chapitre précédent[1], abondamment développé à Sumatra.

SUMATRA (Or, fer).

L'île de Sumatra, si on laisse de côté la houille et le pétrole déjà étudiés précédemment[2], ne contient guère, comme minerais métallifères, que les traces d'étain mentionnées sur la côte Est et un peu d'or dont il nous reste à parler.

Il est possible que, parmi les filons aurifères de Sumatra, quelques-uns soient reliés aux formations anciennes, dans les conditions des gisements stannifères, avec lesquels l'or est, dans tant de pays, si fréquem-

[1] Page 473.

[2] Pages 367 et 475. — Voir Coll. École des mines, n° 1512, Cuivre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

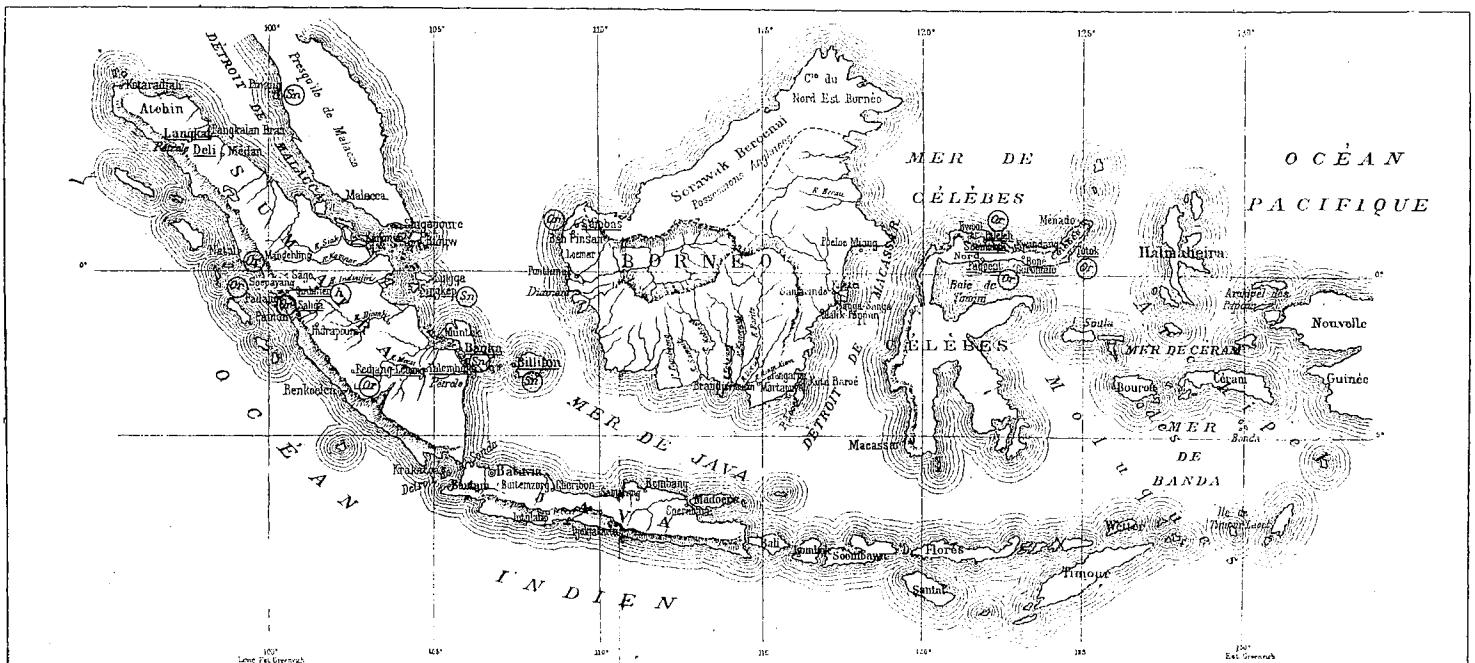


Fig. 76. — Carte minière de l'Insulinde.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment en relation. Mais la plupart d'entre eux semblent beaucoup plutôt appartenir au groupe des filons quartzeux auro-argentifères, qui accompagnent les roches éruptives tertiaires. On les trouve principalement le long de la côte Ouest. En suivant cette côte du Nord au Sud, on a, d'abord, les filons de *Mandehling,* près d'Ophir, et ceux de *Soepayang,* entre le volcan de Mérapi et le pic d'Indrapoura : tous deux encaissés dans les schistes métamorphisés par le granite, au voisinage ou au contact de dykes de porphyrites, et pour lesquels, par conséquent, l'âge, à défaut d'autres renseignements, peut rester en doute. Puis vient, beaucoup plus au Sud, le groupe de *Salida, Redjang-Lébong* et de *Lébong-Soelit,* où la relation avec les roches éruptives tertiaires est, au contraire, incontestable.

A *Salida,* près de Painan, on a fait, au XVIIe siècle, d'importants travaux sur un filon quartzeux auro-argentifère en relation avec des roches tertiaires[1].

Mais, de ces filons, ceux de *Redjang-Lébong* ont le plus d'importance industrielle. Très activement exploités autrefois par les indigènes, même en profondeur, ils ont donné lieu, depuis 1896, à une reprise industrielle, et l'on a extrait : en 1901, 2.760.000 francs d'or; en 1902, 2.860.000; en 1903, 3.840.000.

Le filon principal, situé au contact de phyllites, avec un dyke d'andésite au mur, est dirigé E.-W. avec pendage Nord de 50 à 70°. Il est reconnu sur 300 m. de long et sa puissance atteint souvent 5 m. Il est composé de quartz avec sulfures divers, pyrite, mispickel, chalcopyrite, stibine, contenant de l'or et de l'argent : le tout ayant subi l'oxydation ordinaire dans le « chapeau de filon » seul exploité jusqu'ici. L'or est toujours invisible. Dans ces parties hautes, il est, soit à l'état libre, soit associé avec l'argent dans la proportion de 1 à 10. Plus bas, il entre dans des combinaisons sulfurées complexes. On traite par bocardage, amalgamation et cyanuration ; mais l'amalgamation donne de moins en moins à mesure que l'on descend. La teneur a été, en 1901-1903, de 60 gr. d'or et 200 à 300 gr. d'argent à la tonne.

A 25 km. Ouest de Redjang-Lébong et peut-être sur le prolongement du même filon, on a installé, en 1901-1902, une petite batterie de 10 pilons.

En dehors de ces filons, qui nous intéressent surtout pour notre étude théorique, on a reconnu, en divers points de l'île, des alluvions, aujourd'hui pour la plupart épuisées, et l'on a même signalé d'anciens lits de rivières aurifères, recouverts par les basaltes ou par des alluvions plus récentes, qui peuvent un jour donner lieu à une exploitation profonde comme en Californie.

Dans le Sud de Sumatra (district de Lampong), il existe, d'autre

[1] 1895. CARTHAUS. *Mine d'argent de Tambang-Salida (Sumatra)* (Z. f. p. G., 240).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

part, au Nord-Est de la baie de *Telok Bélong* une formation ferrifère, qui, d'après une description de M. Müller-Herrings[1], peut présenter un certain intérêt. Au milieu de micaschistes décomposés s'intercalent des lentilles de magnétite siliceuse, qui semblent affecter une allure interstratifiée. Leur teneur en fer est d'environ 65 p. 100, avec traces de titane et 0,0008 à 0,002 de phosphore. Certaines de ces lentilles renferment un peu de chalcopyrite, qui s'est superficiellement altérée en malachite et qui, dans la zone de cémentation sous-jacente, arrive à donner une teneur locale de plus de 3 p. 100 de cuivre. Le cubage, qui en a été publié, évalue la quantité de minerai, sur 90 m. de haut au-dessus du niveau des eaux, à 50 millions de tonnes. On a considéré que ce gisement pourrait avoir un intérêt, comme objet d'exportation au Japon, où les minerais de fer sont, nous le verrons, peu abondants : ce qui force à alimenter l'usine de Wakamatsu[2] avec du minerai chinois ou coréen.

JAVA

Cette île riche et agricole, dont la population dépasse aujourd'hui 25 millions d'âmes, ayant quadruplé en quatre-vingt ans, n'a aucune industrie minière. On peut seulement y citer, à titre de curiosité, des sources thermales situées près de *Soerabaya*, d'où l'on a extrait, en 1901, 1054 kg. d'iodure de cuivre.

BORNÉO (Or, mercure, plomb, platine, diamants)[3].

Les gisements d'or de Bornéo se trouvent dans l'Ouest et le Sud-Ouest de l'île, où ils donnent lieu à d'abondantes alluvions. Quelques uns d'entre eux, notamment dans le Sud, pourraient, contrairement à ce que nous avons vu pour Sumatra, se rattacher à la formation ancienne en relation avec les granites et disséminée à leur voisinage dans les schistes encaissants. Cependant il faut remarquer que le groupe de Sambas, au Nord-Ouest, est dans une région affectée par des phénomènes tertiaires et contient, en effet, du cinabre, en même temps que de l'or.

Au Nord-Ouest de l'île, se trouve la plus ancienne concession minière

[1] 1909. Müller-Herrings. *Magneteisenerz in Sud-Sumatra* (Z. f. p. G., nov. 498, et 499).

[2] Voir pages 126, 160 et 401.

[3] 1892. Posewitz. *Bornéo, sa géologie et ses gisements* (traduit en anglais par Hatch). — 1894. Chaper. *800 km. à l'intér. de Bornéo* (Soc. de Géogr. commerc. et B. S. G. F.). — 1894. Schneiders. *Borneo in bergtechnischen Beziehung* (Z. f. p. G., 233). — 1900. G.-A.-F. Molengraaff. *Borneo expeditie. Geologische Verkenningstochten in Central Borneo* (1893-94), Leyde, 529 p., avec carte géologique et atlas, bibliog. — 1901. Gascuel. *Le diamant dans le Sud-Est de Bornéo* (Ann. des Mines, t. XX; C. R., Z. f. pr. G., 1902, 158). — 1902. S.-J. Truscott. *Goldmining in Netherlands India* (Inst. of Min. and Metall., London). — Coll. Ecole des mines, nos 1511, antimoine du Sararak, et 1536, étain.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de Bornéo, celle de *Ban-pin-san*, à 26 km. Sud-Est de *Sambas*, dans le sultanat de Sambas. On a trouvé, en ce point, des filons interstratifiés dans les schistes métamorphiques, et recouverts par des alluvions exploitées autrefois par les Chinois.

L'un deux est dirigé E.-N.-E. et contient une colonne riche de 15 m. de long et de 1 m. de puissance, que l'on a suivie sur 43 m. de profondeur. La teneur y a atteint localement des chiffres considérables de 100 gr. et plus à la tonne et un essai en petit, sur 260 t., a produit près de 90 fr. d'or à la tonne. Néanmoins on n'a pas donné suite à l'exploitation; mais on fait, dans la même région, un petit traitement hydraulique sur les alluvions de *Loemar*.

Il y a lieu de signaler, dans la même province de Sambas, la présence du cinabre avec stibine sur une chaîne tertiaire du *Haut Sikajam* [1].

Dans l'Ouest et le Sud de Bornéo, on est en plein massif ancien et il est donc très probable que les alluvions aurifères, constituant la principale richesse minérale de ces pays, viennent surtout des habituels filons-couches intercalés dans les schistes anciens métamorphiques. On lave de l'or, depuis longtemps, dans le bassin du Kapoeas et de ses affluents, le Melawi, l'Embahoe, le Mandai. Mais l'épaisse forêt tropicale y rend les recherches très difficiles. Vers le Sud, les alluvions, également connues sur les rivières Kahajang, Roenjan et Kapoeas Moeroeng, ont attiré l'attention sur quelques filons originaires.

Ceux qu'on a explorés en 1901 à *Kahajang* sur la rivière du même nom, sont : l'un dans les schistes au contact du granite, l'autre (à 70 m. du premier) dans le granite. Le premier, qui atteint 1 m. de puissance, contient des sulfures complexes de fer, cuivre, plomb et zinc, dont l'or argentifère s'est isolé dans les parties hautes par altération. Le deuxième, large de 0,30 m à 0,50, a été signalé comme très riche et a donné lieu à la construction d'une petite usine en 1902.

Comme richesse minérale de Bornéo, on a également signalé de la galène dans le Nord-Est, près de Bérau. Enfin on exploite couramment un peu de platine et de diamants dans des alluvions [2].

Ces diamants, dont l'exploitation était très prospère avant la découverte des mines du Cap, se trouvent exclusivement dans des lits de rivières : 1° à l'Ouest, dans la région de Landak, près de Pontianak; 2° au Sud-Est, de part et d'autre des montagnes de Tanah-Laloet, dans la région de Martapoera et dans les vallées qui débouchent sur la côte entre le Barrito et Poeloe-Laloet.

[1] 1884. J. Van Schelle. *Onderzoek near Cinnabar en Antimoniunglans in het Bovenstroomgebied der Sikajam-reviev* (Jaarb v. H. Mijnwezen in Ned. O. Indië. XIII, p. 123-149. — Suess (*loc. cit.*, 325).

[2] Fuchs et De Launay. *Gites métal.*, I, 31, avec carte et bibliographie. — 1893. Hooze. (Ann. des Mines néerlandaises). — 1901. Gascuel. (Ann. des Mines, t. XX).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les alluvions, qui reposent, soit sur le schiste, soit sur une argile rouge de décomposition, renferment, avec le diamant, les autres minéraux lourds ou durs, isolés par la même préparation mécanique : or, platine, corindon, rutile, magnétite, fer chromé et fer titané. On attache une certaine importance, comme indice favorable, à la présence du rutile.

CÉLÈBES (Or, cuivre, plomb)[1].

Les filons d'or de Nord-Célèbes ont spécialement attiré l'attention, en raison du souvenir qu'on avait gardé de très nombreuses exploitations indigènes; mais nous avons déjà eu l'occasion de dire[2] dans quelles conditions très spéciales se poursuivirent longtemps de force ces exploitations indigènes. Dans la période récente, on peut citer les exploitations de Soumalata, puis celles de Paléleh Totok et Dagoeat, dans le Nord de l'île.

Nous avons précédemment analysé la constitution de cette région, qui est, pour la plus grande partie, un horst ancien, avec terrains primaires métamorphisés par le granite, mais qui, d'autre part, a subi, des dislocations éruptives tertiaires très intenses, auxquelles les minerais métallifères semblent partout se rattacher, rentrant par conséquent dans le groupe des minerais complexes associés aux roches d'intrusion relativement superficielles, dont nous retrouverons des exemples au Japon.

Les excellentes descriptions qu'en ont données Molengraaff et Bousquet après un voyage fait en commun permettent d'en analyser les caractères.

La branche Nord, dirigée Est-Ouest, de l'île de Célèbes, a pour axe le Bolio-Houtou : montagne très abrupte, formée de granite amphibolique et tonalite, avec schistes métamorphisés, dans lesquels se sont développées quelques roches de contact curieuses, dont l'une formée d'épidote et de skapolithe. Quand on approche de la côte Nord, on trouve un brèche éruptive, dite de Vouboudou, qui renferme les filons d'or de *Soumalata* (ou Soemalata). Vers la côte Sud, on a des assises de conglomérats et de schistes, probablement tertiaires, à pendage Sud. De rares filons, tels

[1] 1889. Van Schelle. *Opmerkingen over de Geologie van den gedeelte der afdeeling Gorontalo* (Jahrb. v. h. Mijnwezen in Ned. O. India, XVIII). — 1901. Koperberg. *Verslagomtrent de gedurende het juni 1899 in de residentie Menado...* (Jaarboek v. h. Mynwezen, XXIX). — 1901. P. et F. Sarasin. *Entwurf einer geogr. geol. Beschreibung der Insel Celebes* (t. IV des Materialen zur Naturgeschichte der Insel Celebes). — 1902. Suess. *Loc. cit.*, 241, avec bibl. — 1902. Molengraff. *Ueber die Geologie der Umgegend von Sumalata auf Nord-Celebes und über die dort vorkommenden goldführenden Erzgänge* (Z. f. p. G., p. 249 à 257, avec cartes et coupes). — 1904. Bousquet. *Loc. cit.*, p. 41.

[2] Pages 129 et 339.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

que celui d'Obapi, ont été trouvés sous la forme de veines sans continuité dans ces conglomérats. Mais les véritables filons exploités sont en relation avec des dykes de porphyrite andésitique à hornblende qui recoupent la brèche et les tufs associés.

Quand on examine cette brèche, on la voit formée de blocs anguleux ou émoussés, mais non roulés, analogues à ceux des brèches éruptives normales, avec quelques intercalations de tufs stratifiés. Des cassures, dont la direction moyenne est Nord 55° Ouest, ont été suivies par une

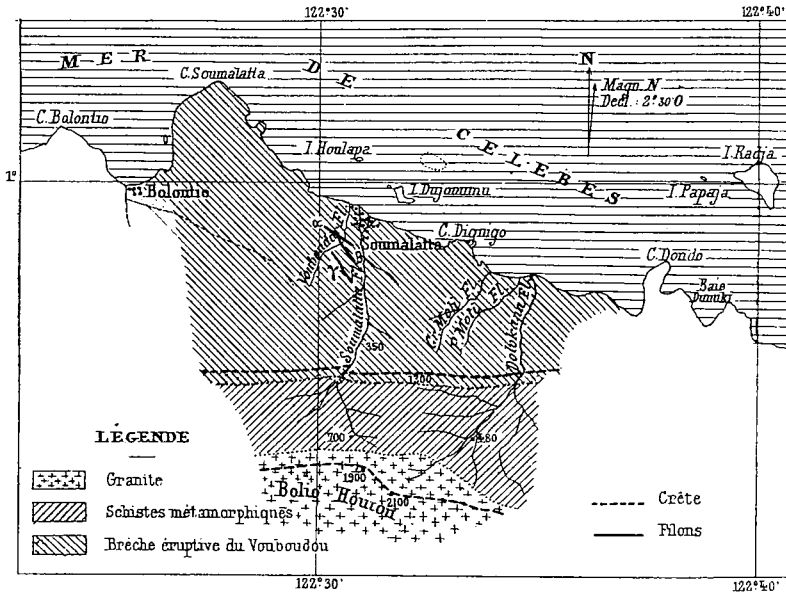


Fig. 77. — Carte de la région aurifère de Célèbes, d'après Molengraaff. (Echelle au 1 : 166.000.)

α. Filon Nord de Soumalata. — β, Filon Sud. — γ. Veta nueva.

série de roches andésitiques, à hornblende, à pyroxène, à olivine, à hypersthène. Mais les plus intéressantes de ces roches pour la métallisation paraissent être des andésites amphiboliques, altérées au voisinage de la surface et qualifiées dès lors de propylites. Tantôt le filon métallifère a suivi le contact d'une telle roche avec les schistes métamorphiques, comme dans la veine Sud de Soumalata; tantôt il remplit des fissures de l'andésite, comme le montre la coupe (fig. 78) prise sur le prolongement Est du même filon. Il semble donc que les métaux aient été apportés par des solutions ayant suivi l'injection de ces andésites.

A Soumalata, on a deux filons faisant un angle d'une vingtaine de degrés entre eux. Le filon Sud est dirigé N 28° Ouest; il a une épaisseur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

très variable, avec des poches atteignant 1,25 m. séparées par des étranglements. Dans les poches, le remplissage est exclusivement formé de minerai et l'on arrive à avoir des minerais presque exempts de silice : ce qui présente, comme nous l'avons vu [1], de l'importance pour le traitement. Dans les étranglements, au contraire, le quartz domine. Le remplissage des poches ne contient que des sulfures métalliques, avec des débris de la roche encaissante. Ces sulfures sont du mispickel, de la pyrite, de la pyrrhotine, avec un peu de galène, de blende et de pyrite cuivreuse. La texture en est généralement compacte, parfois caverneuse, et, dans ce cas, les parois intérieures sont tapissées de pyrite arsenicale. La teneur en métaux précieux varie naturellement beaucoup ; mais on estime qu'un mètre carré de surface correspond à une tonne de minerai trié, tenant 25 à 30 gr. d'or avec une quantité notable d'argent.

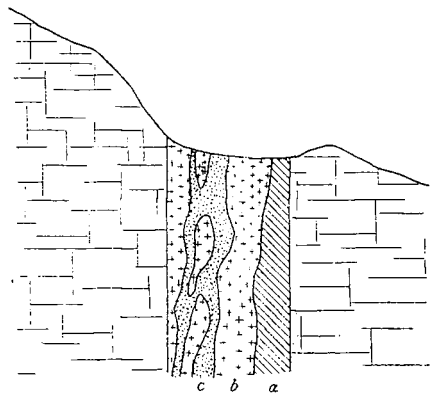


Fig. 78. — Coupe du filon d'or de Soumalata, d'après M. Molengraaff.

a. Brèche éruptive de Vouboudou. — *b*. Andésite de Dopalak. — *c*. Minerai.

Vers l'Est, on a retrouvé, à quelque distance, un filon, parallèle au filon Sud, dit Veta Nueva de Kwandang-Soumalata. Au Nord se trouve la concession de Kwandang-Soumalata proprement dite et, à l'Ouest, celle de Paléleh, qui ont les mêmes caractères. A *Paléleh*, la minéralisation a porté sur un dyke andésitique beaucoup plus épais, de 100 m. environ, dans lequel on a reconnu trois colonnes riches, espacées sur une longueur totale de 1 km. Après avoir épuisé les minerais enrichis de la surface, cette mine a dû s'arrêter en présence de minerais très réfractaires.

Dans les gisements que nous venons de signaler, on a été surtout attiré par la présence de l'or; mais ce métal n'est qu'un cas particulier dans une série de venues sulfureuses en rapport avec les dykes andésitiques : venues surtout caractérisées par la présence des sulfures de fer et de cuivre. A ce titre, il est intéressant de signaler un gisement que l'on a exploré pour le cuivre et qui rappelle tant d'autres formations cuivreuses déjà signalées au cours de cet ouvrage, en rapport avec des andésites ou avec des porphyrites (type plus ancien de la même roche) [2].

[1] Page 131.

[2] Voir pages 515, 602, 744, etc., et la table par types de gisements, p. 790.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A *Boué*, à 22 km. de Gorontalo, on a exécuté quelques recherches dans un puissant massif d'andésite, imprégné d'innombrables veines cuivreuses, qui semblent avoir suivi les fissures de la roche et où, parfois, le cuivre a dû se substituer à la hornblende.

Il faut ajouter encore que les filons métallifères ne sont pas, comme on pouvait le prévoir aisément, exclusivement en rapport avec les andésites. M. Molengraaff signale, sur un affluent de gauche de la rivière *Dolokapa*, dans les schistes métamorphiques, un filon de blende avec pyrite et quartz, large de 10 cm.

Vers l'Est, à *Totok* (200 km. de Gorontalo), on a trouvé, en 1900, un filon aurifère encaissé dans une sorte de latérite rougeâtre sur les calcaires. La production aurait été, en 1903, de 150 kg. d'or.

PHILIPPINES[1] (Or).

Aux Philippines, comme dans tous les pays dont l'industrie minière est encore nouvelle, l'attention a été surtout attirée vers l'or, que les indigènes exploitent, depuis longtemps, en diverses îles. Ces minerais aurifères semblent appartenir au groupe des remplissages filoniens complexes que nous allons retrouver au Japon et, comme au Japon, se rattacher de préférence à des venues tertiaires. On a, notamment, signalé, dans les îles Camarines, l'association des pyrites aurifères avec des chalcopyrites, des sels de zinc et, en outre, comme dans le gisement de Bérézovsk (Oural), avec du chromate de plomb. Dans le district Lépanto, l'or se trouve dans les chalcopyrites. Ailleurs on trouve, avec les pyrites aurifères, un peu de galène argentifère.

Les gisements de cuivre sont connus dans Mancayan. Enfin, à titre exceptionnel, on a trouvé, dans des alluvions aurifères, un peu de platine, à Rizal (Luzon). L'association du platine et de l'or, doit, ici, de même qu'en tant d'autres régions où elle se rencontre, et spécialement pour les régions étudiées dans cet ouvrage, dans l'Oural, en Arménie, ou à Bornéo[2], n'avoir d'autre raison qu'un effet de préparation mécanique; et il est fort probable que la présence de ce platine se rattache à l'existence des serpentines et péridotites, dont nous avons précédemment signalé l'abondance en tout cet archipel Malais.

[1] Voir pages 341 et 367.

[2] Voir, plus haut, pages 545, 549, 651, 654 et 733.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXXI

MÉTALLOGÉNIE DE L'INDO-CHINE FRANÇAISE ET DES PROVINCES CHINOISES LIMITROPHES[1]

Nous avons, au début du chapitre précédent, rappelé sommairement les caractères généraux des régions que nous allons étudier dans celui-ci :

[1] Voir, plus haut, l'industrie, p. 122, et la géologie, p. 349,

1873. Fr. Garnier. *Voyage d'exploration de l'Indo-Chine en 1866-1868*, in-4° et atlas in-fol., Paris, Géologie, par le Dr Joubert. — 1876. Ratte. *Note sur l'Indo-Chine* (B. S. G. F., 3e sér., IV, p. 500-521). — 1882. E. Fuchs. *Sur le bassin houiller du Tong-King* (C. R. Ac. Sc., XCV, p. 107-109). — 1882-1893. Zeiller. *Sur la flore fossile des charbons du Tong-King* (C. R. Ac. Sc., XCV, p. 194-196; Ann. d. Mines, 8e sér., II, 1882, p. 299-352; B. S. G. F., 3e sér., XI, 1883, p. 436; 3e sér., XIV, 1886, p. 454-463 et pl. XXIV, XXV, p. 575-581); 1893, 3e sér., XXI, p. CXXXV (sur Yen-Baï). — 1882. E. Fuchs et E. Saladin. *Mémoire sur l'exploration des gîtes de combustibles et de quelques-uns des gîtes métallifères de l'Indo-Chine* (Ann. d. Mines, 8e sér., II, p. 185-298; pl. VI-IX). — 1883. Petiton. *Carte géologique de la Cochinchine* (B. S. G. Fr., pl. VIII). — 1885. E. Jourdy. *Note sur la géologie de l'Est du Tonkin* (B. S. G. Fr., 3e sér., XIV, p. 445-453). — 1888. E. Sarran. *Etude sur le bassin houiller du Tonkin*, in-8°, Paris Challamel. — 1893. E. Sarran. *Le Tonkin au point de vue minier*, 40 p., Marseille. — 1894. Mallet. *Esquisse géologique du Tonkin* (Revue indo-chinoise). — 1895. Petiton. *Géologie de l'Indo-Chine*. — 1896. Counillon. *Documents pour servir à l'étude géolog. des environs de Luang-Prabang* (C. R. Ac. Sc., CXXIII, 28 déc., p. 1330-1332). — 1897. Dégoutin. *Sur les mines d'or de Bong-Miu, province de Quang-Nam, Annam* (Bul. Soc. fr. des Ingénieurs coloniaux, 3e trim. p. 53-83). — 1898. Madrolle. *Etude sur l'île d'Haïnan* (Bul. Soc. géogr. Paris, 7e sér., XIX, p. 187-228, carte). — 1898. J.-M. Bel. *Mission au Laos et en Annam* (B. S. G. F, Paris, 7e sér., XIX, p. 261-290). — 1899. E. Sarran. *Excursion géologique dans le bassin du Fleuve Rouge* (Rev. indo-chinoise, n° 18 du 20 février 1899). — 1899. Rémachy. *Le Tonkin et ses ressources houillères* (Mém. Soc. Ing. Civ.). — Monod. *Charbonnages du Tonkin. Gisements de fer de Ban-Vuoc, près de Lao-Kay* (Bulletin économique de l'Indo-Chine). — Brard. *Charbons de Hongay* (*Tonkin*) (C. R. dans Z. p. G., 1898, 332). — Bel. *Gîtes minéraux de l'Indo-Chine centrale* (Soc. Ind. Min., XII, p. 381-409; Cf. Z. f. p. G., 1898, p. 266). — 1900. Pelatan. *Les richesses minérales de l'Asie française* (Rev. Un., t. LIV et LV). — 1901. Fouletier. *Mines de Kebao* (Soc. Ind. Min., Saint-Etienne, C. R., avril, p. 45-61; Cf. Z. f. p. G., 1902, 139). — Suess, I, 607; III, 287. — 1901. J.-M. Bel. *En Indo-Chine. Du sous-sol* (Bul. Soc. Géogr. Com., 18 juin, 20 p.). — 1902. Charpentier. *Etude pour la remise en exploitation des mines de Kebao* (Paris). — 1902. Lacroix. *Sur les gis. stann. de Hin-Boun* (*Laos*) (Bull. Soc. Fr. Minér., 23 p.). — 1902. Counillon. *Les mines du Laos et du Quang-Nam. Les mines et la géologie de Nong-Son, près Tourane* (Bull. Econom. de l'Indo-Chine). — 1903. Zeiller. *Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin* (Service des Topographies souterraines). — 1904. Lantenois. *Rapport sur les questions minières se rattachant au choix du tracé du chemin de fer Lao-Kay, Mongtzé, Yunnan-Sen*, 108 p., in-8° avec annexes et pl. — 1905. Gascuel. *Etain du Laos* (Ann. d. M., sept.) — 1906. Douville. *Les calcaires à fusulines de l'Indo-Chine* (B. S. G. F., 4e, t. VI, n° 7). — 1906. *Notice sur la carte géologique et les mines de l'Indo-Chine par le Service*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Cambodge, Cochinchine. Annam et Laos, Tonkin, Yunnan, Sé-tchouan et Kouei-tchéou. Il nous suffira, à propos de chacune d'entre elles, de préciser ses traits plus particuliers [1].

CAMBODGE

Nous avons vu [2] que le Cambodge présente un soubassement de terrains primaires plissés et métamorphisés par le granite, sur lequel reposent en discordance : d'abord, du calcaire ouralo-permien, lui-même plissé, mais à plus grande amplitude; puis un grand plateau de grès rouges permo-triasiques horizontaux, à dépôts salifères. Seul, le soubassement ancien a des chances pour être métallisé et pourrait contenir des gisements d'or, analogues à ceux du Siam ou de l'Annam : gisements qui n'ont pas encore été signalés. En fait de minerais, il n'y a guère à y citer qu'un gisement inexploité de galène, à *Phnom-deck*, à 80 km. Sud de Pursat et, dans la même région, un gisement de fer (70 km. Nord de *Campong-thom*), sur lequel en 1882, dans les premiers temps de l'occupation, Fuchs avait fait un rapport empreint d'un enthousiasme quelque peu excessif. Ce gisement, depuis longtemps utilisé en petit par les indigènes, consiste en un puissant amas vertical encaissé dans les porphyres anciens : amas composé surtout de magnétite et d'oligiste, avec de la sidérose et de la limonite. Les caractères en sont souvent bréchiformes et conglomératiques. Le minerai est de bonne qualité, à une teneur de 50 à 55 p. 100, et Fuchs avait évalué son cube à six ou sept millions de tonnes. Ce que nous connaissons de ce gisement pourrait faire penser aux types précédemment étudiés dans l'Oural [3], eux-mêmes comparés au type scandinave de Kirunavara.

des Mines (Direction générale des Travaux Publics), avec carte. — 1907. G. Zeil, *Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin*. H. Lantenois, *Note sur la géologie de l'Indo-Chine*. R. de Lamothe, *Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos* (Mém. de la Soc. Géol. de France, 4e sér., t. I, 3, 4, 5; avec cartes. Contient un résumé des travaux géologiques sur l'Indo-Chine parus avant 1903.) — 1907. G. Zeil. *Contribution à la Géographie tectonique du Haut-Tonkin* (Ann. de Géogr., XVI, 430-451; carte). — 1907. Lantenois, Counillon, Mansuy, Zeiller et Laurent. *Résultats de la mission géologique et minière du Yunnan méridional* (1903-1904) (Ann. d. Mines, mars-avril, 210 p. et 5 pl.) — 1908. H. Mansuy. *Contribution à la carte géologique de l'Indo-Chine. Paléontologie* (Direct. gén. des Trav. publics, 74 p., in-8°, et 18 pl.). — 1909. G. Dupouy. *Contribution à l'étude de la minéralogie de l'Indo-Chine. Minerais et minéraux du Tonkin* (Thèse de doctorat, 164 p., et carte Paris. Cf. Revue Scientifique, nov. 1909).

[1] On peut suivre cette description sur les planches VIII et IX et sur la carte du Tonkin, fig. 79.

[2] Page 347, voir la planche VIII.

[3] Voir plus haut, pages 549 à 564, notamment p. 553 ; cf. p. 523, 588.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

COCHINCHINE

La Cochinchine ne renferme aucune mine, si ce n'est quelques carrières d'argile kaolinique alimentant les fabriques de poteries de Thudaumot et de Gia-dinh.

ANNAM ET LAOS

La constitution géologique de l'Annam et du Laos nous montre, comme celle du Cambodge, un massif primaire plissé et métamorphisé, avec injections de magmas granulitiques ayant pu provoquer la présence de minerais d'étain et d'or. Les terrains primaires contiennent, de plus, en divers points, des veines formant filons-couches, soit de sulfures métalliques (galène et blende, ou rarement chalcopyrite), soit d'oxydes de fer plus ou moins manganésifères, pouvant rappeler les formations de l'Inde. Par-dessus, vient l'ordinaire discordance des calcaires ouralo-permiens et celle des grès permo-triasiques ou rhétiens. Les métallisations qui, ailleurs, au Tonkin et en Chine méridionale, ont accompagné les intrusions de mélaphyres, porphyrites, etc., à travers ces terrains secondaires et qui y ont notamment développé du cuivre, n'ont pas été signalées ici, du moins avec quelque extension. Rappelons que ces terrains secondaires renferment de la houille (Nong-son)[1] et du sel. Nous commencerons par l'or et l'étain, qui ont surtout attiré l'attention par leur valeur. Nous dirons ensuite quelques mots des autres métaux.

Or. — Insistant, comme toujours, sur les formes filoniennes, nous avons à signaler, pour principale mine d'or en Annam, celle de *Bong-miu*[2].

Bong-miu est à environ 100 km. Sud-Sud-Est de Tourane et à 30 km. de la mer, dans la province de Quang-nam. On est là au milieu des schistes métamorphisés par du granite, qui forme plusieurs dômes au voisinage : schistes ayant donné lieu à des gneiss, schistes micacés, etc. Dans ces terrains métamorphiques se trouvent des filons-couches, souvent presque horizontaux, de quartz avec sulfures métalliques, qui se montrent à peu près interstratifiés, comme des remplissages de failles de chevauchement ou de décollement, avec quelques fractures transversales. Le gîte est un type de ces imprégnations hydrothermales filoniennes, que nous considérons comme s'étant produites en profondeur en terrains schisteux et qui apparaissent en tant de points des massifs primitifs, en Afrique, dans l'Inde, en Sibérie, en Australie, etc.

[1] Voir pages 365 et 415.

[2] 1897. Dégoutin. *Mines d'or de Bong-Miu* (Bul. Soc. Ing. col., 3e trim., p. 52 à 83). — Coll. Ec. des mines, 1667.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

On peut également le comparer à ces filons-couches métallisés, dont les Pyrénées offrent de nombreux exemples (région de Pierrefitte et d'Argelès, etc.) : la ressemblance étant ici produite par la nature des terrains encaissants et la manière spéciale dont ceux-ci se prêtent toujours aux fractures et aux métallisations.

La principale zone minéralisée a une épaisseur de 0,40 à 0,50 m. Dans l'ensemble, les veines de quartz et pyrite s'intercalent entre les schistes ondulés en remplissant les vides produits par leurs bâillements et s'accompagnent de petites fractures latérales, où le caractère filonien apparaît mieux. C'est ainsi que se sont presque toujours déposées en profondeur, dans les schistes, les solutions hydrothermales chargées de silice et de sulfures métalliques, dont le produit le plus notable et le plus caractéristique est l'amas pyriteux proprement dit, qu'il soit ou non cuprifère, avec toute une série de transitions que l'on peut assimiler les unes aux autres en passant du type Röraas au type Sain-Bel, et de celui-ci, au type Rio-Tinto.

Comme minerais, le groupe métallifère, dont fait partie Bong-miu, renferme aussi bien de la galène, de la blende, du mispickel et même de la chalcopyrite que de la pyrite aurifère : celle-ci, avec la galène argentifère, ayant seule attiré l'attention par sa valeur.

On trouve, en résumé, quand on atteint les parties inaltérées du gîte, des masses de quartz avec lentilles irrégulières de sulfures métalliques, pouvant donner des paquets de pyrite compacte de 25 à 30 cm. d'épaisseur, et des schistes, eux-mêmes pénétrés par les minerais. Mais cette forme inaltérée est exceptionnelle. Les actions de surface ont tout naturellement joué un grand rôle sur ces couches, situées au-dessus du niveau hydrostatique, et ce sont exclusivement les parties altérées ou les alluvions, résultant du remaniement de celles-ci, qu'avaient exploitées autrefois les indigènes. Par l'effet de cette altération, la pyrite s'est transformée en sulfate de fer, et, suivant les cas, on a, ou de l'or libre avec de l'oxyde de fer, ou de l'or dans des vacuoles du quartz : le tout côte à côte avec des cristaux de marcassite ayant échappé à l'oxydation. Il existe aussi des schistes blanchâtres, qui semblent étirés et caverneux par la disparition de la pyrite, autrefois comprise entre leurs feuillets.

M. Dégoutin a fait remarquer que les cristaux d'or, situés dans de larges fissures, étaient généralement émoussés comme s'ils avaient subi un commencement de redissolution par l'action des liqueurs acides chargées de sulfates de fer, tandis que, dans les cavités isolées où les liquides ont pénétré difficilement par un simple effet de la porosité du quartz, leurs arêtes sont restées vives. Cela concorde avec ce que nous avons dit précédemment [1] sur la manière dont les cristaux d'or des filons semblent souvent s'être nourris peu à peu par des précipitations

[1] Page 499 ; cf. p. 565.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

suivies de redissolutions qui amenaient peu à peu l'or, d'une zone verticale assez étendue, sur l'affleurement actuel.

En ce qui concerne l'origine des gisements aurifères et leur relation possible avec le granite, il est à remarquer que M. Dégoutin a signalé des granulites injectées jusqu'au contact du gîte : granulites contenant elles-mêmes parfois de la pyrite et de la galène. Ce gisement serait donc, comme la plupart de ceux de la Sibérie, attribuable à la mise en place des roches granitiques.

Dans le Laos, on a également reconnu, sur le même massif ancien, quelques filons aurifères, il est vrai à teneur très médiocre : filons situés à environ 150 km. Ouest de Bong-miu et dont les principaux font partie du groupe d'*Attopeu*. Ces filons se trouvent à Bokham, près de la Sésane (province de Strung-Streng). M. Marc Bel, qui les a étudiés et qui a vivement attiré l'attention sur eux, a cru pouvoir établir une relation entre eux et des massifs de diorite qui s'étendent sur la rivière Sésou entre Attopeu et Kontoum, et, sur la rivière Sésan, autour de Bokham. La diorite jouerait ainsi, comme cela arrive fréquemment, le même rôle que nous attribuons ailleurs à des roches analogues, mais plus quartzifères, telles que les granites. Après une période d'enthousiasme excessif comme il s'en produit trop souvent, les recherches ont été abandonnées. Ces veines aurifères ont fourni cependant des alluvions, qui ont alimenté autrefois en poudre d'or le trésor royal.

Deux autres points du Laos semblent également présenter, d'après M. Lantenois, de l'intérêt pour les recherches aurifères, bien qu'on n'y ait pas encore reconnu de filons et que les alluvions, d'où provient leur réputation, soient épuisées. Le premier est le *Tranninh*, où, entre Borrikan et Xieng-khouang, sur le cours du Nam-sane, un important massif dioritique forme le centre de toute une série d'alluvions aurifères (Van-pha-sane, Muong-nhiam, Muong-pan).

Le second point est la région de *Pak-heing* (massif du Pou-luong), autour duquel les alluvions aurifères sont également nombreuses.

En dehors de ces filons et des alluvions récentes, qui ne peuvent présenter d'intérêt que si on trouve des points où elles seraient économiquement exploitables à la drague, on a signalé des alluvions anciennes cimentées, soit dans les berges des rivières, soit, exceptionnellement, à flanc de coteau. Des alluvions cimentées de ce genre sont périodiquement reprises par les indigènes à Dong-kieu et Hat-kam, sur le Mékong, en aval de Vientiane; leur richesse paraît très faible.

Étain. — Le seul gîte d'étain connu au Laos est celui de *Ban-tacoua*, sur lequel la Société, dite du *Nam-hin-boun*, a fait des recherches malheureuses et qui a été décrit par M. Gascuel [1]. Ce gisement est

[1] 1905. Gascuel. *Gis. stan. au Laos français* (Ann. d. M., VIII), p. 321 à 334). — 1906. Lantenois. *Notice sur la carte géologique et les mines de l'Indo-Chine*. p. 56. — Cf. Coll. Ec. d. M., 2505 (Thien-tuc).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

situé à environ 100 km. amont de Savannaket, sur le Nam-patène, petit affluent du Hin-boun, qui lui-même se jette dans le Mékong à Pak-hin-boun. Il est constitué par un terrain argilo-gréseux détritique contenant le minerai d'étain remanié : terrain d'aspect récent, encaissé entre des collines de grès schisteux anté-carbonifère et de calcaire sans doute ouralo-permien. Le seul gisement connu a donc les caractères d'une alluvion ancienne, cas relativement exceptionnel pour l'étain, bien que plus fréquent pour l'or, et l'on est fondé à admettre que son origine est assez voisine, peut-être sous la forme de filons dans les grès précarbonifères. M. Gascuel signale, en effet, un filon de quartz avec cassitérite, mispickel et pyrite, formant muraille près d'un des gîtes, qui, pour une cause quelconque, se sera trouvé échapper à l'érosion [1].

Le minerai, que les indigènes recueillent dans de petits puits de 10 m. au plus de profondeur, se présente sous la forme de blocs et grains roulés, contenant un mélange très complexe et impur de cassitérite avec de la limonite (oxydation de pyrites), de l'arsenic (provenant sans doute du mispickel), du bismuth, du molybdène, du plomb et du cuivre. Le mélange d'oxyde d'étain très fin et de limonite est tout à fait intime comme dans les minerais d'étain de Toscane et comme dans certains de ceux que nous avons trouvés dans la province de Malacca ou que nous rencontrerons bientôt au Yunnan. Généralement la cassitérite y est tout à fait invisible dans un minerai, qui passe du rouge brun au noir, suivant que l'oxyde de fer ou celui de manganèse y domine. Pour obtenir l'étain, les indigènes pilent le minerai trié, l'enrichissent à la battée et le fondent : ce qui leur donne un métal à au moins 10 ou 20 p. 100 d'impuretés, ou même un culot de fer stannifère utilisé comme balle pour les fusils à pierre, ou comme plomb pour les filets. On en produit 2 à 3 tonnes par an et il n'a pas semblé possible d'y organiser une exploitation moderne, au moins jusqu'au jour où le Mékong sera relié à la côte par un chemin de fer.

Autres métaux. — En dehors de l'or et de l'étain, on n'a encore rien signalé d'intéressant comme minerais au Laos et dans l'Annam. Dans les provinces de Luang-prabang, Xieng-khouang et Attopeu, les indigènes exploitent cependant un peu de galène antimonieuse, qui paraît provenir de minéralisations complexes.

Dans le même district de Xieng-khouang, vers le Nord, on connaît d'assez importants minerais de fer, parfois tachés de cuivre, qui ont des chances pour représenter l'affleurement de filons sulfurés complexes, mais que les Européens n'ont pas encore étudiés.

[1] D'après la description de M. Gascuel, ce filon de quartz serait postérieur au grès tertiaire. M. Lantenois, que nous suivrons plus volontiers, considère les filons de quartz stannifère comme encaissés dans le grès précarbonifère (*loc. cit.*, p. 37).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

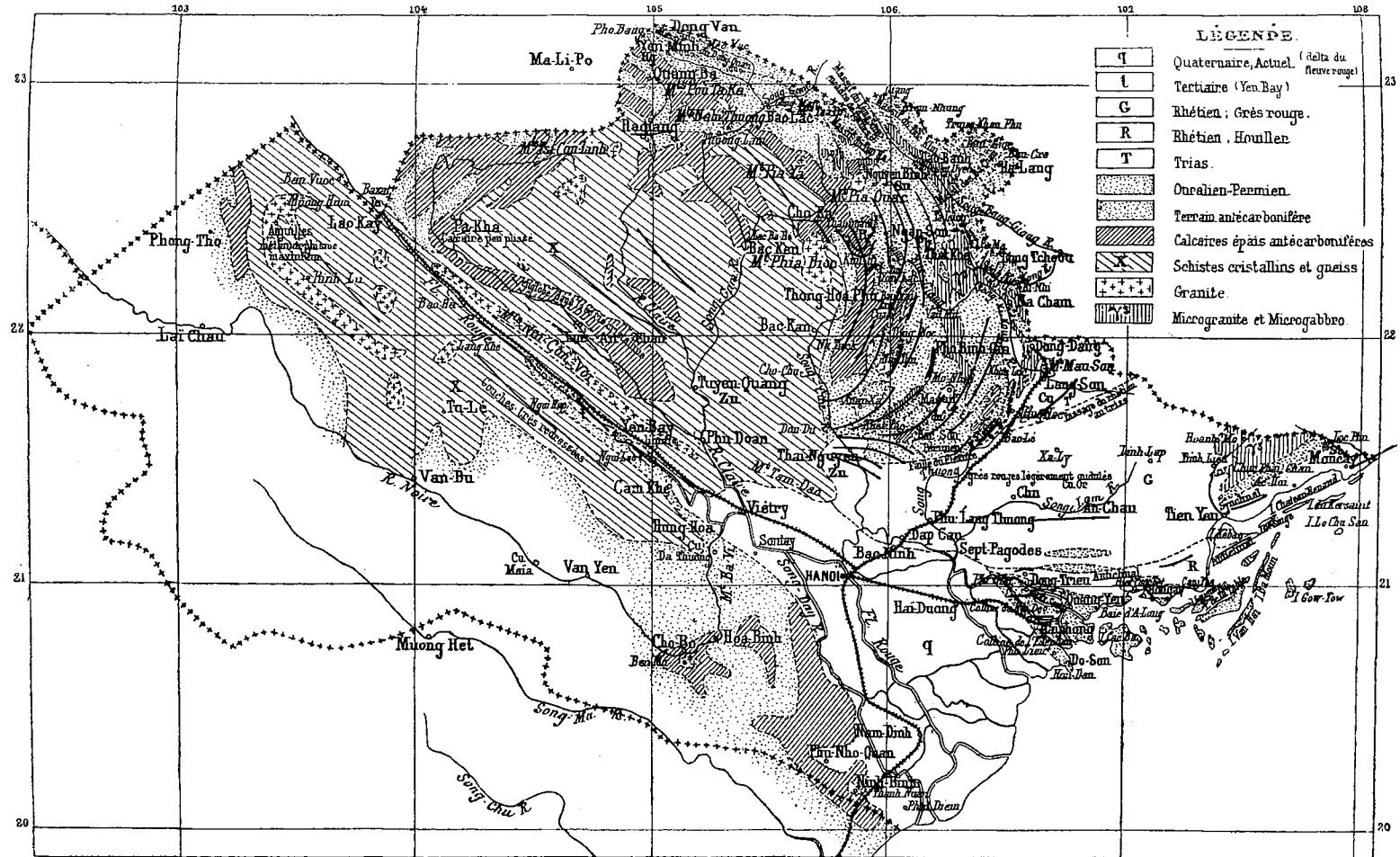


Fig. 79. — Carte géologique et minière du Tonkin, d'après M. Lantenois. (Echelle au 1 : 3.000.000.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TONKIN[1]

Les gisements du Tonkin ne sont peut-être pas plus nombreux que ceux des pays précédents ; mais les conditions économiques font qu'ils ont été beaucoup plus étudiés et explorés. Nous avons précédemment signalé les combustibles. Les minerais comprennent, d'abord, des filons de quartz aurifère avec alluvions connexes et des filons stannifères, que l'on peut considérer comme représentant les conditions métallogéniques déjà rencontrées dans la presqu'île de Malacca, en Annam, etc., partout où l'on a de même un massif ramené en profondeur à la fin de l'époque carbonifère et injecté, depuis cette époque jusqu'au rhétien, par des veines granitiques métamorphisantes et métallisantes. D'autre part, la stibine forme, dans la série ancienne, de nombreuses veines sans grande continuité ni grande richesse, qui, elles aussi, correspondent à ce que nous sommes habitués à rencontrer dans la chaîne hercynienne de l'Europe centrale, en particulier dans notre Plateau Central.

C'est également dans la série métamorphique que se rencontrent un certain nombre de gisements de fer, rappelant plus ou moins les types scandinaves : amas de magnétite en chapelets dans les micaschistes ou dans les gneiss, etc., à l'Ouest du Tonkin. Sur la rivière Noire, des gîtes de cuivre d'un certain développement en amont de Van-yen sont décrits comme en relation avec des roches vertes éruptives.

Il faut, sans doute, comme nous allons le voir, faire une place à part pour une série de filons à remplissage sulfuré complexe, cuivre, plomb, zinc, dont l'âge est au moins post-triasique et doit se rattacher, comme pour la plupart des filons observés dans les massifs hercyniens, à des dislocations connexes des ébranlements tertiaires. Ce genre de gisements se rencontre surtout dans l'Est du Tonkin, quand on se rapproche de la frontière chinoise, et nous verrons plus tard, en passant cette frontière, qu'il se développe vers le Nord-Est en atteignant même le type des gisements mercuriels (inconnu, ou signalé à peine comme traces discutables au Tonkin). Certains gisements de fer de la région de Cao-bang, en amas dans les calcaires, sont probablement à faire rentrer dans ce groupe, comme les amas d'oxyde de fer pyrénéens.

Après ces généralités sommaires, nous allons examiner tour à tour les principaux métaux que nous venons d'énumérer.

Or. — L'or d'alluvions est assez répandu au Tonkin; mais, sauf en un point de la région de *Pac-boc*, au Sud de *Cao-bang*, dans le Nord-

[1] Voir : p. 112, Résultats industriels; p. 349, Géologie générale; p. 365, Combustibles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Est du Tonkin, on n'a jamais trouvé d'or en place dans aucun des nombreux filons quartzeux qui recoupent le pays; en sorte qu'après avoir donné lieu à beaucoup d'espérances, les exploitations n'ont eu nulle part aucune suite. Suivant une remarque que nous avons déjà eu mainte occasion de reproduire, il est probable que les gîtes primitifs sont, le plus souvent, des veines discontinues sans valeur. Comme alluvions, il faut noter un certain nombre de rivières roulant actuellement de l'or et des terrasses d'alluvions anciennes à une hauteur de 10 à 40 m. au dessus du lit actuel. Ce phénomène des terrasses d'alluvions quaternaires élevées est très fréquent au Tonkin.

A That-khé, un poudingue tertiaire silicifié contient, paraît-il, un peu d'or dans son ciment. Mais les plus importantes des exploitations indigènes sont celles de Kim-hi, Hahieu, Trung-xa, Song-rong, Coc-rau, Coc-tram.

Étain[1]. — Le groupe stannifère du Tonkin est développé dans le même cercle de *Cao-bang*, où nous venons de signaler un filon d'or, autour de la montagnes du *Pia-ouac*, au Sud du poste de Nguyen-binh, non loin de la Chine, où nous verrons bientôt ces gisements stannifères prendre plus de valeur.

Le Pia-ouac, qui s'élève à 2.000 m., est formé de granite traversant des calcaires et schistes, au moins en partie dévoniens. Ce granite est recoupé par des filons de quartz avec cassitérite et wolfram, d'où proviennent des éluvions et alluvions qui, sauf pour un filon attaqué par les Chinois, ont seules donné lieu à des exploitations.

Les principaux gisements, ceux de Binh-duong, Beau-Site, Ganymède, semblent le résultat d'une destruction presque sur place, ayant donné lieu à de gros blocs métallisés dans une sorte d'éboulis. A Beau-Site, on abat et enrichit sommairement un minerai très complexe, qui renferme presque autant d'acide tungstique que d'étain; d'où la nécessité d'une préparation mécanique, dont on laisse le soin aux acheteurs européens.

Ailleurs, il y a de véritables cuvettes d'alluvions, généralement très irrégulières comme teneur. Celle de Tinh-tuc et celle de Bac-giai contiennent un peu d'or, en vertu de l'association que nous avons tant de fois signalée.

Le minerai de Tinh-tuc présente cette particularité de ne pas renfermer de wolfram. Les Chinois ont fait autrefois, sur ce point, des travaux importants, que l'on essaye de reprendre. Divers essais ont donné une teneur de 4 kg. d'étain par mètre cube en place; mais l'irrégularité fondamentale du gisement fait qu'il est difficile de présenter un chiffre moyen correspondant à quelque chose de réel.

[1] Voir Coll. École des Mines, nos 2464, 2465, 2505, étain de Nguyen, Cho-na et Thien-tuc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Antimoine[1]. — Les filons de stibine tonkinois se trouvent dans la série ancienne, qui s'étend depuis le Mont de la Dent, au Nord de Port-Courbet, jusqu'à Than-poun, au Nord de Moncay : c'est-à-dire au voisinage de la côte, près de la frontière chinoise. Des exploitations y ont été commencées vers 1890 à *Lang-huy* et à *Cao-phong*, entre Hacoi et Than-moi. A *Than-moi*, on a eu un filon de quartz vertical de 0,20 m d'épaisseur avec mouches de galène antimonieuse, traversant des schistes très quartzeux. A *Cao-phong*, le filon de stibine traverse des grès. A *Akhoi*, on a de la stibine plombifère ; à *Li-lao*, des mouches de stibine dans un poudingue quartzeux.

Tout cela rappelle singulièrement ces nombreux petits gisements d'antimoine que l'on observe le long des traînées carbonifères de la Creuse, de l'Allier, etc., avec leurs veines et imprégnations discontinues dans les terrains carbonifères ou dans les schistes et gneiss cristallophylliens et qui, dans cette région, offrent une relation très nette avec les filons de micro-granulite.

Cuivre. — Nous attribuons une place spéciale à des gisements de cuivre, qui nous sont décrits comme en relation directe avec des roches éruptives d'intrusion ou d'épuisement. Ces gisements se trouvent dans le Sud-Ouest du Tonkin, notamment sur la rivière noire, en amont de Van-yen ; et le principal d'entre eux, celui de *Maia*, à 27 km. de Van-yen, a donné lieu, en 1899, de la part de la Société métallurgique et minière du Tonkin, à un petit essai d'exploitation, bientôt abandonné. Le cuivre s'y présente, dans les schistes, en veines quartzeuses, où l'altération a déterminé un enrichissement sous la forme de phillipsite et chalcosine, complété, à la surface même, par de la malachite avec de l'oxyde de fer.

En se rapprochant de Hanoï, vers l'Est, on trouve encore, dans le mont Ba-vi au Nord de Hoa-binh, à *Da-phuong*, diverses veines de chalcopyrite et phillipsite, parfois même avec cuivre natif, également intercalées dans des schistes verts amphiboliques au voisinage de roches vertes éruptives. Au col de Kem, une roche verte semblable renferme elle-même de la phillipsite et du cuivre natif.

Minerais complexes. Plomb. Zinc. Mercure, etc. — Contrairement à ce qui se produit dans les pays d'ancienne civilisation européenne, comme le bassin de la Méditerranée, où, dans les remplissages complexes plombo-zincifères, le plomb a seul attiré l'attention autrefois, surtout en raison de l'argent contenu, tandis que les minerais zincifères restaient intacts, les Chinois ont activement exploité les mines de zinc, dont le métal entrait dans la composition de leurs sapèques. On a retrouvé récemment au Tonkin, mais on n'a pas encore repris, un

[1] Coll. École des Mines, n° 1207, Antimoine d'Ak-koi (Akhoi).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

groupe important de gisements de zinc, situés dans la région de *Thaï-nguyen*, au Nord d'Hanoï. Il en existe aussi, plus au Nord-Ouest, près de Tuyen-quang, et, au contraire, au Nord-Est, dans la région de That-khé. Au Nord-Ouest de celle-ci, en se rapprochant du groupe stannifère du Pia-ouac, nous aurons à signaler d'anciennes mines de plomb à Ngan-son et à Tong-tinh.

Le groupe de Thaï-nguyen comprend, au voisinage de la rivière Song-cau, les mines de Langhit, Van-long et Deo-lam. Cette proximité d'une rivière navigable pour les sampans de deux tonnes a été considérée comme une circonstance favorable pour une reprise. Géologiquement, on a là des gisements filoniens encaissés dans les terrains primaires. A *Langhit*, au milieu de calcaires compacts, on observe : 1° des amas blendeux, dont l'épaisseur atteint parfois 10 m. et des cassures de 1 à 1,50 m., remplies de calamine. A *Van-long*, la blende, et la calamine qui en dérive, se trouvent de préférence interstratifiées suivant les contacts des calcaires et des schistes, dans ces conditions que nous avons eu si souvent à signaler pour les gisements du même métal. Enfin, à *Déo-lam*, on a les indices d'anciens amas calaminaires dans le calcaire compact.

Le gisement de *Tuyen-quang*, dont l'exploitation peut être facilitée par le voisinage de la rivière Claire, navigable aux chaloupes, est également formé de calamine dans des calcaires compacts.

Le groupe zincifère de *That-khé* est figuré sur la carte géologique au 1/100.000^{e} de cette région par MM. Lantenois et Zeil, parue en 1907. On y voit une série de zones plissées dirigées Nord-Est, formées par divers terrains siluriens désignés comme horizon de Na-bor, schistes à Spirifer du gothlandien supérieur, ou par du siluro-dévonien, avec couverture locale de calcaire ouralo-permien. Les affleurements de zinc s'étendent sur environ 20 km. de long, à l'Ouest de Cu-lé et vers Yenlac, sur un alignement qui, prolongé au Sud, irait passer par Thaï-nguyen.

Les micro-granulites, qui forment quelques pointements à l'Est de cette zone métallisée, sont post-triasiques, et les minerais semblent également à considérer comme d'un âge récent.

Les galènes très argentifères de *Ngan-son*, qui ont été exploitées jadis activement et qu'on a essayé de reprendre un peu en 1889, forment des filons dans le siluro-dévonien. Celles de *Tong-tinh*, un peu plus au Nord-Est, près de la masse granitique du Pia-ouac, semblent surtout localisées dans le contact des calcaires et des micaschistes. On peut ajouter encore, à titre d'indication d'âge, confirmant notre hypothèse précédente, la présence, près de *Ngan-son*, d'un petit filon de galène argentifère avec barytine, recoupant les schistes noirs triasiques.

Comme nous l'avons déjà indiqué, ce groupe des filons complexes post-triasiques renferme parfois du cuivre, ainsi qu'on le constate dans ses homologues : en Algérie, par exemple. Il existe, à Lang-son et, plus au Sud, en se rapprochant d'An-chau, dans la province de Bac-giang,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

plusieurs affleurements de pyrite cuivreuse remplissant des failles de chevauchement, ou des interstices de la schistosité dans les divers terrains représentés, soit les schistes anciens, soit les schistes triasiques et les grès rouges. L'âge de ces gisements est donc ici aussi probablement tertiaire.

Le seul indice de mercure que l'on connaisse jusqu'ici au Tonkin rentre également dans le même groupe. Il est situé presque à la frontière du Yunnan, sur le territoire de Ha-giang, à Na-cho-cai.

Fer. — Comme nous l'avons dit, les gîtes de fer tonkinois appartiennent à deux types différents : amas interstratifiés en chapelets dans les terrains métamorphiques et altérations superficielles de filons sulfurés complexes, analogues à ceux dont il vient d'être question.

Dans le premier groupe, nous citerons : à *Baxhat*, dans la région de Lao-kai, par conséquent presque à la frontière chinoise du Nord-Ouest, dans les micaschistes du fleuve Rouge, des lentilles ou amas de magnétite interstratifiés, que leur position près d'un fleuve navigable, à 20 km. de Lao-kai (relié par chemin de fer à Haï-phong), pourrait permettre d'exploiter.

Il est possible que quelques-uns de ceux que nous allons mentionner encore comme provenant de filons complexes rentrent aussi dans ce groupe. Par exemple, dans la région de Thaï-nguyen, où nous avons déjà signalé du zinc, il existe des amas ferrugineux, parfois dans les gneiss, mais surtout au contact des schistes et calcaires anciens. Cette dernière formation de contact fait d'autant plus penser à une venue filonienne complexe postérieure que l'on a, près de là, d'autres filons de fer dans les terrains rouges secondaires.

De même, au Sud de Chora, les amas ferrugineux sont dans les micaschistes et calcaires. Enfin, dans la région de Cao-bang, les minerais (que l'on a peu étudiés, leur situation les rendant inutilisables) sont en amas dans les calcaires.

PROVINCES SUD-OUEST DE LA CHINE. YUNNAN, SÉ-TCHOUAN ET KOUEI-TCHÉOU [1]

Dans la région Sud-Ouest de la Chine, qui confine aux possessions françaises, nous retrouvons les mêmes traits métallogéniques que dans

[1] Voir plus haut : p. 146, résultats industriels ; p. 356, géologie ; p. 361, combustibles ; p. 413, sel. — Cf. 1877 à 1883, Von Richthofen. *China*. Ergebniss eigener Reisen und darauf gegrundeten Studien, Berlin, t. I, II et IV, avec atlas (très documenté sur les richesses minérales), librairie Reimer, Berlin, et Letters on China, par le même. Shangai (North-China Herald), 1900. — 1888. A.-S.-F. Bourne. *Report on a Journey in South-Western China* (Parlementary papers (Livre Bleu), China, n° 1). — 1890. Szechenyi et Loczy. *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen Bela Szechenyi in Ost-Asien* (1877-1880) (Ed. or. en hongrois, 1890 ; trad. allem. Vienne, Holzel, 1892. Le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

les pays précédents, mais avec accentuation très sensible des types filoniens complexes reliés aux mouvements tertiaires, et développement nouveau des filons mercuriels, dont, jusqu'ici, nous n'avions eu que des traces tout à fait insignifiantes. Cette zone est remarquablement métallisée, et si, pratiquement, les anciennes exploitations chinoises en ont épuisé beaucoup de gisements, du moins, pour une étude théorique, on doit en signaler la grande abondance.

La majeure partie des éléments métallogéniques que nous rencontrerons ici semble récente, à l'exception peut-être de l'or, et, dans une certaine mesure, du cuivre. L'étain même est en relation, comme nous allons le voir, avec des granites qui traversent les sédiments post-triasiques et dont la limite d'âge supérieure est inconnue. On peut même ajouter, à ce propos, que, sauf la réserve précédente pour l'or et pour le cuivre, la distribution des métaux semble obéir à certaines lois générales, qui pourraient laisser supposer une origine unique avec écartement plus ou moins prononcé des fumerolles métallisantes, suivant que le métal en question exigeait, pour garder sa mobilité, une température plus élevée ou une pression plus forte et, par conséquent, des magmas ignés plus profonds. Ce sont des conditions de distribution que nous

tome I contient les travaux géologiques de von Loczy, p. 348 à 830). — 1895. Rosthorn. *Eine Reise im westlichen China* (Mittheil. K. K. geogr. Ges., Wien, XXXVIII, p. 285-320, carte). — 1898. *La Mission lyonnaise d'exploration commerciale en Chine*, (1895-97), Lyon, 1898. A. Rey, 1 vol. in-4° : 1re partie, Récits de voyages ; 2e partie, Rapports commerciaux. *Rapport sur les mines et la métallurgie*, par P. Duclos (Yunnan, Kouei-tcheou, Sé-tchouan), p. 283 à 315. — 1898. Duclos. *Minerais du Sud de la Chine* (Réun. Soc. Ind. Min., janv. 1898). — 1900. Ed. Amensen. *A Journey through South-West Se-tchuan* (Geogr. Journ., XV, p. 620, 625, et XVI, 1900, p. 531-557. 2 cartes). — 1900. Zeiller. *Sur quelques plantes fossiles de la Chine méridionale* C. R. Ac. Sc., CXXX, p. 186-188). — 1900. Michel Levy, A. Lacroix et Leclère. *Note sur les roches cristallines et éruptives de la Chine méridionale* (C. R. Ac. Sc., CXXX, p. 211-213). — 1900. Richthofen. *Ueber Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ost-Asiens* (Ac. des Sciences de Berlin, 18 oct. 1900). — Monod. *Contr. à l'étude géolog. de la Chine méridionale* (Bull. économ. de l'Indo-Chine, n° 33). — 1901. Leclère. *Etude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin* (Ann. des Mines, 1901, avec bibliog. ; publications antérieures du même auteur sur le même voyage, dans la Géographie (1900, I, 267-288), les comptes rendus de l'Académie des Sciences (1900, CXXX, p. 184; et CXXXI, p. 966, avec carte) ; Bul. Soc. Géogr., 1901, 23 p.). — Leclère. *Notes sur la législation des Mines en Chine* (Ann. des Mines, 1900, t. XVIII, p. 249). — 1904. Lantenois. *Questions minières se rattachant au choix du tracé du chemin de fer Lao-Kay, Mongtze, Yunnan-Sen*, 110 p. in-4°, avec 8 annexes. — 1907. Lantenois. *Résultats de la mission géologique et minière au Yunnan méridional* (1903-1904) (Ann. des Mines, mars-avril 1907, 210 p. et 5 pl., avec mémoires annexes de MM. Courtillon, Mansuy et Zeiller). — Lantenois, H. *Note sur la Géologie et les Mines de la région comprise entre Lao-Kay et Yunnan-Sen* (Ann. des Mines, 10e série, t. XI, p. 300-383 et p. 385-428, pl. X et XI). — 1907. Mansuy, H. *Résultats paléontologiques de la mission géologique et minière du Yunnan méridional (septembre 1903-janvier 1904)* (Ann. des Mines, 10e série, t. XI, p. 447-471, pl. XIV pars.). — Voir, en outre, les périodiques : Bulletin économique de l'Indo-Chine; Bulletin du Comité de l'Asie française. — Carte au 1/2.000.000 des provinces voisines du Tonkin par le cap. Friquegnon, au minist. des Colonies.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avons signalées ailleurs en d'autres pays bien homogènes comme la Toscane, ou, pour la série plus ancienne, le Cornwall, et qui concordent avec notre observation générale sur le rôle prédominant de la profondeur et de la température dans la localisation des métaux. Tandis que l'étain se rencontre uniquement dans la zone où les granites apparaissent, le cuivre appartient à une zone un peu plus écartée, lié à des roches d'intrusion beaucoup plutôt que d'épanchement proprement dit; et l'on trouve, en s'éloignant encore davantage, les filons complexes plombo-zincifères, dont le terme le plus aberrant (et, par conséquent, le plus distant des auréoles métamorphisées ou des roches profondes), le plus avancé dans les zones sédimentaires (donc ici, le plus oriental), est le mercure. Si cette remarque était exacte, il y aurait, entre les divers métaux, entre les divers types de gisements, beaucoup moins une différence d'âge réelle qu'une différence de mise en place dans l'écorce, donnant seulement l'impression d'un âge plus ancien quand le minerai n'a pas atteint les couches les plus superficielles, d'ordinaire les plus récentes. Il faudrait cependant se garder d'exagérer la portée de cette remarque; car la vraisemblance est pour que des venues métallisantes se soient produites dans la même région, à des époques différentes, lorsque cette région a été, comme celle-ci, l'objet de toute une série de mouvements orogéniques.

1° Le premier type de gisements que nous aurons à signaler est celui sur l'origine duquel on est le moins renseigné, dans ces pays nouvellement ouverts à notre forme de civilisation, où les exploitations aurifères ont d'ordinaire porté jusqu'ici exclusivement sur les alluvions; ce sont les gisements d'or. Nous serions portés à croire que ces gisements, développés de préférence dans la zone Ouest voisine du Tibet et de la Birmanie, qui est celle où le soubassement plissé et métamorphisé a été le plus souvent mis à nu, sont en rapport avec des roches profondes comme les diorites ou les granites et avec leur auréole de métamorphisme, dans les conditions que nous avons déjà rencontrées tant de fois aussi bien en Asie qu'en Afrique. Mais ce n'est là qu'une pure induction hypothétique; et rien ne prouve que, dans ces régions mal connues, où se sont produits des épanchements éruptifs tertiaires et pléistocènes associés avec des déplacements verticaux, il n'existe pas, en outre, de type aurifère réellement filonien, d'âge tertiaire.

2° Le cuivre est extrêmement abondant dans tout le Yunnan et paraît se rattacher très nettement à des venues éruptives, que l'on a généralement considérées comme des roches d'épanchement, mais dont il y aurait lieu d'examiner avec plus de soin les conditions de formation pour voir si elles ne seraient pas plutôt intrusives. Ces roches appartiennent à cette grande série, que nous avons déjà eu l'occasion d'examiner en Sibérie, où, désignées sous le nom de trapps, elles occupent un tel développement sur toute la longueur de l'échelle chronologique depuis

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

le primaire jusqu'aux temps les plus récents et dont nous avons alors signalé la relation avec les zones d'émersion continentale[1]. On lui donne, suivant ses variétés pétrographiques, tantôt les noms de mélaphyre, tantôt ceux de porphyrite ou d'andésite ; elle comprend également des types de diabase, souvent ophitique, avec ou sans olivine. En Afrique, elle a formé également ces innombrables dykes et nappes que l'on trouve intercalés dans les terrains du karoo à des niveaux très variables. Le cuivre y subsiste en traces dans certains minéraux, et l'on a pu, dès lors, supposer parfois que ces traces avaient suffi pour produire les gisements par simple altération superficielle, lessivage, métasomatose. Nous croyons beaucoup plutôt, dans la majorité des cas, à un départ igné et profond, dont les traces en question sont le résidu. Nous verrons ce départ passer par une série de stades, depuis la simple concentration dans les amygdales de la roche même, ou dans ses fissures, qui sont les deux cas où la métasomatose semble être le plus intervenue (peut-être même exclusivement), jusqu'à de véritables filons dans les terrains voisins, ayant pris une netteté particulière dans les massifs calcaires.

3° Les gisements d'étain sont, comme toujours, directement liés aux manifestations granitiques : ici, à des granulites et pegmatites, dont on peut tout au moins affirmer qu'elles recoupent le trias. Cet étain est associé très intimement avec le cuivre : ce qui concorderait avec l'unité d'origine indiquée précédemment comme possible. Ces gisements d'étain se trouvent surtout au voisinage immédiat du Tonkin.

4° Quand on s'éloigne vers l'Est, dans la vaste région où les plateaux recouverts par le carbonifère, le permien ou le secondaire, dominent, avec des ondulations de vaste amplitude et des dislocations prenant l'aspect de failles entre compartiments voisins ayant été soumis à des déplacements verticaux, on commence à trouver de préférence des filons complexes plombo-zincifères. Suivant une longue zone N.E. — S.W., on a alors 5° des filons mercuriels, éparpillés, comme partout, en minces veinules et enduits irréguliers, dans les terrains les plus divers.

Or. — En remontant du Sud au Nord, nous rencontrons un premier centre d'alluvions aurifères à *Ta-lan*, près de Sé-mao, entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire, dans une zone fort mal connue, mais qui paraît appartenir au groupe métamorphique, avec imprégnations de pyrite aurifère en veinules formant filons-couches.

Plus au Nord, près de *Kin-kiang*, sur le Fleuve Bleu, il travaille de nombreux orpailleurs ; et la même industrie existe en descendant le Fleuve Bleu vers le confluent du Kin-ho, ou le long de cette rivière, qui est dirigée Nord-Sud comme le haut cours du Fleuve Bleu. On exploite, à Kin-kiang, les alluvions actuelles pendant la saison sèche ; et, pendant

[1] Voir page 251.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la période des pluies, les indigènes se reportent vers des bancs de conglomérats plus élevés et plus anciens, qui ont parfois 100 m. d'épaisseur.

Peut-être existe-t-il de véritables filons en amont sur le Kin-ho, comme l'ont dit quelques voyageurs. Mais il semble plus probable qu'on a affaire à la démolition de roches dioritiques ou amphiboliques à faible teneur, encaissées dans les terrains de schistes métamorphiques, comme cela arrive si fréquemment.

Vers le Nord, des alluvions aurifères ont encore été signalées à *Natchi-ké* entre le Fleuve Bleu et le Kin-ho, environ sur le 29e. Nous laissons de côté les gisements du Tibet, qui seront examinés ultérieurement [1].

Étain. — Le centre stannifère le plus important du Yunnan est celui de Ko-tiou, situé non loin de la frontière française, à l'Ouest de Mong-tzé et, sur lequel, tant en raison de cette situation que de sa production annuelle, évaluée à 3.000 tonnes d'étain, l'attention a été très vivement attirée [2]. Malgré cela, l'hostilité de la population a rendu, jusqu'ici, l'étude technique de ces gisements à peu près impossible. Seul, un ingénieur français, Bélard, a vu autrefois les principales, M. Leclère, dont nous allons utiliser la description, n'a pu visiter que des mines secondaires, et M. Lantenois a dû renoncer même à l'accès de celles-ci. Rappelons, à ce propos que, sur le territoire français, les gisements stannifères se prolongent beaucoup plus au Sud-Est, à Pia-ouac, où ils apparaissent très nettement liés aux granites.

Les gisements d'étain de *Ko-tiou* paraissent être des filons ou veinules dispersés dans des calcaires et en relation d'origine possible avec des pegmatites à tourmaline d'âge postérieur au trias. Ces filons, ordinairement encaissés dans des terrains permo-triasiques, se présentent en profondeur sous la forme de cassitérite avec sulfures de fer et de cuivre abondants, parfois arsenicaux. Vers la surface, en même temps que le calcaire encaissant a été au contact transformé par altération en une argile rougeâtre, les sulfures se sont trouvés éliminés et il en est résulté un minerai d'un lavage facile, qui a été spécialement recherché par les habitants.

Il paraît y avoir ici relation entre l'étain et le cuivre, comme au Cornwall, comme en Bolivie, etc. Les filons d'étain proprement dits contiennent des sulfures cuprifères, qui sembleraient même, suivant des indications recueillies par M. Lantenois, augmenter en profondeur. Et, d'autre part, les gisements de cuivre intercalés dans la porphyrite, dont il sera question bientôt, renferment souvent une proportion notable d'étain. On serait même tenté de croire qu'il y a relation avec d'autres

[1] Voir page 767.

[2] Dès l'ouverture de la ligne de Yunnan-sen, l'exportation est montée à 4.700 t. en 1909, au lieu de 3.000 attendues.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sulfures métalliques divers, d'après les observations, malheureusement restreintes, de M. Leclère. En divers points, où se trouvent des minerais d'étain, on trouve aussi des filons de cuivre et de plomb (*Ma-la-ken*), du plomb (*Long-téou-tchai*).

On a donc une venue stannifère relativement récente, dont il est toutefois difficile de préciser l'âge et de dire si elle est encore hercynienne, comme pourrait le faire croire un rapprochement bien vague avec l'étain des Détroits, ou si elle ne ferait pas partie des métallisations tertiaires, qui ont dû être ici très développées. De toutes façons, les conditions de gisement ont un certain air superficiel, qui est un peu analogue à celui que l'on observe pour les très petits gisements stannifères de la Toscane, associés de même avec des venues métallifères sulfurées diverses, formant une série d'auréoles concentriques à un massif granitique tertiaire dont elles semblent émanées : d'abord étain, cuivre et pyrite de fer ; puis plomb et zinc ; puis mercure et antimoine. Si l'on regarde en gros sur la carte la position des gîtes du Yunnan et des pays voisins, on trouve ainsi, dans une première zone occidentale plus voisine des massifs tibétains, le cuivre et l'étain, avec l'or, tandis que le mercure est surtout à l'Est de la province, à plus grande distance des roches ignées. Ce pays présente un autre rapprochement avec la Toscane, celui d'être formé par des compartiments fracturés et dénivelés les uns par rapport aux autres. Il serait dangereux d'insister sur une telle comparaison, seulement indiquée en passant.

Les conditions, dans lesquelles M. Leclère a visité le groupe stannifère de Ko-tiou, ne lui ont pas permis de voir les mines qui, d'après lui, sont les principales, telles que celle de *Tsé-men-tong*, où travaillent 600 ouvriers, ou les gisements situés à l'Ouest et au Sud de Ko-tiou. Il a visité, à To-mou-ko (2.000 m. d'altitude), un affleurement stannifère filonien dans le calcaire triasique, composé d'argile rouge avec grains de cassitérite, et à Ma-la-ken (2.700 m. d'altitude), un filon analogue de 1,20 m, également dans le trias, dont l'affleurement était analogue et qui, en profondeur, donne de la phillipsite, avec des carbonates de cuivre associés à la cassitérite, au voisinage d'autres filons de pyrite cuivreuse et de galène.

Cuivre. — Les mines de cuivre forment, comme nous l'avons vu, les principales exploitations du Yunnan, et celles que l'on a le plus fortement attaquées en raison de l'importance monétaire attribuée au cuivre en Chine. Ce sont aussi celles qui, après la houille et peut-être le fer, semblent avoir le plus d'avenir dans la Chine méridionale. Laissant de côté ici leur répartition industrielle déjà examinée[1], nous nous occuperons seulement de leur géologie.

[1] Page 150.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC
UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Le cuivre paraît être, ici, en principe, associé avec des roches de la famille des andésites ou porphyrites, analogues à celles que nous avons vues, sous le nom de trapps, jouer un si grand rôle en Sibérie. L'âge de ces venues est mal précisé ; et il est fort possible qu'il y en ait de plusieurs époques, comme il paraît y avoir eu des venues porphyritiques espacées sur de très longs intervalles jusque dans le tertiaire. Mais, de toutes façons, la venue cuprifère est une venue d'origine filonienne, ayant, suivant les cas, été entraînée à distance plus ou moins grande de la roche mère, en sorte qu'on a, avec une même origine profonde, des gisements d'aspects fort divers, depuis de simples fissures incrustées dans la roche, ou des gisements de contact le long de celle-ci, jusqu'à de véritables filons pouvant s'éparpiller et prendre l'allure de filons-couches dans les schistes, ou, au contraire, se localiser davantage dans les calcaires. Le remplissage est toujours à gangue quartzeuse, avec association de pyrite de fer. Les altérations postérieures, qui, comme nous allons le voir, ont très fortement transformé ces gisements, ont eu pour effet de laisser souvent le cuivre associé avec des oxydes ou carbonates de fer, comme cela se voit dans une foule d'autres pays. Nous venons déjà de signaler le rapprochement possible de ce cuivre avec l'étain.

Ces gisements cuprifères sont reconnus en très grand nombre dans le Yunnan, sur toute une longue zone Nord-Sud, à peu près conforme aux plissements des terrains anciens et aux dislocations de la région, depuis le groupe situé près de la frontière française entre celle-ci et Yunnansen, notamment près des mines d'étain de Ko-tiou, jusqu'au Fleuve Bleu. Industriellement, il semble bien que les filons les plus riches soient ceux du groupe de *Toung-tchouan*, au Nord du Fleuve Bleu. Mais, comme ceux du Yunnan méridional ont pu être particulièrement étudiés par les ingénieurs et géologues français, c'est par ceux-ci que nous commencerons.

M. Lantenois est arrivé, dans ce cas, à la conclusion que nous venons d'énoncer d'une façon générale sur la relation du cuivre avec les roches d'épanchement de la famille des porphyrites. Les gisements se présentent, d'après lui, soit en filons dans les schistes, soit en filons dans les calcaires, soit en filons dans la porphyrite, soit enfin en gîtes de contact près de ces roches. Je ne crois pas pouvoir le suivre dans l'idée que tous ces minerais seraient le produit d'un lessivage superficiel de ces roches, d'une métasomatose, suivant une théorie qui, après avoir eu son moment de vogue, est aujourd'hui généralement abandonnée. Les altérations des roches connexes, sur lesquelles il a très justement appelé l'attention, me semblent, suivant une remarque que j'ai eu souvent à renouveler, en rapport, non avec la venue primitive du gisement, mais avec sa transformation secondaire, qui est un phénomène tout à fait distinct et dont lui-même d'ailleurs a bien reconnu l'influence enrichissante. Et, si la métasomatose a joué un rôle dans la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

constitution primitive de certains gisements, ce ne peut être qu'exceptionnellement dans certains enduits cuprifères imprégnant les fissures des porphyrites.

A. Les types de fissures incrustées dans la roche se présentent, par exemple, non loin des mines d'étain de Ko-tiou à Ouai-tao-chan, et plus au Nord, dans le groupe de Lou-nan. A *Ouai-tao-chan*, on a, dans une roche très altérée formant l'ensemble de la montagne, qui semble être de l'andésite, des fissures irrégulières et d'aspect assez pauvre, contenant du quartz avec de la phillipsite, de la pyrite de cuivre et de la pyrite de fer. Des fissures analogues se retrouvent, paraît-il, au contact de la roche éruptive et du calcaire encaissant.

Le groupe de *Lou-nan* abandonné depuis une soixantaine d'années, est situé à environ 50 km. à l'Est d'Yunnan-sen, le long de la même zone primaire fracturée qui commence à Ouai-tao-chan, au voisinage de Lin-ngan, passe à Chémo, dont nous parlerons bientôt et qui partout est accompagnée d'épanchements éruptifs, rattachés en gros à la famille des mélaphyres. A Lou-nan même, on a : d'une part, des schistes et grès dévoniens avec bancs calcaires intercalés ; de l'autre, séparés des premiers par une grande faille, des calcaires compacts permiens, avec poudingues, grès rouges et roches éruptives. On trouve ici, dans la roche même (Mao-choui-tong), des amygdales de quartz améthyste et de calcédoine, parfois imprégnées de cuivre. Ailleurs, il y a fissures minéralisées dans cette roche : ailleurs, gisements de contact le long du calcaire (Se-tseu-tchang), comme nous allons le trouver plus au Sud à Chémo. Enfin, l'on observe des veines ou filons dans les schistes dévoniens et dans les calcaires, soit dévoniens, soit permiens. Ces dernières, les plus continues, peuvent avoir 2 à 3 cm. d'épaisseur réduite, ou représenter une centaine de kilos de minerai trié à 20 p. 100 de cuivre par mètre carré de filon. L'impression de M. Lantenois a été celle d'une minéralisation très disséminée et irrégulière, sans valeur sérieuse malgré le grand nombre des anciennes mines. Il faut ajouter, à toutes les différences d'aspect tenant à la constitution même des gîtes, le rôle considérable des remaniements secondaires, surtout dans les calcaires, qui rend parfois difficile d'analyser la constitution primitive. Ces altérations se traduisent localement par la production d'oxydes de cobalt manganésifères dont on a fait une petite extraction dans le groupe de Lan-gni-tsin et qui existent également à Chémo, à Toung-tchouan, etc.

B. Comme gisement de contact, la mine de *Chémo*, à 50 km. Sud de Lou-nan, paraît être une des plus caractéristiques. La roche éruptive y forme coulée au-dessus du calcaire et celui-ci s'est profondément altéré le long de ce contact, comme dans les gisements, décrits précédemment, de Bulgar-Maden[1], ou dans ceux de Leadville au Colorado, que nous en

[1] Voir page 639.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

avons rapprochés. Le minerai, tel qu'il résulte de cette altération, forme une sorte de couche inclinée, contenant, avec du quartz et du fer oxydé, du cuivre carbonaté et de l'oxyde de cobalt manganésifère assez abondant.

C. Nous venons déjà de citer, à Lou-nan, des exemples de fissures dans les calcaires, donnant des sortes de chapelets. Ces fissures, qui, nulle part ici, n'ont un développement sérieux, sembleraient beaucoup plus importantes, d'après M. Brossard, dans la région d'*I-men*, à l'Ouest d'Yunnan-sen, où l'on aurait, d'après cet ingénieur, reconnu, au lieu dit Hiang-pou-tchang, un filon de 800 m. de long dans le calcaire, renfermant une colonne riche, où l'épaisseur totale serait de 2 ou 3 m., avec épaisseur réduite de 0,25 m dispersée en 4 ou 5 veinules et donnant des lentilles qui atteindraient jusqu'à 0,30 d'épaisseur. Il existe, à l'Ouest de Lou-nan, un autre groupe, dit de Laou-chou-cha, où les veines sont très éparses dans les schistes et dans les calcaires d'âge silurien ou dévonien.

D. Avant de quitter le Sud du Yunnan, il convient encore de signaler un gisement qui, d'après la description de M. Lantenois, se présenterait dans des conditions très différentes des précédents, comme une sorte d'imprégnation ou de dépôt dans une couche sédimentaire : c'est le gîte de *Tien-pao*, situé près de Sin-chin, à 50 km. Sud de Yunnan-sen. Ce gisement est de quelque importance ; car il passe pour avoir occupé 1.000 ouvriers et produit 300 tonnes de cuivre par an. On y trouve, dans les grès quartziteux qui forment la base du calcaire carbonifère, entre des schistes au toit et des grès au mur, des zones argileuses ayant 0,30 m. à 0,60 d'épaisseur, avec boules de minerais de cuivre oxydé ou carbonaté. L'aspect serait donc, dans une certaine mesure, analogue à celui du Boléo en Basse-Californie. Quant à l'origine, il est, comme dans tous les cas semblables, difficile de se rendre compte s'il s'agit d'un gisement provenant d'une imprégnation hydrothermale filonienne ayant incrusté les interstices des grès, ou plutôt d'un remaniement mécanique de minerais préexistants empruntés à des affleurements détruits. En tous cas, le rôle de l'altération secondaire a été, comme on peut le penser, prédominant et a entraîné des concentrations de la substance utile.

Les détails, que nous venons de donner sur ces gisements relativement bien connus, permettront d'être brefs sur les autres, dont nous nous contenterons d'indiquer la répartition.

Tout d'abord, à l'Ouest d'Yunnan-sen, nous venons déjà de citer ceux d'I-men. Le groupe d'*I-men* et de *Mi-tsao*, décrit par M. Duclos, présente des filons de cuivre pyriteux associés avec des filons d'hématite, par le rapprochement ordinaire tenant à ce que l'hématite est, à l'origine, de la pyrite altérée (Allevard, etc.).

Vers le Nord est un groupe particulièrement important, celui de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Toung-tchouan, au Nord d'Yunnan-Sen, et près du Fleuve Bleu (Kin-cha-kiang), qui est entouré de gisements cuprifères en tous sens. On peut voir là, à la mine de Lou-pou, vers 2.700 m. d'altitude, un filon encaissé dans la porphyrite, qui elle-même s'intercale sous des schistes charbonneux avec couche de houille et lit de sphérosidérite. Ce filon-couche horizontal, incrusté dans un délit de la roche, et prolongé sur une grande distance, est formé, dans la zone superficielle, seule atteinte par les travaux, de barytine avec cuivre natif et cuivre oxydulé, qui sont évidemment des altérations d'un minerai sulfuré et qui font penser à la relation analogue des minerais du Lac Supérieur avec la série éruptive précambrienne. De tous côtés, autour de Toung-tchouan (Lou-fong-kéou ; Kou-niou-tchang), on rencontre de même des noyaux de cuivre natif ou de cuivre oxydulé dans la porphyrite.

En même temps, on trouve là, comme dans les gisements précédents de Chémo, etc., des nodules d'asbolites cobaltifères utilisés pour fournir la célèbre couleur bleue des porcelaines du Kiang-si.

Dans le groupe important de *Ta-me-ti* (Tang-tan), au Sud-Ouest de Toung-tchouan, où les Japonais ont fait un essai malheureux d'exploitation moderne, on a, vers 2.200 m. d'altitude, des veines cuprifères en stockwerk dans le calcaire dinantien ou en filonnets dans les schistes : veines, qui peuvent s'étendre à 1.500 m. de distance dans les cas les plus favorables, et dont le minerai, pyriteux à l'origine, a été plus ou moins transformé en carbonates avec gangue barytique. Suivant les points, on observe, ou de la phillipsite dans les schistes, ou de la pyrite cuivreuse, ou, quand la roche encaissante calcaire a facilité l'altération, des carbonates : ce qui permet de faire des lits de fusion par mélange des carbonates et des sulfures.

Le même district de Toung-tchouan et du Fleuve Bleu contient également quelques filons de galène argentifère donnant lieu à une ancienne exploitation près de Ouei-ning et du cobalt manganésifère (Nord-Est de Lou-pou). Il y a évidemment là toute une zone de fractures métallisées, qui se prolonge au delà du Fleuve Bleu, dans le Sé-tchouan.

Tout à fait à l'Ouest, il existe encore un district métallisé vers Ta-li et Li-kiang (près du Fleuve Bleu) jusqu'à Ouei-si, où les minerais de cuivre sont également associés avec de la galène et de la blende. On y observe, notamment, des imprégnations cuivreuses dans un calcaire superposé à de la porphyrite altérée.

D'une façon générale, il y a lieu de remarquer, au point de vue métallogénique, que, comme il arrive toujours, on a fréquemment négligé les minerais restés pyriteux en veines dans les schistes, tandis que l'attention a été surtout attirée sur les minerais altérés, soit qu'ils fussent dans des calcaires, avec transformation en carbonates, soit qu'on les trouvât dans des porphyrites, parfois amygdaloïdes, avec production de cuivre natif.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Fer. — Les minerais de fer sont assez nombreux au Yunnan et donnent lieu à une petite industrie chinoise, vraisemblablement destinée à disparaître avec les progrès des moyens de communication[1]. Un certain nombre d'entre eux doivent être considérés comme des chapeaux de fer aux affleurements des filons complexes renfermant de la pyrite ou de la chalcopyrite, qui se sont transformées superficiellement en hématite. Je rattacherais volontiers à ce groupe le gisement de *Chan-hèou*, région de Si-ho, décrit par M. Lantenois comme constituant des amas en chapelets quasi interstratifiés dans une formation calcaire d'environ 100 m. d'épaisseur, elle-même intercalée dans les quartzites.

Ailleurs, on décrit un gisement, qui présenterait un certain intérêt théorique : une couche de fer magnétique avec quartz, intercalée, sur une grande étendue, à un niveau géologique très constant, dans le terrain dévonien, au Nord-Ouest de Lao-kai, sur la frontière tonkinoise. Ce minerai se trouve à *Ban-vuoc*, se prolonge dans le pays chinois de Baxhat et doit, d'après M. Leclère, correspondre à l'horizon que la Mission Doudart de Lagrée a rencontré, avec des exploitations en pleine activité, près de Kien-kong.

D'autres minerais de fer à caractère sédimentaire ont été signalés : tels les nodules de l'infralias, au Nord-Est du Kouei-tchéou, les rognons de fer carbonatés abondants dans certains niveaux du calcaire ouralo-permien (Lou-pou).

Filons complexes plombo-zincifères. — Le groupe des filons plombo-zincifères paraît d'âge plus récent que celui des gisements cuprifères et, comme le mercure dont il nous reste à parler, est à peu près certainement en relations avec les dislocations tertiaires. Ces gisements sont beaucoup moins connus, les Chinois les ayant un peu négligés. Cependant on signale des groupes de filons plombifères dans le Sud du Yunnan, près de Ko-tiou, déjà mentionné tout à l'heure pour ses filons d'étain (filons de Long-téou-tchai) et, au contraire, dans le Nord-Est de la province, près d'Ouei-ning, où il existe à la fois du plomb, du zinc et du cuivre. Ces derniers surtout ont subi une altération très intense, qui leur a donné, même pour le plomb, la forme carbonatée. A Ouei-ning, la fabrication du plomb est très ancienne et a été fort active, bien que l'on se soit borné à extraire les parties superficielles carbonatées. Pour le zinc, le travail a également porté sur des amas calaminaires encaissés dans les calcaires.

Mercure[2]. — Nous avons déjà, dans la partie industrielle de ce tra-

[1] Voir les rapports de MM. Rocher, Leclère, Lantenois.

[2] Fuchs et De Launay, *Gîtes métall.*, II, 709, et bibl. — Riault. *Rapport sur les mines de Pé-ma-tong* (Mission Lyonnaise, p. 294). — 1899. *Compagnie anglo-française des mercures et concessions minières de la province de Kwei-Chau, Prospectus d'émission.* — 1899 (Z. f. p. G., 107, 206). — Voir plus haut p. 153.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

vail, vu combien les gisements de cinabre sont nombreux et disséminés dans la province de Kouei-tchéou (Kwei-tschou). Ces gisements célèbres ont tout naturellement attiré l'attention des Européens depuis quelques années. Ils ont été visités à diverses reprises et certains d'entre eux ont même, nous l'avons vu, fait l'objet de quelques tentatives d'exploitation moderne. Les renseignements géologiques, que nous possédons sur eux, n'en demeurent pas moins très défectueux. Ce qui s'explique aisément par l'ancienneté des travaux, qui les rend souvent inabordables, par leur caractère généralement superficiel, qui ne permet pas d'apprécier les caractères profonds de la formation, et enfin par la difficulté que l'on éprouve partout à interpréter les gisements mercuriels, en raison de leur dissémination extrême en mouches et veinules sans continuité. Avec ces restrictions, voici à peu près ce qu'on arrive à démêler.

La formation mercurielle, qui s'étend sur plus de 500 km. de long depuis Mongtzé, à la frontière tonkinoise, jusqu'à Kouei-yang au Sé-tchouan, a affecté principalement une zone N. E.-S. W., ou plusieurs zones parallèles à cette direction, qui est, il ne faut pas l'oublier, celle des anciens plis de la Chine Sud-orientale, suivis par les fractures tertiaires, dont l'orographie actuelle du sol est la conséquence. On n'a pas de moyen pour apprécier son âge exact ; car elle est postérieure à tous les terrains représentés et les imprègne tous suivant les cas : carbonifère, permien, trias, ou même rhétien. L'idée la plus naturelle serait donc de considérer cette venue comme se rattachant aux accidents tectoniques, qui ont affecté les terrains secondaires sous la forme de dislocations, à la faveur desquelles le mercure serait monté au jour, peut-être à l'époque tertiaire. Un indice assez vague en faveur de cette idée est le rapprochement qui paraît exister sur quelques points, notamment près de Mongtzé, entre le cinabre et la stibine : substances que l'on trouve associées fréquemment dans les minerais complexes d'Algérie, de Tunisie, etc., ou peut-être aussi l'association, constatée en quelques points, avec le réalgar et l'or piment.

Sauf ces remarques très hypothétiques, on peut seulement dire que le cinabre est, ici comme dans tant d'autres gisements, en veinules, enduits et mouches dans des terrains divers, avec des allures un peu variables suivant la nature de ces terrains, et sans autre minerai connexe en quantité notable que la pyrite (si ce n'est, exceptionnellement, la stibine que nous venons de mentionner).

Le terme de comparaison qui se présente le plus naturellement à l'esprit quand on lit les descriptions de ces mines, ce sont les gîtes de Toscane (Siele, etc.), dont nous avons autrefois donné l'étude [1].

Géographiquement, ces gisements commencent à la frontière Est du Kouei-tchéou, sur le Yang-kiang, où l'Anglo-French Cy a fait des

[1] *Métallogénie de l'Italie*, p. 113.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

travaux en 1899. On trouve, à *Pé-ma-tong*, près de Kai-tchéou, à 50 km. Nord de Kouei-yang-sen, un centre, parfois décrit sous le nom de Kai-tchéou, qui fut autrefois le plus important de la province, occupant jusqu'à 2.000 ouvriers avant la révolte (réduits à 40 dans ces derniers temps) et sur lequel le syndicat européen de Marteau et Durand a fait, en 1899, des travaux[1].

Au Sud de Kouei-yang-sen, la capitale, il y a eu, paraît-il, une énorme exploitation à *Yang-li*. Puis vient le groupe de *Lan-mou-tchang* (entre Hin-y-fou et Mo-you-sé), le second de la province d'après M. Leclère. D'autres gisements sont signalés au Sud de Hin-y-fou. Enfin, près de Mong-tzé, M. Rocher a décrit un gisement de mercure natif, que M. Leclère n'a pu retrouver, mais dont il considère néanmoins l'existence comme probable.

Les gisements dont nous connaissons le mieux la géologie par M. Leclère sont ceux de *Lan-mou-tchang*. Il y a là d'innombrables filonnets disséminés dans les terrains de cette région, qui sont, de bas en haut : les calcaires dévoniens, les schistes calcarifères dinantiens, les calcaires noirs et bleus du carbonifèrien supérieur, enfin les calcaires à productus du permien. La présence de calcaires massifs, à une altitude de 1.450 m., a déterminé un niveau hydrostatique très bas, en raison duquel les Chinois ont pu ici exceptionnellement pénétrer en galeries jusqu'à 1.500 m. des orifices sans être arrêtés par les eaux. Les filons, composés de l'association ordinaire du cinabre et de la pyrite, sont de très minces veinules, souvent réduites à de simples mouches, qui pénètrent dans les terrains divers en prenant des aspects différents suivant la constitution physique de ceux-ci.

Ainsi on a souvent des mouches de cinabre dans un schiste dinantien fossilifère. Ailleurs, on a rencontré, dans le calcaire, un remplissage pyriteux avec cinabre que l'on a enlevé sur 1,50 à 3 m. d'épaisseur.

En amont, vers *Mo-you-sé*, les affleurements cinabrifères abandonnés se poursuivent dans des terrains analogues.

Les gisements de *Pé-ma-tong* ont été décrits par le rapport de la mission lyonnaise, malheureusement sans aucune compétence géologique[2]. On peut seulement en conclure que le cinabre est en imprégnations dans un calcaire.

Ceux de Ouen-chan-tchiang ont été également l'objet d'un rapport de Chauveau, qui paraît singulièrement fantaisiste. Il décrit le gisement comme imprégnant, avec une teneur de 2,78 p. 100, une couche de calcaire triasique superposée à des schistes siluriens. Cette couche est

[1] On signale aussi des gisements dans le Nord-Est de la province, près d'Outchan-yen (*Mission lyonnaise*, p. 295). Est-ce Wu-Tschan ?

[2] On voit, par exemple, p. 295, le cinabre indiqué comme un *oxyde* rouge de mercure.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

représentée, sur ses coupes, comme une strate sédimentaire intercalée dans le calcaire, et qui aurait une épaisseur variable entre 2,75 m. et 18 m. et se continuerait sur une étendue de 100 hectares, en sorte qu'il n'a pas craint d'annoncer un cube de 6 millions de tonnes, représentant 900 millions de francs. Il faut, sans doute, retenir, de ce roman, qu'il y a là une imprégnation disséminée dans les fissures d'un calcaire, de préférence au voisinage des schistes qui auront opposé un obstacle à la circulation des eaux.

Réalgar et or piment. — Les filons de réalgar sont très développés au Sud de Ta-li et produisent actuellement une centaines de tonnes de minerai pur. L'or piment provient de Mong-hoa (Ting), ville située à 40 km. Sud de Tchao-tchéou, au Sud de Ta-li, où l'on en produit environ 200 tonnes de minerai pur par an, valant 15 fr. les 100 kg.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXXII

MÉTALLOGÉNIE DE LA CHINE [1]

Les caractères généraux de la géologie chinoise, qui ont été esquissés

[1] Voir plus haut : p. 133, industrie minière : p. 368, géologie et combustibles : p. 438, sel. Cf :

1847. G. Gutzlaff. *On the mines of the Chinese Empire* (Tr. of the China Br. R. A. Soc., n° 1, art. V). — 1863-1869. Kingsmill. *Notes on the Geology of the East Coast of China* (Journ. of the Geol. Soc. of Dublin, X, 1863, p. 1) : *Geol. of Kwantung* (Journ. North-China Asiat. Soc., 1865) : *Geol. of China* (*Ibid.*, 1869). — 1867. R. Pumpelly. *Geological Researches in China, Mongolia and Japan* (Smithsonian Contr. to knowledge, t. XV, p. VIII-143, avec carte). — 1870. Isid. Hedde. *Aperçu sur la Géologie de la Chine* (Rev. mar. et Col., XXIX, juin et juillet). — 1874. A. David. (B. S. G. F., p. 406). — 1878. H. Cordier. *Bibliotheca Sinica*, 2 vol., in-8°, Leroux. Cet ouvrage contient, t. I, p. 207 à 211, une bibliographie de la Géologie et de la Minéralogie chinoise, antérieure à sa publication. Nous n'en reproduisons ici que quelques ouvrages d'un intérêt particulier, laissant de côté les articles de journaux, inaccessibles dans les bibliothèques européennes. — 1889. Dutreuil de Rhins. *L'Asie centrale, le Tibet et régions limitrophes*, avec atlas, Paris, in-4°. — 1891-1895. Bogdanovitch. Mémoires divers à la suite de l'Expédition au Tibet dirigée par M. V. Pievtsov : *Le Nord-Ouest du Tibet, le Kouen-lun et la Kachgarie* (en russe) (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., t. XXVII, 1891, p. 480-504, 2 car.; *Recherches géologiques dans le Turkestan oriental* (en russe) (Soc. Russe de Géogr., in-4°, VIII-167 p., 8 cartes, 1892) ; *Remarques sur le Kouen-lun* (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., t. XXX, 1894, p. 374-400) : *Einige Bemerkungen über das System des Kwenlun* (Mitth. K. K. Geogr. Ges. Wien, t. XXXVIII, 1895, p. 497-526, carte). — Suess, t. III, p. 355 et bibliog. — 1892. Bonvalot. *De Paris au Tonkin, à travers le Tibet inconnu*, Paris, 8°. — 1893. B. Szechenyi et Von Loczy. *Die wissenschaftliche Ergebnisse der Reise des Grafen Bela Szechenyi in Ostasien* (1877-80) (trad. allem., Wien, 1893) (t. I, p. 348 à 836, géologie par Von Loczy). — 1894. V. Loczy. *Bergmän. Beob. in Ostasien* (C. R. Z. f. p. G., 1894, 254). — *Kohle und Gold in China und Central Asien* (Z. f. p. G., 1894, p. 37, 39, 254 ; 1897, p. 272, 389). — 1896. K Futterer. *Die allgemeinen geologischen Ergebnisse der neueren Forschungen in Central-Asien und China* (Peterm. Mit. Ergänzungs-Heft, 119). — 1898. V. Richthofen. *Schantung und seine Eingangspforte Kiautschou* (Berlin, Reimer. 324 p., C. R. Z. f. p. G., 1898, p. 437 ; Z. f. p. G., *ibid* 1898, p. 73 à 84). — 1898, J. Machat. *Les bases scientifiques de la question chinoise* (Rev. gén. des Sc., p. 517-530). — 1898, *Minerais de fer de Tayeh, prov. Hupeh* (*Chine*) (Z. f. p. G., 67). — 1898, *Carte de la province de Shantung*, Berlin, chez Reimer, 2 fr. — 1899. V. Cholnoky. *Wissensch. Ergebnisse seiner Reise in China und in der Mandchurei* (Verh. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 11 p.). — 1899. Max Friedrischen. *Morphologie des Tien-Schian* (avec carte au 13.000.000 (Zeits. des Ges. fur Erdkunde zu Berlin, t. XXXIV, Berlin). — 1899. Pattberg. Will. *Der Bergbau in China* (Der Bergbau Gelsenkirchen, n° 21, 22, 23). — 1899. Dieseldorff. *Ueber eine bergmannische Forschungsreise in der provinz Schantung* (Z. f. p. G., p. 206 à 209). — 1900. *Or en Chine* (Z. f. p. G., 126). — 1900. Navarra Bruno. *Zum Erzreichthum Chinas* (Preuss. Ztschr. f. d. B. H. u Sal. W., t. XLVIII, p. 423 à 431). — 1901. Vogelsang. *Reisen im nördl. und mittl. China* (Peterm. Mitth., XLVII, p. 241, 284). — 1904. P. Faffins.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dans un chapitre antérieur[1], ont suffisamment mis en évidence les traits principaux dont nous devons nous souvenir pour la métallogénie.

Tout d'abord, un point essentiel, et sur lequel on ne saurait trop insister, est la grande ancienneté de l'émersion continentale et l'antiquité parallèle des derniers plissements orogéniques. Ces deux phénomènes ont déterminé, pendant la plus grande partie du secondaire et du tertiaire, la formation de sédiments uniquement continentaux qui, restés horizontaux et rarement pénétrés de roches éruptives, ont fort peu de chances pour s'être trouvés minéralisés, sauf dans quelques régions spéciales, voisines des plissements himalayens et birmans, où se sont produites des dislocations tertiaires accompagnées de montées éruptives, avec fumerolles métallisantes (Sé-tchouan, Kouei-tchéou, etc.). Une autre raison, qui se rattache par un lien intime à l'observation précédente, fait également que, dans une grande partie de la Chine, quand même il existerait des minerais, on ne les connaîtrait pas. L'ancienneté de l'émersion a eu pour conséquence l'accentuation prolongée des phénomènes d'érosion et de nivellement, qui ont préparé des matériaux détritiques déjà meubles, plus faciles à remettre en mouvement dans les dernières phases géologiques. Il faut se rappeler, en outre, la production relativement très récente des failles en échelons, qui ont déterminé, dans un territoire précédemment aplani, un relief considérable et cette montée par gradins, si caractéristique depuis la mer de Chine jusqu'au faîte de l'Asie centrale. La production d'un tel relief a été forcément suivie d'un ruissellement considérable, auquel se sont superposés les phénomènes éoliens, et il en est résulté, suivant les cas, les deux faciès essentiels de la Chine, la production des limons fertiles et des terres jaunes et celle des sables désertiques : tous deux ayant pour effet de masquer, sur des étendues énormes, le sous-sol, où pourraient se trouver des richesses métallifères.

Ainsi ces deux ordres de considérations excluent immédiatement, pour la métallogénie, des régions immenses de la Chine et restreignent à relativement peu de chose celles où nous pouvons nous attendre à rencontrer des minerais (les sédiments ferrugineux étant, bien entendu, exceptés).

Quand il s'est agi de la houille, nous l'avons vu déjà, la conclusion est inverse[2]. Le caractère continental très ancien a déterminé la formation

Beschreibung der mineral Reichthümer der Halbinsel Kwantun (Organ. d. V. d. Bohrtechniker). — 1901. Leprince-Ringuet. *Etude géologique sur le Nord de la Chine* (Ann. d. M., t. XIX, p. 346-430). — 1902. *Mines de Corée en 1900* (Z. f. p. G., p. 38). — 1902. *Traitement du fer* (Z. f. p. G., p. 65). — 1902. Schellwien. *Trias, perm und carbon in China* (Schr. d. phys. ökon. Ges. Königsberg, 22 p. et 1 pl.). — 1902. Ernst Tiessen. *China* (Bibliothek der Länderkunde, Berlin : Géol., p. 134 à 166 et 405 à 416, carte géol. de la Chine). — 1906. *Mineral Wealth of Manchuria* (publié par le gouvernement général de Kwan-tung, p. 401, 85 planches, carte géologique 1/800.000).

[1] Voir page 381

[2] Page 381.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

de dépôts charbonneux immenses, appartenant à toute une série de périodes géologiques, et la Chine est un pays riche en combustibles ; elle est, au contraire, en dehors de quelques zones, (dont la principale, dans les provinces limitrophes de l'Indo-Chine, a déjà été étudiée), pauvre en minerais.

Cette première restriction faite, une étude complète de la Chine devrait distinguer, comme provinces métallogéniques : 1° Les régions du faite primitif, sur lesquelles un manteau carbonifère ou supra-houiller ne masque pas les terrains métamorphisés (Mandchourie, Liao-toung, Corée, Chan-toung et provinces méridionales) ; 2° les régions faillées à couverture carbonifère, permienne ou infrajurassique du Chen-si, du Honan, etc., dans lesquelles les minerais manquent ; 3° les chaînes de plissement hercynien, qui contournent le massif primitif dans des parties jusqu'ici très peu connues de la Chine, souvent même couvertes de sables désertiques, comme la Mongolie et dans les contrées montagneuses du Nan-chan, du Tsing-ling-chan, etc., où il peut y avoir des minerais, mais pour lesquelles nous sommes mal informés ; 4° enfin les zones plissées et faillées du Sé-tchouan, du Kouei-tchéou, du Yunnan, sur lesquelles s'est fait sentir le contre-coup métallisant des mouvements himalayens et que nous avons en conséquence rattachées à une région différente de l'Asie pour les étudier précédemment au chapitre XXXI. Étant donné les lacunes de nos connaissances sur toute une partie de la Chine et, d'autre part, la description déjà donnée plus haut des provinces du Sud-Ouest, nous nous bornerons ici à la Chine septentrionale, à la Mongolie et au Tibet.

PLATEFORME PRIMITIVE. MANDCHOURIE, LIAO-TOUNG, CORÉE ET CHAN-TOUNG

Mandchourie. — Cette région, dont nous avons précédemment décrit les mines de houille[1], comprend un certain nombre de gîtes aurifères. Ceux de la presqu'île de Liao-toung, qui aboutit à Port-Arthur, ont été spécialement étudiés par Bogdanovitch[2]. On a là, d'après lui, une chaîne plissée d'âge hercynien, comprenant les termes suivants depuis la base : 1° Gneiss, schistes amphiboliques, etc. ; 2° Quartzites, grès quartzeux et schistes argileux, discordants sur les précédents ; 3° Calcaires et schistes argileux cambriens (sinien moyen), séparés des précédents par une nouvelle discordance ; 4° Couches houillères (grès, argiles et calcaires), elles-mêmes affectées par des accidents Nord-Ouest. Les roches cristallines ne jouent qu'un faible rôle dans cette série.

Les dépôts aurifères primitifs semblent être des filons de quartz, ou

[1] Page 382.

[2] Description en français, avec carte, publiée pour l'Exposition universelle de 1900.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

d'une roche pyriteuse analogue à la bérézite, exceptionnellement des pyroxénites encaissées dans la série gneissique. On a également trouvé de l'or en petite quantité (1 gr. à la tonne) dans des roches ferrugineuses à magnétite et hématite, intercalées au milieu des quartzites comme les itabirites du Brésil et devant, sans doute, leur oxyde de fer à une altération de la pyrite. Enfin, l'or existe aussi dans des conglomérats quartzeux, qui constituent une formation littorale précambrienne.

Les placers, qui forment seuls une ressource, vers laquelle la population a commencé à se porter depuis 1898, sont, tantôt des alluvions anciennes des plateaux ou collines, tantôt des alluvions récentes des vallées, tantôt enfin des dépôts marins, constamment reformés par la mer le long de la côte et que les Chinois vont chercher le plus loin possible du rivage (en partie au moins parce que les sables d'un accès plus facile ont déjà été fouillés et refouillés). Cette dernière catégorie de gisements mérite seule des observations spéciales. Aux basses mers d'équinoxe, la mer met à découvert un lit de galets, situé à 100 m. de la côte et qui recouvre des schistes argileux précambriens. Dans une expérience faite, 15 hommes, travaillant deux fois pendant une heure, ont pu retirer là 166 gr. d'or, dont une pépite de 55 gr. L'or paraît provenir surtout du remaniement des alluvions par les fortes mers. En raison du mouvement incessant des vagues, les sables constamment remaniés subissent un enrichissement progressif, qui, poursuivi pendant des siècles, doit donner, le long du rivage, une bande aurifère plus ou moins large, avec concentration à la base.

Beaucoup plus au Nord, on connaît toute une série de gisements aurifères, échelonnés depuis Kirin et Ningouta, vers le 44e degré, jusqu'à Moukden, notamment dans le Tchang-kvan-tsai, à l'Ouest d'Omotso, puis sur le haut cours du Soungari, dans le Tchang-pai, à Tounghva (258 km. Est de Moukden), etc. Toutes ces exploitations portent sur des alluvions. Celles de la région de Kirin (Girin), sont connues pour avoir donné lieu jadis à des scènes de violence et de meurtre, réprimées avec une cruauté qui se traduisait par des allées de têtes coupées [1].

Dans la même région, entre Kirin et Moukden, T'iling, ou la Montagne de fer, est ainsi nommée d'une rangée de collines très riches en minerai de fer. Ce T'iling a été ambitieusement appelé le Sheffield de la Mandchourie, tant on y travaille le fer.

Corée [2]. — Les gisements aurifères analogues se poursuivent en Corée, où la guerre russo-japonaise a contribué à attirer l'attention sur eux.

[1] Voir, pour l'emplacement de ces mines, la carte 65 de l'atlas de Stieler, où elles sont marquées. Cf. RECLUS, *loc. cit.*, p. 240, 243.

[2] Voir plus haut : p. 164. industrie minière, et 376, géologie — Cf. 1886. C. GOTTSCHE. *Geol. Skizze von Korea* (Sitz. Ber. Ak., Berlin, XXXVI, 17 p. et carte). — 1891. T.-H. HOLLAND. *On Rock specimens collected in Corea* (Quart. Journ. Geol.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Leur exploitation, qui porte chaque année sur 3 à 4.000 kil. d'or, a pour objet des alluvions en rapport avec des veines d'imprégnations disséminées dans un soubassement primitif.

La Corée, bien que politiquement rattachée au Japon, fait partie intégrante du faîte primitif sinien, qui se continue dans le Liao-toung et le Chan-toung et le peu que nous avons à en dire doit, par suite, trouver place ici.

C'est, nous l'avons vu, une région de terrains cristallophylliens et métamorphiques, assimilable à toutes celles que nous avons étudiées en Asie Russe, et où l'on doit s'attendre à trouver des gîtes métallifères analogues. Nous avons vu, en effet, en parlant de l'industrie métallifère de ce pays, qu'on y exploite surtout des placers, dont l'origine paraît devoir être recherchée, comme en Sibérie, dans les veines d'imprégnations au milieu des terrains métamorphisés.

Nous avons cependant à signaler un gisement, dont la description trop sommaire paraît indiquer une formation différente et réellement filonienne : c'est le filon de *Gwendoline*, formé de quartz à pyrite aurifère encaissé dans du calcaire.

Pétchili. — Dans cette province où se trouvent les houillères de Kaiping précédemment décrites, nous nous contenterons de signaler plus tard[1] à Latchéou, sur le golfe du Pétchili, des carrières fameuses de stéatite.

Chan-toung[2]. — Si on laisse de côté les provinces du Sud comme le Yunnan, le Sé-tchouan, le Kouei-tchéou et, d'autre part, la Mandchourie et le Liao-toung, dont il a déjà été question, le Chan-toung est une des régions dont on a le plus vanté la richesse métallifère. Nous avons déjà

Soc., XLVII, p. 171-196). — 1898. K. Nishiwada. *Die nutzbaren Mineralien Koreas* (Z. f. p. G., VI, p. 167-169 et 273). — 1900. Suess, t. II, p. 308. — 1902. Braecke. *La Corée, sa situat. économ. et ses richesses minières* (Rev. Un., t. LIX, p. 229-266: La Nature, 1754). — 1906. Inouye, K. *Preliminary report on the mining industry of Korea* (Mining Bureau, Tokyo, p. 1-20, avec carte géologique 1/1.500.000). — 1906. Inouye, K., et T. Niiyama. *Mineral Resources of Chyöl-la Do, and Kyöng-sang Do* (Mining Bureau Tokyo, p. 1-109, avec 12 cartes géologiques locales et une carte géologique générale 1/400.000). — 1906. Iki, J. and S. Suzuki. *Mineral Resources of Hoang-hai Do, Kyöng-sang Do, S. Chhyung-chhyöng Do, and Phyöng-an Do* (Mining Bureau, Tokyo, p. 1-127, avec 14 plans et carte géologique 1/400.000). — 1906. Nishio, R. and H. Okada. *Mineral Resources of Kang-uön Do and N. Chhyung Do* (Mining Bureau, Tokyo, p. 1-116, avec 26 plans et carte géologique 1/400.000). — 1906. Matsuda, S. and S. Sasano. *Mineral Resources of Phyöng-an Do* (Mining Bureau, Tokyo, p. 1-127, avec 20 plans et carte géologique 1/400.000). — 1906. Kanchara, N. and K. Nakagawa. *Mineral Resources of Ham-Gyöng Do* (Mining Bureau, Tokyo, p. 1-80, avec 4 plans et carte géologique 1/400.000). — 1907. Inouye. K. *Geology and Mineral Resources of Korea* (Mem. Imp. Geol. Surv. Japan Tokyo, p. 1-91, avec 6 plans et carte géologique générale 1/1.500.000).

[1] Voir : pour la houille, p. 303; pour la stéatite, p. 770.

[2] Voir : p. 376, géologie ; p. 386, houille du Chan-toung.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

dit ce qu'il semblait y avoir à rabattre de ces espérances en ce qui concerne les minerais et, d'autre part, ce qu'il pouvait exister de réel pour la houille.

En ce qui concerne la métallogénie, nous sommes là sur un ancien massif, où nous ne pouvons guère nous attendre à rencontrer que les catégories de minerais habituels aux terrains primitifs (Sibérie, Canada, etc.). On a, en effet, signalé quelques alluvions aurifères qui paraissent insignifiantes, notamment près de Ping-tou, vers le 120e degré. Puis viennent des imprégnations plombo-zincifères ou cuivreuses dans les gneiss. On connaît également des amas de magnétite au contact de diorites anciennes avec des calcaires cristallins cambriens à quelques kilomètres de Tsinan-fou. Comme d'habitude, il s'est développé, sur ce contact, en même temps que le minerai de fer, des minéraux de métamorphisme, dont le principal est l'épidote. On a encore signalé de l'hématite dans la région plus méridionale d'Itchou-fou, importante pour ses gisements de houille.

Enfin, nous devons rappeler l'existence des diamants du Chan-toung, sur l'origine desquels on ne sait rien de précis [1].

MONGOLIE, TURKESTAN CHINOIS, TIBET, ETC.

Les gîtes métallifères reconnus dans la Mongolie et le Tibet se bornent à un certain nombre d'alluvions aurifères, pour lesquelles on manque de renseignements géologiques et dont nous devrons donc nous borner à signaler les principales.

Si nous partons de l'Est, nous trouvons un premier groupe de régions aurifères à l'Est du *Koukou-nor* (100°, 37°). Autrefois paraît-il, on recueillait là beaucoup d'or. Depuis l'insurrection des Dounganes en 1863, les laveries ont été abandonnées.

La traînée de l'Altyn-tag et du Kouen-lun contient toute une série d'autres gisements : par 91° et 36°,20' au Sud du Chapka Monoimacha bonnet de moine), qui atteint 5.900 m. ; puis, à l'Ouest du Pic Élisée Reclus, sur le Togry-saï (88°; 37°,30) et dans les monts Prjevalski, sur toute une série d'affluents descendant de l'Altyn-tag vers le désert du Tarim entre 81° et 85°.

Il y aurait là, d'après Johnson, à l'Est de Khotan (80° ; 37°), 3.000 ouvriers travaillant aux mines de Kiria (Kerija), dans le flanc Nord du Kouen-lun, dont la production annuelle représenterait, d'après Prjevalski, 2.750.000 d'or par an. A l'Ouest, également, sur le flanc Nord du

[1] 1880. GARDNER. (Proc. of the Geog. Soc. of London, oct.; Z. f. p. G., p. 374). — 1909. Revue Scientifique, t. IX, p. 596. — Le gisement serait près de Li-chia-chuang. Voir plus haut, p. 144, 145 et 376.

[2] Voir atlas de Stieler carte 62, où ces gisements d'or ont été repérés.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Kara-koroum (ou Mous-tag), vers le 77e degré, le haut cours du Tarim, ou Yarkand-Daria, roule également des paillettes d'or.

Plus au Nord, sur le 44e degré, le bassin de l'Ili, qui forme le passage de la Russie à la Dzoungarie à l'Ouest de Kouldja et qui appartient à la Russie, contient également quelques gisements d'or.

Enfin une autre traînée d'alluvions aurifères plus méridionale jalonne toute la longueur du Tibet.

Dans le Tibet occidental, à l'Est du haut Indus, il existe des alluvions aurifères exploitées depuis un temps reculé, qui ont fait donner à l'endroit le nom de Sarthol, ou « pays de l'or » et qui, pour des géographes imaginatifs, représenteraient le fameux pays où, d'après Hérodote, les fourmis gardent les minerais d'or (32°,20 ; 81°,30). Une exploitation régulière a été reprise au milieu du XIXe siècle, en un point nommé *Thok-dchaloung*, à 4.980 m. d'altitude. L'exploitation est surtout active en hiver parce que l'eau, très chargée de matières salines, ici comme dans une grande partie du Tibet, est alors purifiée par la gelée, tandis que, l'été, elle devient imbuvable.

400 km. plus à l'Est, une autre laverie moins importante se trouve à *Thok-daurakpa* (32° ; 85°,10) et une troisième encore un peu plus à l'Est, dans le pays des lacs qui succèdent à l'Ouest au Tengri-nor. En tout, d'après Reclus, la production d'or du Tibet occidental montait, vers 1880, à 200.000 fr. par an, exportés en Hindoustan par le marché de Gartok, sur le haut Indus.

PETITES SUBSTANCES MINÉRALES DE CHINE. NÉPHRITE, JADE, STÉATITE, AGATE, ETC.

Néphrite, jade, etc[1]. — Le groupe des roches connues sous les noms de néphrite, jade, jadéite, etc., a donné lieu à d'innombrables travaux scientifiques tenant aux questions archéologiques de premier intérêt qui se posent à ce propos, et on a fait, en en parlant, beaucoup de confusions. La théorie archéologique était autrefois que les seuls gisements de néphrite et de jade dans le monde se trouvaient en Asie Centrale, dans les monts Kouen-lun et que, par conséquent, tous les peuples préhistoriques ayant fait usage de haches taillées dans cette matière, avaient eu

[1] 1873. Schlagintweit, Hermann. *Ueber Nephrit nebst Jadeit und Saussurit im Künlün Gebirge* (Sitz. K. Baier Akad. Wiss., III, 227-267). — 1874. Stoliczka, F. *Note regarding the occurence of jade in the Karakásh Valley, on the southern borders of Turkistán* (Rec. Geol. Surv. Ind., VII, 51-53) (Quart. jour. Geol. Soc., XXX, 568-570). — 1875. Fischer. *Nephrit und Jadeit, Mineral, Urgeschicht, Etnogr.* Stuttgart, — 1875. S. Blondel. *Le Jade, étude historique, archéologique et littéraire*, E. Leroux, 30 p. in-8°. — (Voir, dans la *Bibliotheca Sinica* de H. Cordier, 1878, divers autres ouvrages sur le jade). — 1894. *Néphrite de Chine* (Z. f. p. G., 444). — 1897. De Lemur. *Monogr. du jade oriental ou néphrite*, 16 p. in-8°, Vannes. — 1907. Freise. *Vorder und mittel Asien während des Alterthums* (Z. f. p. G., p. 115).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des relations plus ou moins directes avec l'Asie Centrale. On a reconnu depuis qu'il existait ailleurs d'autres gisements de la même substance et surtout qu'on avait confondu, sous le même nom, des matières très diverses. La question, sans être encore bien claire, se pose donc différemment.

Tout d'abord, il y a lieu de distinguer un certain nombre de minéraux se rattachant, les uns au groupe du pyroxène, les autres au groupe de l'amphibole, que nous allons rapidement énumérer.

La *jadéite* ou *jade* proprement dite, qui a été beaucoup travaillée par les Chinois et aussi par les anciens Mexicains, est, comme l'a montré Damour, un silicate d'alumine sodifère susceptible de fondre à la flamme de l'alcool, et dont on ignore le gisement précis, bien qu'on ait trouvé, par exemple, en Morbihan, des variétés de pyroxène associées à des éclogites qui s'en rapprochent beaucoup.

La variété de jade, dite *Néphrite* de Chine, très différente de la précédente, est une sorte de trémolite compacte, devant sa grande ténacité à l'enchevêtrement de fibres, dont la composition minéralogique est la même que celle de l'amiante. D'après M. Lacroix, les haches de Nouvelle-Calédonie seraient de cette variété, qui a fourni la plupart des objets réputés taillés dans le jade.

Enfin, une bonne partie du *jade oriental* de l'Asie, de l'Asie Centrale, de la Chine et des îles du Pacifique, appartient à une autre variété d'amphibole, la hornblende.

C'est surtout pour les objets en néphrite, de beaucoup les plus nombreux, que la question d'origine s'est posée. Nous n'en dirons ici qu'un mot.

Il est certain que, dès les temps les plus reculés, des objets de néphrite ont été utilisés dans la civilisation méditerranéenne. On en a eu notamment la preuve par les objets en néphrite trouvés dans les couches les plus anciennes de Troie. En France, les haches en néphrite sont nombreuses; d'autres sont en jadéite. Mais cela n'implique rien sur leur provenance. Les Égyptiens n'ont pas employé de néphrite et, en Assyrie, sur tant de milliers de cylindres, on n'en a, paraît-il, trouvé qu'un seul en néphrite : ce qui paraît peu compatible avec un grand mouvement commercial exportant cette substance depuis l'Asie Centrale jusqu'aux extrémités de l'Europe Occidentale. On a, d'ailleurs, retrouvé de la néphrite en Silésie, à Jordansmülhe, et on en connaît aussi dans l'Amour (monts Jablonov), sans parler du Mexique précédemment cité. La question archéologique a donc perdu de son intérêt. Les gisements classiques du Turkestan n'en valent pas moins une courte description.

Le centre principal de la production du « Jade blanc » est dans la vallée de Kara-kach près de *Khotan*, où il existe de nombreux petits puits d'une dizaine de mètres de profondeur. A l'époque de la prospérité du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

royaume de Khotan, la récolte du Jade, qui se faisait après chaque grande crue, était, dit Reclus, inaugurée par le souverain comme une cérémonie religieuse ; les plus beaux galets étaient ramassés sous ses yeux pour le trésor de l'État. D'après les Annalistes chinois, le fleuve de Khotan se formerait de trois cours d'eau, dont chacun roulerait des galets de jade d'une couleur spéciale : rivières du Jade vert, du Jade blanc, du Jade noir. En dehors des alluvions, on exploite la roche en place près de Balakchi, là où le Kara-kach se prépare à entrer dans le défilé de Chah-i-doulah. La roche principale est un gneiss syénitique, alternant avec des micaschistes et schistes amphiboliques, où courent des veines d'un minéral blanc ayant jusqu'à 10 m. de puissance et renfermant elles-mêmes des veinules de néphrite. Celles-ci n'ont la couleur verte estimée que dans la partie centrale des veinules et sont blanchies sur les bords. On trouve, en outre, de nombreux galets de néphrite dans les affluents descendant des Kouen-lun, mais seulement là où ces monts renferment les mêmes roches de gneiss à amphibolites et pyroxénites.

Au voisinage de la mine de graphite Alibert, près du lac Baïkal, on connaît également de la néphrite.

Stéatite. — On cite, sur le golfe de Pétchili, à *Latchéou*, des carrières de stéatite où, depuis un temps immémorial, on a tracé un dédale de galeries.

Agates. — Au pied du Tien-chan, la région de Tourfan, qui passe pour volcanique, contient une montagne célèbre dans les descriptions comme contenant des nodules d'agate.

Mica. — En 1898, on a signalé d'importants gisements de mica à 60 ou 80 km. de la baie de *Kiaou-tchéou*. Ce mica serait dans une arène désagrégée et sableuse formant des lentilles de 3 m. d'épaisseur[1].

Kaolin chinois. — On sait que le kaolin est originaire de Chine. La présence du kaolin suppose deux choses : d'abord la présence des granulites à mica blanc, particulièrement aptes à le fournir, et ensuite leur altération. Celle-ci elle-même, étant en rapport avec la profondeur du niveau hydrostatique, est rarement réalisée dans les régions trop aplanies, telles que les plate-formes primitives. Son rôle, par exemple, est à peu près insignifiant sur les roches et minerais scandinaves. En Chine, au contraire, l'accentuation récente du relief paraît avoir provoqué aussi bien des altérations que des érosions considérables.

Le principal centre de production des Kaolins est dans le Kiang-si. Nan-tchang, dans cette province (116° ; 28°,30') est l'entrepôt général

[1] 1878. Z. f. p. G., p. 180.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

des porcelaines que l'on fabrique à l'Est du lac Poyang, dans la vallée du Tchang-kiang, où il y avait, au XVIIIe siècle, plus de 500 fabriques et 1 million d'hommes.

Cette industrie a diminué. Néanmoins la porcelaine de Kingte'tchen est toujours la plus estimée de Chine.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXXIII

MÉTALLOGÉNIE DU JAPON

La plupart des gîtes métallifères du Japon rentrent dans un type assez uniforme et qui est bien celui auquel on pouvait s'attendre d'après la constitution géologique du pays. Les métaux représentés sont, en laissant de côté la pyrite de fer : avant tout, le cuivre; puis le plomb argentifère, et l'or à l'état de pyrite ou de chalcopyrite aurifères; accessoirement, dans le Japon méridional, l'antimoine et des traces de mercure. Un seul gisement médiocre d'étain a été signalé dans le Sud de l'île de Kiou-Siou. En deux mots nous comparerons : le Japon septentrional à l'Ouest américain ou au Mexique, ou, pour prendre un type européen, à certaines parties de la Hongrie; le Japon méridional (avec Sikok et Kiou-Siou) à la Toscane[1].

Dans la plupart des cas, on trouve ici, en relation avec les roches éruptives tertiaires, et parfois même avec des andésites du pléistocène, des veines de quartz métallisé, très nombreuses, très ramifiées, souvent enchevêtrées de la manière la plus complexe, qui traversent les roches et sédiments tertiaires et les cinérites ou tufs éruptifs associés, en prenant souvent un développement particulièrement favorable dans ces derniers. Beaucoup de ces filons présentent cette allure d'une zone imprégnée plutôt que d'une véritable fracture, si habituelle dans des provinces métallogéniques analogues. En même temps, on y observe l'ordinaire disposition bréchiforme des minerais brisés pendant et après la métallisation par la continuation des mouvements orogéniques dont ils étaient un incident. Pratiquement, on a donc souvent des types de stockwerks, de masses minéralisées et, en même temps, silicifiées à teneur assez faible, ou encore de veines étroites, irrégulières, disséminées.

La métallisation comprend, dans une gangue de quartz avec barytine, des sulfures complexes de fer, cuivre, plomb et zinc, avec argent et or. On peut y distinguer deux groupes principaux, qui nous paraissent des

[1] Voir plus haut : p. 155, industrie minière ; p. 389, géologie et combustibles. Nous avons déjà donné, p. 155, la bibliographie générale. — Coll. Ecole des Mines. n° 2454, manganèse de Seasari ; n°s 2523 et 2622, fer de Sugaya et de Shirome (Nagato); n°s 1000, 1002, 1101, 2808, cuivre de Kanagassi, Adakal et Sassagatami, etc. ; n° 1695, étain de Minasaka; n° 1661, mercure de Yamato; n° 1584, cobalt d'Owari; n° 1694, or de Satsuma.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cas particuliers d'un même système, pouvant passer de l'un à l'autre sur la longueur d'un même filon, mais qui n'en ont pas moins leur individualité théorique, en même temps qu'ils se différencient dans la pratique industrielle : filons de quartz auro-argentifères genre Comstock ou Schemnitz; filons de quartz cuprifères genre Montana. Ces derniers renferment très fréquemment des traces sensibles d'argent et d'or, qui les font passer au groupe précédent. L'apparition de gangues manganésifères les rapproche encore plus, dans bien des mines, du type Montana.

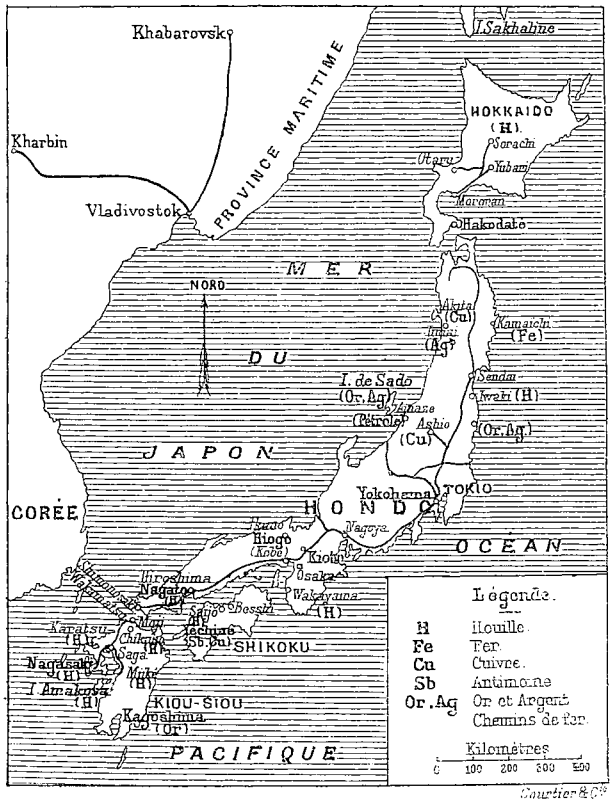


Fig. 80. — Carte d'ensemble des principales mines du Japon. (Echelle au 1 : 20.000.000.)

Le cuivre, on le remarquera, joue ici, du moins dans les gisements sur lesquels l'attention industrielle s'est trouvée attirée, un rôle beaucoup plus important: ce qui peut, il est vrai, tenir en partie à ce que les chercheurs ont opéré une sélection des mines les plus avantageusement dotées dans les conditions où se présentait l'industrie minière. Pratiquement, c'est, ou le cuivre, ou l'or et l'argent associés, que l'on exploite. La production de plomb est insignifiante, celle de zinc nulle. Quand on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

sera forcé de s'enfoncer dans la profondeur des gîtes, ce qui arrivera vite avec l'actuelle intensité d'exploitation toute américaine. Il se produira peut-être, dans la nature apparente de la métallisation, un changement analogue à celui que l'on a rencontré au Mexique. L'altération superficielle très active a, comme toujours, déterminé un enrichissement en or, qui a surtout joué un rôle dans les phases anciennes de l'exploitation, en donnant lieu à des zones d'enrichissement, aujourd'hui à peu près partout épuisées. On peut rattacher au même phénomène d'altération la formation de quelques oxydes manganésifères, qui se présentent d'ordinaire en lentilles irrégulières dans les terrains argileux de décomposition situés sur un champ de filon sulfureux, et celles de carbonates manganésifères associés aux minerais d'argent altérés, ici comme au Montana. A côté de ce groupe principal viennent des filons d'antimoine.

Par exception, certains gisements comme ceux de Mozumi, Kamioka (36°30; 137°50) sont encaissés dans les gneiss, cipolins, etc., et en tirent un aspect un peu différent. Là on doit songer à la possibilité d'une venue plus ancienne, assimilable aux venues hercyniennes dont nous avons déjà rencontré tant de types. Une étude locale détaillée pourrait seule trancher la question.

A première vue, il semble plus logique de rattacher ces cas spéciaux au type général, dont ils ne se différencient pas nettement par leur métallisation. Cependant il est certain que, lorsqu'on aborde le Japon méridional, on voit apparaître un certain nombre de types métallifères caractéristiques d'une profondeur de cristallisation plus grande, sinon d'un âge plus ancien. Dans l'île de Sikok (Shikok), l'amas pyriteux de Besshi à 4 ou 5 p. 100 de cuivre, encaissé dans les schistes, est tout à fait comparable à ceux que l'on trouve dans les massifs anciens d'Espagne, ou même de Norvège; et surtout on peut le rapprocher de ceux que nous avons eu l'occasion de décrire comme apparaissant en Toscane dans une série tertiaire, qui a quelques rapports avec celle du Japon, au voisinage de granites tertiaires[1]. Makiminé, Hibira, Sawatari, dans l'île de Kiou-Siou, renferment aussi des lentilles pyriteuses à 4 p. 100 de cuivre, formant filons-couches dans des schistes paléozoïques. Le développement des filons de quartz à stibine, avec des caractères analogues à ceux de nos gîtes hercyniens, est également un indice possible de cette profondeur plus grande : ces stibines, dans la plupart des gisements où nous avons pu les étudier de près en Europe, étant fort intimement reliées à des roches de demi-profondeur, telles que les micro-granulites. C'est, comme le mercure et l'étain accidentel, une autre ressemblance avec la Toscane dont nous parlions tout à l'heure : par conséquent avec une province métallogénique qui n'est plus tout à fait la même que l'Ouest américain ou le Mexique, auxquels nous avions surtout pensé

[1] *Métallogénie de l'Italie*, p. 67 et suiv.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

jusqu'ici. Une série de descriptions vont préciser les conditions générales. Leur monotonie même mettra en évidence l'ordinaire uniformité des gisements.

Nous allons passer en revue, du Nord au Sud, les principales zones métallisées [1].

HOKKAÏDO

L'île d'Hokkaïdo, en grande partie sans doute parce qu'elle est moins explorée, paraît fort pauvre en gîtes métallifères. Cette île a, pour trait le plus important de son ossature, une grande chaîne plissée Nord-Sud, qui la traverse dans sa partie médiane : chaîne comprenant un axe de granite et de paléozoïque, avec du crétacé et du miocène plissés. C'est dans ces terrains supra-crétacés et miocènes plissés que l'on exploite les gisements charbonneux de Poronai, Yubari, etc., décrits précédemment [2]. Des deux parts, on a de grandes étendues de terrains tertiaires, avec des produits éruptifs récents ou tertiaires. C'est en relation avec les roches éruptives tertiaires que sont, comme dans tout le Japon, les principaux gîtes métallifères. Enfin, à l'Ouest et au delà de ce qu'on appelle la baie des volcans, on retrouve, avec une direction arquée assez particulière, une autre chaîne de primaire et de granite, qui peut avoir son prolongement dans la grande île.

Si l'on excepte les combustibles et un peu de soufre solfatarien, dont l'exploitation est ralentie par la concurrence américaine, la seule mine en activité à Hokkaïdo est une mine d'argent à *Shika-ribertsu*, mine découverte en 1890 et qui, d'après son histoire industrielle, semble correspondre à un gisement fort irrégulier. On a là, dans un tuf andésitique tertiaire, des filons larges de 1,60 à 10 m., dont on n'a encore exploité jusqu'ici que la partie superficielle, caractérisée par une association des minerais d'argent sulfurés avec du carbonate de manganèse, qui est également caractéristique de certains gisements de Montana et que, dans le cours de ce volume, nous avons déjà rencontrée à Milos. Ces minerais, associés avec des sulfures complexes, galène, blende, pyrite, dont ils dérivent, sont en lentilles dans une gangue quartzeuse. L'ensemble présente tous les caractères des gîtes en relation avec des roches tertiaires, que nous allons avoir l'occasion de décrire fréquemment dans la grande île.

GRANDE ILE [3]

Dès que nous abordons la grande île par le Nord, nous trouvons, dans

[1] Voir, outre la figure 77, les figures 17 et 18 et la planche X (carte des principales mines du Japon).

[2] Voir plus haut, p. 397.

[3] Voir plus haut : p. 398, combustibles ; p. 481, pétrole.

UNIVERSITE DE PARIS.GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

la zone tertiaire, pénétrée de roches éruptives, qui occupe l'Ouest de la chaîne paléozoïque avec une direction Nord-Sud, un certain nombre de gisements métallifères, dont la minéralisation consiste surtout en cuivre, plomb argentifère plus rare et, accessoirement, manganèse et dont les principaux sont, du Nord au Sud : Iwasaki (Mn), Hachimori et Mizusawa (Cu), Kosaka (Ag et Cu), Omaki, Oyu, Okuzu et Osarizawa (Cu), Ani (Cu), Shirayama (Cu), Hisan-ichi (Cu et Pb), Arakawa (Cu). La plupart de ces gisements sont en rapport direct avec des dykes de roches tertiaires, andésites, etc., dans des tufs éruptifs et se rapprochent par là des gîtes Ouest-américains. Ce sont des veines de quartz, dont les principales arrivent à former des masses très volumineuses et dans lesquelles on trouve des sulfures métalliques divers de fer, cuivre, plomb, argent, etc, ayant pu subir une altération superficielle plus ou moins avancée.

Par exemple, l'importante mine d'argent et de cuivre de *Kosaka* se présente sous la forme de nombreuses veines quartzeuses, en relation avec des andésites ou trachytes et encaissées dans un tuf éruptif de ces roches. Il y a surtout une sorte de lentille, large de 100 m. et longue de 800, dans laquelle les veines quartzeuses métallisées se sont accumulées de manière à former une seule masse exploitable. Des dislocations, postérieures à une première métallisation et suivies par des métallisations ultérieures, donnent au gîte l'aspect bréchiforme, qui est si fréquent dans les formations de ce genre, dont le Comstock forme un bon type américain. Le point de départ profond est un quartz avec pyrites de fer et de cuivre, contenant des traces d'or, une proportion plus notable d'argent et un peu de galène argentifère. L'altération superficielle a développé des parties argileuses et, en même temps, transformé le minerai, en lui donnant une apparence terreuse ou sableuse et incohérente, avec disparition de la pyrite. Le minerai qualifié de terreux renferme : de l'argent sulfuré cuprifère, de l'oxyde de cuivre, de l'argent et du cuivre natifs, du cuivre carbonaté plombifère, de la pyromorphite, du fer phosphaté, etc. Ce minerai contient 3, 6 p. 100 de plomb, 0,8 de cuivre et 0,03 d'argent. Il provient d'un minerai dit noir (qui ne doit pas lui-même représenter la forme primitive), où il entre 8 à 10 p. 100 de cuivre, 0,03 à 0,06 d'argent et 2 à 8 p. 100 de plomb.

La mine d'*Osarizawa,* qui est située un peu plus au Sud, se compose de nombreuses veines quartzeuses sans grande continuité et très enchevêtrées, qui traversent le tertiaire au voisinage d'andésites et de liparites. C'est encore un de ces types, fréquents dans l'Ouest américain, qui rappellent les stockwerks. Des cassures, pouvant avoir jusqu'à 1 m. de large mais souvent très minces, sont surtout remplies par des matériaux des parois, avec une minéralisation de quartz et barytine englobant un mélange complexe de pyrite de fer, chalcopyrite, blende et galène. L'altération a donné : d'abord, des cuivres panachés et de la chal-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

cosine; puis du cuivre natif, du sulfate de cuivre, etc. L'or, qui a joué autrefois dans l'exploitation le rôle principal et qui contribue encore assez sensiblement à la valeur de la mine, provient, tantôt de la pyrite, tantôt de la chalcopyrite. On a pris, au début, les parties où il avait été dégagé par l'altération. Maintenant, on le trouve dans l'affinage du cuivre.

Plus au Sud, le district d'*Ani*, où se trouve aujourd'hui une mine de cuivre de quelque importance, est dans le même cas et a produit un moment de l'or. Un assez grand nombre de filons ou veines traversent toutes les formations de la région, qui sont : d'abord des sédiments, à intercalations de cinérites et tufs volcaniques, pouvant contenir des couches charbonneuses, puis des andésites augitiques et des trachytes quartzifères. Il existe également du granite, probablement récent, qui est recoupé par de nombreuses galeries de mines. A Mukoyama, deux veines principales sont rémunératrices. Ce sont des zones d'imprégnation métallifère, comme il s'en trouve fréquemment dans les districts de ce genre, plutôt que des remplissages de fractures. La veine et la roche encaissante ont la même nature. Ailleurs, on a de très nombreux filons cuprifères : les uns Est-Ouest, qui semblent plus anciens, et les autres Nord-Sud. Une liste d'une cinquantaine en a été dressée. La plupart sont inclinés de 60 à 90°, avec une puissance ne dépassant pas 15 à 20 cm. On y trouve un mélange de pyrite, chalcopyrite, galène, blende, etc., à gangue de quartz et barytine, avec développement superficiel des minéraux oxydés ordinaires, de l'or natif et de l'hématite ou de la magnétite associées. La teneur du meilleur minerai est de 1 p. 100 d'argent, l'or étant associé à l'argent dans la proportion de 1 à 100.

Le groupe d'*Arakawa* comprend les mines d'Hisan-ichi, Hata, Kizammori. A Arakawa, on a encore des tufs tertiaires, traversés par des filons qui les ont silicifiés au contact : filons renfermant le mélange ordinaire de pyrite, chalcopyrite, galène et blende, avec quartz et barytine et des produits d'altération tels que la phillipsite, le cuivre natif. Il y a cinq filons reconnus à peu près parallèles, dont le principal varie de 0,30 à 3 m. de large. A Hisan-ichi, le filon principal, large au maximum de 1,30 m., est encaissé dans l'andésite augitique. A Hata, les filons forment un stockwerk très ramifié à veines étroites dans des tufs, des schistes tertiaires et des liparites. Le remplissage est toujours du même genre.

Si nous continuons à parcourir l'île vers le Sud, nous trouvons plus loin le groupe de Matsuoka, Senninzan, Innai, Tagonai, Tsurugizan, Aragu, Hosokura, Araya, Motoyama.

La mine d'*Innai* a fourni, en 1897, 13.585 kg. d'argent et 84 km. d'or pour 55.000 t. de minerai.

La plupart des gisements y sont encaissés dans une andésite à augite propylitisée, qui forme les montagnes du pays. Cette roche, ordinaire-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

ment d'un vert clair (parfois, par altération, d'un vert foncé), est assimilable à celles qu'on trouve si fréquemment associées aux filons argentifères et aurifères du Mexique, du Nevada, etc. Elle contient, par elle-même, des traces d'or et d'argent. Parmi les veines qui la traversent, on n'utilise qu'un filon principal pouvant atteindre 10 m. de puissance et ses ramifications. Ce filon renferme, comme gangue, outre le quartz prédominant, une association de quartz rougi, avec manganèse et calcite, que les mineurs appellent « pierre de singe ». Les minerais, dont la forme principale est déjà une forme altérée, ayant subi une modification des sels d'argent, renferment de l'argent sulfuré avec de l'argent rouge et parfois de la pyrite de cuivre. La galène et la blende apparaissent aussi et doivent, comme dans tous les filons de ce genre dont le Comstock est un type classique, augmenter en profondeur.

A *Tagonai*, on a de même des filons quartzeux auro-argentifères, dont la teneur en argent est souvent annoncée par une teinte brune, au milieu d'andésites augitiques, tufs, schistes, grès et conglomérats. Certains minerais, qui annoncent la forme plus profonde, sont des quartz avec blende, pyrite cuivreuse et pyrite de fer. Ailleurs, on trouve une forte proportion de barytine, soit avec de la pyrite, soit avec de l'oxyde de fer brun rougeâtre venant de cette pyrite. Les traces d'or sont faibles.

La mine auro-argentifère de *Nanda*, un peu au Nord de Fukushima (38°) offre, elle aussi, des quartz auro-argentifères, avec argent sulfuré, dans des liparites, andésites augitiques, tufs, grès et conglomérats tertiaires.

Sur le même parallèle, mais à l'Ouest du Japon, dans l'île de *Sado*, on a des mines d'or et d'argent célèbres, dont l'exploitation remonte, nous l'avons vu[1], à plus de trois siècles. Cette ancienneté d'exploitation a eu pour résultat l'épuisement de tous les minerais riches superficiels, qui subsistent encore, au moins en partie, dans d'autres mines japonaises et, par suite, la nécessité de passer à une autre étape de l'exploitation minière : celle qui amène aujourd'hui le relèvement du Mexique, où l'histoire industrielle est analogue, par l'exploitation en grand et avec des moyens économiques des minerais pauvres.

A Aikawa, où se trouvent les filons principaux de Sado (fig. 81), on a encore des terrains tertiaires plissés, mais d'une manière assez régulière (alternances de tufs et de schistes argileux), avec des andésites augitiques ressemblant aux diabases porphyritiques anciennes et généralement très décomposées. Les filons de quartz blanc renferment de la galène et de la pyrite de fer abondantes, mais pratiquement négligées, quelques chalcopyrites et surtout des minerais d'argent sulfatés avec de l'argent et de l'or natifs. Les coupes ci-jointes pourront servir de spécimen de leur allure filonienne.

[1] Page 163.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Le district métallifère d'*Ashio*, au Nord de Tokio, est le principal du Japon pour la production du cuivre; il fournit seul le tiers de la production totale. Ce gisement est situé dans une zone de paléozoïque et granite, recoupée par des éruptions tertiaires de rhyolithe, liparite passant à la dacite, andésite, etc, et semble en relation directe avec ces roches tertiaires dans des conditions qui rappellent encore celles que l'on peut trouver dans le Montana, l'Arizona, le Mexique, etc. Une tren-

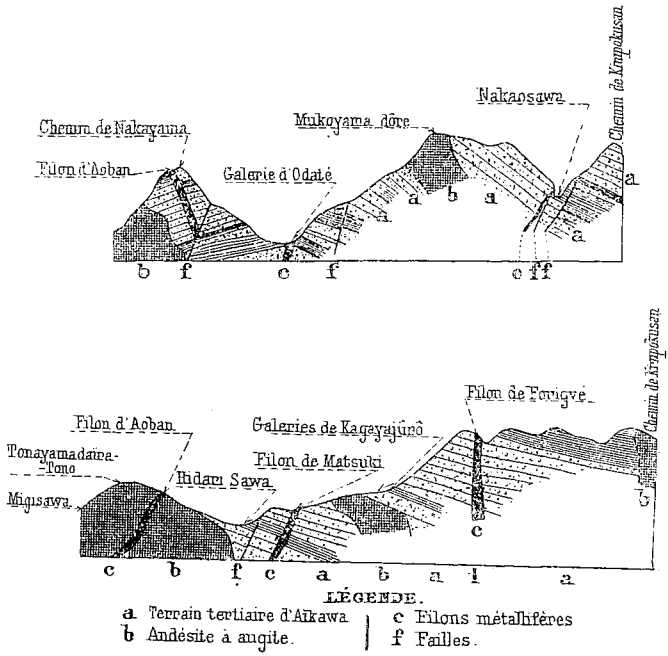


Fig. 81. — Coupes des mines de Sado.

taine de filons, fort irréguliers de direction et d'allure et qu'on a en vain cherché à grouper systématiquement, sont, d'après Yamada, exclusivement encaissés dans la liparite; ils présentent, comme caractère essentiel, une minéralisation de chalcopyrite à gangue quartzeuse, bien qu'il s'y rencontre également d'autres sulfures métalliques, tels que la pyrite de fer, le mispickel, la galène, la blende, etc. C'est donc, dans les classifications habituelles, un type un peu différent des précédents, bien que, pour nous, il ait exactement la même origine et se présente dans les mêmes provinces métallogéniques : le type cuivreux, au lieu du type surtout auro-argentifère. Les filons ont été suivis sur des longueurs qui, pour les principaux, peuvent atteindre 2 km. avec 6 m. de large, ou 1.700 m. avec 1,50 m.

Quelques gîtes de manganèse, comme Fukizawa, Iwakiri, etc., sont dans la même région et représentent évidemment une de ces concentra-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tions manganésifères superficielles, qui tendent toujours à se réaliser en quelques points sur les zones fortement pyritisées en profondeur.

Vers la même latitude (36° à 37°), l'Ouest de l'île renferme d'assez nombreux filons de cuivre, argent, or, avec accessoirement du plomb et du manganèse : Kuratani, Até, Ogoya, Mozumi, Kamioka, Kawai, Hirayu et, plus au Sud, Omodani, Haiasa. Les caractères sont toujours les mêmes : gîtes à minerais complexes, auro-argentifères ou cupro-argentifères, associés avec des roches éruptives tertiaires; gangue quartzeuse, à association possible de barytine ou de composés manganésifères résultant d'une concentration en grande partie superficielle.

A *Kuratani*, deux filons argileux, encaissés dans le tuf, renferment : pyrite et mispickel, légèrement aurifères, blende, galène argentifère, stibine.

A *Até*, des filons assez réguliers, encaissés dans le tuf, sont surtout chargés de pyrite et chalcopyrite, avec cuivre panaché, barytine et quartz.

A *Ogoya*, de nombreux filons, enrichis à leurs intersections, sont encaissés dans le tuf gris avec des inclinaisons très variables (les filons les moins inclinés étant considérés comme les plus riches). Leur remplissage est presque exclusivement formé de chalcopyrite, pyrite et érubescite.

A *Mozumi et Kamioka*, les conditions semblent, au moins en apparence, différentes de ce que nous avons rencontré jusqu'ici. Les terrains encaissants sont des gneiss à hornblende, schistes et calcaires, et les roches tertiaires n'apparaissent pas immédiatement au voisinage. Mais ce n'est pas une raison décisive pour distinguer ces gisements des autres et les rattacher à une venue plus ancienne, dont on doit cependant signaler la possibilité. A Mozumi, la minéralisation comprend : chalcopyrite, galène, blende, pyrite, mispickel, etc., avec altérations donnant argent rouge, pyromorphite, etc. Pratiquement, le gîte est exploité pour l'argent, le plomb et le cuivre.

A *Kamioka*[1], les filons, dits de Tochido, sont situés sur les deux flancs d'un porphyre quartzifère; il existe aussi des amas irréguliers et absolument limités de minerai. Le remplissage de Tochido comprend : pyrites de fer et cuivre, mispickel, galène et blende, avec altérations, carbonates de cuivre et de plomb, etc.

A *Hirayu*, on se retrouve dans une région andésitique avec des filons dont le remplissage utile est surtout de la chalcopyrite argentifère.

A *Omodani*, on est dans des grès et schistes secondaires, traversés par des filons nombreux et réguliers, mais étroits (1 m. au plus), où l'on trouve : chalcopyrite, cuivre panaché, chalcosine, cuivre gris, pyrite de fer, mispickel, blende, galène, accessoirement argent natif, avec un peu de spath-fluor. Pratiquement, la mine est exploitée pour cuivre et argent connexe.

[1] Voir plus haut, p. 463.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Après une grande région sans mines métalliques, nous passons maintenant à l'Ouest de Kioto et d'Osaka, où nous allons voir s'introduire, dans les remplissages métallifères, des éléments un peu différents : d'abord de l'antimoine et du mercure; puis, au Sud de Kiou-Siou, de l'étain. Nous trouverons, en même temps, à Besshi, un type nouveau de gisement en amas.

A *Ikuno*, on exploite, depuis plus de mille ans, un gisement de cuivre argentifère, qui reproduit tout à fait les types précédemment rencontrés, tout en pouvant servir à expliquer certaines anomalies précédentes[1]. Ce gisement est, en effet, en connexion évidente avec tout un système compliqué de roches tertiaires, andésites propylitisées, trachytes, liparites, basaltes, etc., traversant des tufs tertiaires; mais, en même temps, le substratum de gneiss apparaît, et un quartier de la mine, celui de Kasé, est sur cette roche, traversée ici par des veines de trachyte quartzifère et d'andésite.

Les filons sont nombreux, d'allure variable, et leur remplissage diffère, non seulement d'un filon à l'autre, mais dans l'intérieur du même filon. On peut cependant retenir, comme trait général, la prédominance ordinaire du cuivre argentifère, qui caractérise, on l'a vu, la plupart des mines japonaises, où l'argent provient beaucoup plus du cuivre que du plomb, dans lequel on le trouve ailleurs, notamment dans les mines hercyniennes. A cette particularité s'ajoute, comme trait solidaire, la présence de l'or, que la pyrite de cuivre renferme souvent en même temps. Surtout dans les périodes d'exploitation ancienne, où l'on avait des minerais altérés de surface, on a trouvé des poches remarquablement riches en or et en argent.

Parmi les filons, on peut citer le filon principal de Taïsé, encaissé dans le trachyte quartzifère, qui, par endroits, a jusqu'à 30 m. de large et dans lequel on a trouvé, à diverses reprises, des minerais riches en argent sulfuré, où l'abondance de l'or est d'ordinaire signalée par une teinte brune, qui le caractérise aussi dans d'autres mines comme à Schemnitz. Cet or est associé avec pyrite, chalcopyrite et blende. Ailleurs, dans le quartier de Kanagasé, où une dizaine de filons sont en exploitation, on a des filons cuivreux tenant du cuivre panaché, du cuivre pyriteux, de la galène, de la blende, de la bournonite, de l'antimoine, du nickel et du cobalt, et des filons argentifères, dans lesquels l'argent sulfuré, l'argent rouge et même l'argent natif accompagnent la galène, la blende et la pyrite de fer. Un des filons, dit Motohi, qui a 3 km. de long, est argentifère dans le Nord, cuprifère dans le Sud. Le quartier de Wakabayashi contient de la galène plus abondante avec du cuivre pyriteux. Ce champ de filons est recoupé par de nombreuses failles, et les filons portent l'empreinte de dislocations intérieures.

[1] Coll. Ecole des Mines, n° 1660.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

A l'Ouest d'Ikuno, on trouve encore des filons cuprifères à Yoshioka et Koizumi.

A *Yoshioka*, des couches paléozoïques de grauwackes et schistes argileux sont recoupées par des porphyrites amphiboliques et augitiques. Les filons, au nombre de 17 et de directions très variables, sont surtout formés de quartz avec chalcopyrite assez sensiblement argentifère, qu'accompagnent : pyrite, pyrrhotine, mispickel, galène, blende, ces deux derniers minerais en faible quantité.

A *Koizumi*, on a des calcaires paléozoïques recouverts par du conglomérat et du tuf porphyritique secondaire : le tout traversé par une roche, qualifiée de porphyrite, qui est sans doute une andésite. Onze filons à peu près parallèles contiennent de la chalcopyrite avec de la galène argentifère, de la pyrite, de la pyrrhotine, du mispickel, de la blende. La présence des calcaires paléozoïques traversés a, sans doute, contribué au développement de la calcite dans la gangue.

Enfin, vers l'extrémité Ouest de la grande île, on voit, à *Kano*, s'isoler l'antimoine, que nous avons déjà vu apparaître dans certains remplissages à titre accessoire, et que nous allons retrouver assez fréquemment dans le Japon du Sud. Cette mine, qui a produit, en 1897, 161 t. de stibine et 9 t. d'antimoine raffiné, contient des filons irréguliers de stibine encaissés dans les alternances de terrains primaires, grès schisteux, schistes, conglomérats, etc. Comme dans beaucoup de filons d'antimoine, la stibine est à peu près exempte de gangue.

Minerais de fer. — Nous n'avons, dans l'énumération précédente, pas eu à mentionner de gisements de fer. La production du minerai de fer est très faible au Japon et semble peu destinée à s'accroître : ce qui constituera toujours, pour le Japon, une infériorité industrielle, à laquelle les usines japonaises doivent suppléer par l'importation de minerais chinois[1]. Cependant un de ces gisements mérite d'être signalé.

A *Kamaichi*, dans le Nord-Est de la Grande île (39°,20), entre 500 et 1.000 m. d'altitude au-dessus du port du même nom, on a, dans les gneiss recoupés par du granite et de la diorite relativement récents, des amas de magnétite accompagnés de grenat et d'épidote, qui se présentent donc à nous dans les conditions minéralogiques où nous sommes habitués à rencontrer les gites de contact (type Banat). La ressemblance est accentuée par la présence fréquente de la pyrite et de la chalcopyrite. Sur 5 km. de long, on a des séries d'amas verticaux ayant 20 m. de large, qui sont souvent au contact immédiat de la roche éruptive et dans lesquels le grenat peut se substituer à la magnétite. Un autre gisement moins important a pu être, avec des interruptions, suivi sur 4 km., mais est très disloqué et large au plus de 5 m. On ne signale pas la présence de calcaires au con-

[1] Voir plus haut, p. 160, 401, 731. Cf. 1874. Sévoz (Ann. d. M. 7e, t. VI, p. 349).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

tact; mais la présence du grenat doit faire supposer leur existence. Le minerai tient, en moyenne, 0,02 à 0,05 de phosphore. Sa teneur en soufre varie beaucoup, comme dans tous ces gites susceptibles de renfermer de la pyrite visible. On extrait environ 50.000 t. par an, avec 220 ouvriers.

Ailleurs, au Japon, on a encore des minières de fer, telles que celles de *Sugaya*, au Sud de Shimané, sur le 133e degré, où l'on trouve des sables à magnétite titanée sur des granites et roches éruptives décomposés par l'érosion.

SIKOK

L'île de Sikok, ou Shikoku renferme la seconde mine de cuivre du Japon, Besshi, un gîte de mercure insignifiant à Kamotani et deux mines d'antimoine, l'une à Ichinokawa, près de Besshi, l'autre à Maibara.

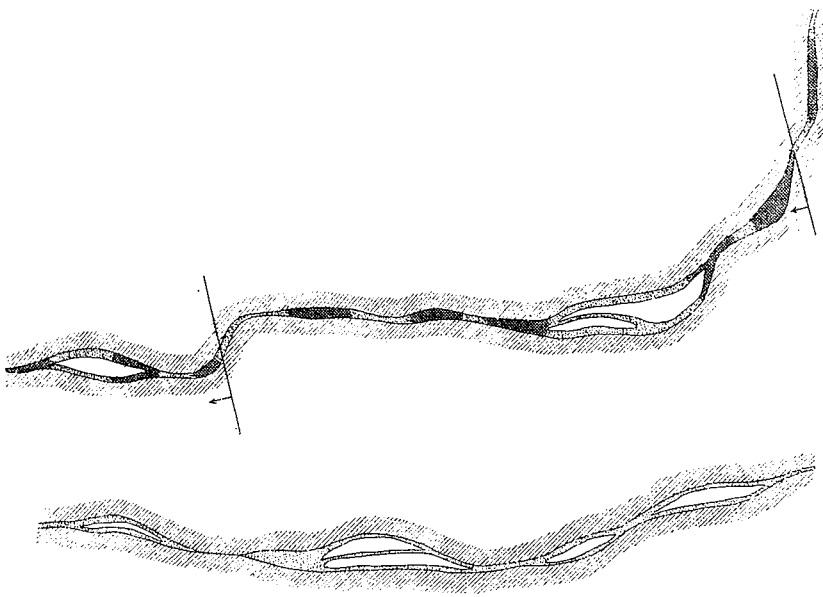


Fig. 82. — Coupes longitudinale et horizontale des mines d'Ichinokawa.

Le gîte de *Besshi*, très différent de ceux que nous avons examinés jusqu'ici au Japon par son allure, et peut-être aussi par son âge, comporte un énorme amas encaissé dans des schistes primaires mélangés de couches à graphite ou à séricite, dans des conditions qui peuvent donc faire penser au gîte de Sain-Bel, ou à certains gîtes norvégiens. Cet amas, incliné à 50°, a été suivi en direction sur 1 km, et en profondeur sur 600 m. Son épaisseur atteint 10 m. Les failles y sont nombreuses et découpent l'amas suivant une sorte d'escalier. La pyrite, avec

UNIVERSITÉ DE PARIS GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

chalcopyrite très rare, est mêlée de quartz et de magnétite, comme dans les gîtes dont Traverselle est le type le plus connu, mais sans que le phénomène de contact, caractéristique de ce dernier gisement, ait été, croyons-nous, mis en évidence. La nature du minerai correspond au rapprochement avec les amas pyriteux d'Europe. Les pyrites de cuivre proprement dites manquent à peu près complètement et l'on a surtout, comme dans la plupart des mines de pyrite cuprifère, Rio-Tinto, etc. des pyrites tenant environ 4 à 8 p. 100 de cuivre. D'autres pyrites cuprifères du même genre se trouvent au voisinage à Daichi, Nichimokawa, etc.

La mine d'antimoine d'*Ichinokawa*, près de Besshi (fig. 82), présente des filons de stibine avec un peu de pyrite et gangue quartzeuse dans des terrains primaires formés de schistes micacés, quartzites, schistes graphiteux, etc. avec des conglomérats : par conséquent, dans des conditions qui peuvent rappeler nos gîtes hercyniens du Plateau Central. Certaines masses de stibine ont une structure cristalline fine et compacte comme de l'acier, dont on leur a donné le nom. Ce filon est, d'après son plan que nous reproduisons, sinueux, ramifié par endroits, avec une disposition lenticulaire des minerais qui n'est pas pour surprendre dans un filon de stibine. La mine produisait, en 1897, plus de 850 t. de stibine.

KIOU-SIOU

Enfin, dans l'île de Kiou-Siou, en dehors des gîtes de houille qui en font la richesse principale[1], on a du cuivre à Makiminé, Hibira, Sawatari, du mercure à Iwaya, de l'or à Fuké, à Yamagano, Serigano, Kago, Ikumi, et le seul gisement d'étain japonais à Taniyama.

Makiminé, dont l'exploitation a été assez précaire, comprend de nombreux filons-couches, disposés par lentilles et d'épaisseur par conséquent très irrégulière, dans des schistes argileux paléozoïques mêlés de grauwackes. On y trouve une pyrite de fer à 4 p. 100 de cuivre, analogue à celles de la province d'Huelva.

A *Hibira*, on a, dans le même terrain, des veines interstratifiées de pyrite à 4 ou 5 p. 100 de cuivre, très irrégulières d'épaisseur, avec un peu de quartz. *Sawatari* est comparable : pyrite à 4,80 p. 100 de cuivre dans des schistes argileux paléozoïques, où s'intercalent des diabases, qui complètent la ressemblance avec les amas pyriteux de la province d'Huelva.

Les mines d'or de Kiou-Siou, *Kago, Yamagano, Serigano*, rentrent, au contraire, dans le type, ordinaire au Japon, des filons quartzeux à pyrite et chalcopyrite aurifères encaissés dans un tuf éruptif au voisinage de roches éruptives tertiaires.

Quant au gîte d'étain de *Taniyama*[2], qui présenterait pour nous un

[1] Voir plus haut, p. 398.

[2] Voir Coll. Ec. des Mines n° 1695, étain de Minasaka.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

grand intérêt théorique, nous le connaissons fort mal. Nous savons seulement qu'il y a, dans le même tuf tertiaire où nous avons vu si souvent se développer la métallisation, une dizaine de filons, ayant 1 m. de largeur moyenne sur une longueur pouvant atteindre 1.500 à 1.600 m., dans lesquels une gangue quartzeuse renferme, avec de la cassitérite, plus ou moins de galène et de pyrite. La teneur du minerai préparé est de 10 p. 100 en étain. Nous ignorons si la présence de quelque massif granitique au voisinage rapproche ce gisement des conditions auxquelles nous sommes accoutumés. La carte au 1/1.000.000 n'en montre pas. Il est à remarquer cependant que le groupe quartzo-cuprifère, si abondamment représenté au Japon, est celui qui, par sa constitution, se rapproche le plus du groupe stannifère : le cuivre et l'étain pouvant, dans ces conditions, se trouver rapprochés, comme cela a lieu aussi bien en Bolivie qu'au Cornwall ou au Yunnan. Les filons de Taniyama doivent offrir de la continuité ; car leur exploitation a été à peu près ininterrompue depuis 1655, bien que la production actuelle, assez faible, soit seulement de 18 à 20 t., après avoir atteint 36 t. en 1894.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES

PLANCHES HORS TEXTE

I. Carte d'ensemble des plissements asiatiques.
II. Carte tectonique et minière de la Sibérie (en couleurs).
III. Carte géologique des bassins houillers de l'Inde.
IV. Carte tectonique de l'Insulinde.
V. Carte d'ensemble des bassins charbonneux d'âge carbonifère et des lignes directrices de la tectonique en Chine.
VI. Carte géologique et minière de l'Arménie.
VII. Carte métallogénique de l'Inde et de l'Indo-Chine (en couleurs).
VIII. Carte métallogénique de la Chine et de l'Indo-Chine (en couleurs).
IX. Carte d'ensemble des directions tectoniques et des mines de l'Asie Centrale, de la Chine, de l'Inde et de l'Indo-Chine.
X. Carte des principales mines du Japon.

FIGURES

1. — Carte des gisements d'or antiques en Asie Mineure 18
2. — Carte des mers asiatiques au début du dévonien 177
3. — Carte des mers dinantiennes en Asie 180
4. — Schéma destiné à montrer le mode d'insertion des plissements de l'Oural dans ceux des chaînes plus méridionales. 224
5. — Carte du bassin houiller de Kouznetsk 233
6. — Coupe transversale théorique du Caucase et du petit Caucase 259
7. — Carte tectonique de la mer Egée 277
8. — Carte d'ensemble du bassin houiller d'Heraclée 291
9. — Carte de la région centrale du bassin houiller d'Héraclée 292
10. — Coupe transversale à Zongouldak du bassin houiller d'Héraclée. 293
11. — Schéma des lignes directrices de l'Asie 334
12. — Carte des mers paléozoïques en Chine. 371
13. — Coupe nord-sud de la partie sud-est du bassin du Chan-si. 377
14. — Carte des charbonnages de Mandchourie 382
15. — Carte du bassin houiller de Kaïping. 383
16. — Carte des bassins houillers du Chan-toung. 387
17. — Carte des zones volcaniques du Japon. 390
18. — Carte géologique du Japon 394
19. — Carte d'ensemble des charbonnages de Kiou-Siou 399
20. — Carte de détail des charbonnages de Kiou-Siou (bassin du Chikuho) . . 400
21. — Coupe des gisements de charbon de Shinnyu (Kiou-Siou) 404
22. — Coupe schématique des gisements de pandermite de Sultan-Tchair . . 418
23. — Les mers aralo-caspiennes aux époques oligocène et sarmatienne . 427
24. — Carte générale des gisements pétrolifères au Caucase 447

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

25. — Carte des gisements de pétrole de Taman 449
26. — Carte des gisements pétrolifères de la région de Bakou 453
27. — Coupes et plans de quatre puits à Balakhany (Bakou) 455
28 et 29. — Coupes des terrains pétrolifères de Bakou 461
30. — Carte des gites de pétrole de la Birmanie 468
31. — Carte des gites pétrolifères des iles de la Sonde 474
32. — Cartes des champs pétrolifères de Sumatra 476
33. — Carte des zones aurifères de l'Asie Russe 493
34. — Carte des régions aurifères de l'Iénisséi 500
35. — Carte géologique de la région entre l'Angara et l'Iénisséi 503
36. — Carte géologique des régions aurifères de la Léna 505
37. — Carte géologique de la steppe Kirghise 511
38. — Carte géologique de la région des gisements de graphite Alibert . . . 524
39. — Carte géologique et minière de la Transbaïkalie méridionale 525
40. — Carte des régions aurifères de l'Amour 532
41. — Plan de la mine Osamka à Troïtsk 554
42. — Profil à travers le massif de Troïtsk 555
43. — Profil longitudinal de la mine Osamka à Troïtsk 555
44. — Carte géologique du mont Blagodat 557
45. — Coupe transversale du mont Blagodat 557
46. — Carte des environs de Nijni-Taguilsk 559
47. — Plan de la montagne Vissokaya 560
48. — Carte des filons de berézite autour de Bérézovsk 568
49. — Croquis montrant l'allure des filons de bérézite et d'or à Bérézovzk . . 569
50. — Carte des gisements aurifères de Pychminsk 570
51. — Carte des filons aurifères de Tchéliabinsk 571
52. — Carte des filons aurifères de Kotchkar (Oural) 572
53. — Carte des gites miniers du Caucase 583
54. — Carte géologique et minière du Caucase central 585
55. — Coupe à Akthala 590
56. — Coupe à Tchamlouk 590
57. — Coupe à Allah Verdi 591
58. — Plan et coupe à Kédabek 593
59. — Carte des gisements minéraux du Turkestan russe 597
60. — Carte des mines d'or du Turkestan russe 604
61. — Coupe des conglomérats aurifères du Turkestan russe 605
62. — Carte d'ensemble des directions tectoniques et des mines d'Asie Mineure. 614
63. — Plans et coupes des amas de fer chromé de Kosloudcha 630
64. — Coupe N.S. de la région des mines de plomb de Bulgar-Maden 640
65. — Carte des mines de plomb de Bulgar-Maden 641
66. — Carte des filons d'or du Wainad 673
67. — Carte des champs d'or de Kolar 675
68. — Coupe verticale montrant un repli du filon aurifère de Kolar. 676
69. — Coupe longitudinale de la mine Champion Reef (Kolar) 678
70. — Coupe longitudinale de la mine Nundydroog (Kolar) 679
71. — Coupe verticale d'un filon plissé dans la mine Nundydroog (Kolar). . . 680
72. — Carte des gites de manganèse de Chhindwara 697
73. — Carte des gites diamantifères de l'Inde 706
74. — Coupe schématique des exploitations de diamants de Panna 707
75. — Vue montrant l'aspect sinueux des veines de pegmatite à mica 714
76. — Carte minière de l'Insulinde 729
77. — Carte de la région aurifère de Célèbes 734
78. — Coupe du filon d'or de Soumalata (Célèbes) 735
79. — Carte géologique et minière du Tonkin 743
80. — Carte d'ensemble des principales mines du Japon 773
81. — Coupes des mines de Sado (Japon) 779
82. — Coupes des mines d'Ichinokawa (Japon) 783

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR SUBSTANCES MINÉRALES ET TYPES DE GISEMENTS

AGALMATOLITE. — Turkestan russe, 607.

AGATE, CORNALINE, etc. — **Industrie** : Indes 118. — Pont, 657. — **Gisements** : Indes, 712. — Chine, 770.

ALBATRE. — Mésopotamie, 658. — Perse, 663.

ALUN. — Production, 21. — **Industrie** : Indes, 119. — Asie Mineure, 658.

AMBLYGONITE. — Indes, 711.

AMBRE. — Production, 61. — **Industrie** : Indes, 119.

AMÉTHYSTE. — Transbaïkalie, 531. — Oural, 577.

ANTIMOINE. — Production, 50. — **Industrie** : Asie Mineure, 97. — Tonkin, 122. — Chine, 134. — Japon, 163. — **Gisements** : Oural, 573. — Caucase, 584. — Asie Mineure, 631 et 632, 635. — Arménie, 653. — Perse, 660. — Indes, 695. — Bornéo, 732. — Laos, 742. — Sumatra, 730. — Tonkin, 745. — Japon, 782, 784.

ARDOISE. — Indes, 120.

ARGENT. — Historique, 20. — Production, 48. — **Industrie** : Russie, 67. — Japon, 162. — **Gisements** (Voir plomb, cuivre, or). — Nertchinsk, 530. — Baie d'Olga, 538. — Milos, 626. — Japon, 775.

Types de gisements d'argent :

1° Barytine argentifère et manganésifère sur affleurements de filons complexes : Milos, 626.

2° Filons d'argent sulfuré avec carbonate de manganèse (type Montana) : Japon, 775.

ARSENIC. — **Industrie** : Indes, 119. — Chine, 154.

ASBESTE. — Russie, 70.

ASPHALTE. — Transbaïkalie. 531. — Palestine, 645.

BARYTINE. — Altaï, 515, 519. — Caucase, 591. — Turkestan, 601. — Thasos, 618, 619. — Milos, 623. — Asie Mineure, 634. — Indes, 684, 686. — Tonkin, 747.

BAUXITE. — **Industrie** : Indes, 119. — **Gisements** : Indes, 701.

BISMUTH. 568. — Laos, 742.

BORATES. — Production, 61. — **Industrie** : Asie Mineure, 97. — Indes, 120. — **Gisements** : Sultan-Tchair, 417 à 419. — Indes, 437.

CADMIUM. — 634.

CÉRIUM. — Indes, 684.

CHROME. — Production, 58. — **Industrie** : Asie Russe, 70. — Oural, 74. — Asie Mineure, 97. — Archipel grec, 107. — Indes, 114. — **Gisements** : Oural, 545, 553. — Bérézovsk, 567. — Caucase, 587. — Eubée, 620. — Asie Mineure, 630 et 638. — Indes, 692. — Bornéo, 736.

COBALT. — **Industrie** : Russie, 70. — Perse, 107. — Chine, 154. — **Gisements** : Oural, 562. — Caucase, 586 et 587. — Asie Mineure, 637. — Perse, 661. — Indes, 704. — Yunnan, 755, 756, 757.

COLUMBITE. — Asie Mineure, 637. — Indes, 714.

COMBUSTIBLES MINÉRAUX. — Production, 60. — **Industrie** : Asie Russe, 69. — Sibérie, 88 à 92. — Turkestan russe, 93. — Asie Mineure (Héraclée), 100 à 104. — Indes, 114. — Tonkin, 122. — Annam, 124. — Indes néerlandaises, 132. — Mandchourie, 141. — Pétchili, 142. — Chan-si, 143. — Chantoung, 144. — Hounan, 145. — Yunnan, 147. — Sé-tchouan, 149. — Japon, 157 à 159. — **Gisements** : Steppe Kirghise, 229 et 230. — Bassin de Kouznetsk, 230 à 235. — Dépôts à lignites sibériens, 244 à 248. — Caucase, 264. — Turkestan russe, 273. — Tien-chan, 274. — Asie Mineure (Héraclée), 290 à 294. — Lignites tertiai-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

res d'Asie Mineure, 294 à 296. d'Arménie et de Perse, 301. — Indes, 311 à 318. — Yunnan, Sé-tchouan, Tonkin, Annam, 381 à 386. — Chine centrale, 381 à 388. — Japon, 396 à 403. — Sakhaline, 404. — Corée, 420.

Cobaltine. — Indes, 118 et 710. — Oural, 574, 576 à 578.

Cobaltite. — Oural, 577, 578.

Cuivre. — Historique, 17. — Production, 51. — Industrie : Asie Russe, 69. — Oural, 74. — Caucase, 75. — Steppe Kirghise, 83. — Asie Mineure, 96. — Chine, 146, 150. — Japon, 161. — Gisements : Steppe Kirghise, 515. — Transbaïkalie, 527 et 529. — Oural, 560 à 562, 575. — Caucase, 586 à 594. — Turkestan russe, 599 à 602. — Bosphore, 628. — Asie Mineure et Arménie, 634, 650, 652, 654. — Perse, 658. — Indes, 686 à 688. — Tonkin, 746 et 747. — Yunnan, 752 à 758. — Japon, 775 à 785.

Types de gisements de cuivre :

1° *Inclusions de profondeur interstratifiées.* — Indes, 687.

2° *Amas de magnétite et chalcopyrite dans des roches éruptives.* — Oural, 561.

3° *Gisements associés à des roches éruptives.* — Steppe Kirghise, 515. — Minoussinsk, 522. — Transbaïkalie, 527. — Caucase, 587. — Turkestan russe, 600. — Bourgas, 614. — Bosphore, 628. — Asie Mineure, 634. — Tonkin, 746. — Yunnan, 753.

4° *Gisements au contact des roches éruptives avec des calcaires* (type Banat). — Caucase, 587. — Turkestan russe, 601.

5° *Amas de pyrite cuivreuse* (type Rio Tinto). — Japon, 783.

6° *Filons de chalcopyrite parfois aurifère et quartz.* — Minoussinsk, 521. — Caucase, 586, 594. — Japon, 776, 777, 779. — Même type, avec association d'étain : Arménie, 653. — Yunnan, 752.

7° *Filons complexes plombo-zinco-cuprifères (voir plomb).* — Steppe Kirghise, 514. — Altaï, 517. — Caucase, 584. — Turkestan russe, 600. — Indes, 684.

8° *Sédiments cuprifères ou imprégnés de cuivre.* — Oural, 575. — Yunnan, 756.

Diamant. — Historique, 27. — Production, 60. — Industrie : Indes, 116. — Bornéo, 131. — Chan-toung, 145 et 767. — Gisements : Oural, 575. — Indes, 705 à 709. — Bornéo, 732.

Écume de mer (Magnésite). — Production, 61. — Industrie : Asie Mineure, 98. — Gisements : Eski-cheir, 655.

Émeraude (béryl). — Transbaïkalie, 531. — Oural, 574, 576 à 578.

Émeri. — Production, 60. — Industrie : Naxos et Smyrne, 99, 147. — Gisements : Naxos et Smyrne, 653 à 657.

Étain. — Historique, 17. — Production, 45. — Industrie : Indes, 112. — Tonkin et Laos, 120. — Détroits, 126. — Yunnan, 140 et 151. — Japon, 164. — Gisements : Transbaïkalie, 531. — Asie Mineure, 657. — Arménie, 652, 653. — Perse, 661. — Indes, 692, 714. — Ceylan, 717. — Birmanie, 722. — Presqu'île de Malacca, 724. — Bangka et Billiton, 725. — Sumatra, 728. — Laos, 748. — Tonkin, 745. — Yunnan, 752. — Japon, 784. — (Voir, en outre, molybdène, tungstène.)

Fer. — Historique, 29. — Production, 51. — Industrie. — Asie Russe, 69. — Oural, 73. — Sibérie, 84, 85, 86. — Archipel grec, 106. Indes, 112. — Indo-Chine française, 125. — Chine, 144, 145, 149. — Japon, 159. — Gisements : Chan-si, 386. — Nikolaievsk, 502 à 504. — Steppe Kirghise, 515. — Dist. de Minoussinsk, 252 à 524. — Groupe de Nertchinsk 529. — Côte pacifique de Sibérie, 538. — Oural (Bogoslovsk, Troïtsk, Katchkanar, Blagodat, Vissokaya, Goumechevsk, Soimonovsk, Magnitnaya), 549 à 564. — Caucase, 586, 587. — Turkestan russe, 600, 601. — Sériphos, 625. — Prinkipos, 629. — Asie Mineure, 635, 637. — Arménie, 650, 654. — Indes, 688 à 692. — Cambodge, 738. — Laos, 742. — Yunnan, 758. — Corée, 765. — Japon, 782.

Types de gisements de fer :

1° *Inclusions de magnétite dans les roches cristallines donnant des sables à magnétite.* Côte de la mer d'Okhotsk, 539. — Caucase, 587. — Arménie, 650, 654. — Indes, 692. — Japon, 783. — *Noyaux d'oligiste dans un porphyre :* Caucase, 587.

2° *Amas de magnétite dans les porphyres* (type Kirunuvara). — Touba, Irba, 523. — Troïtsk, 553. — Blagodat, 557. — Cambodge, 738.

3° *Amas de magnétite, souvent avec chalcopyrite, dérivés de syénites, diorites, etc..., avec intervention locale de terrains calcaires* (transition au type Banat) : dist. de Minoussinsk, Akabansk, 523. — Nertchinsk, 529. — Oural, passim, 549 à 564.

4° *Filons et amas complexes sulfurés à magnétite accessoire, dérivés de microgranulites.* — Caucase, 592.

5° *Veines de magnétite dérivées de porphyrites.* — Nikolaievsk, 502.

6° *Gisements au contact des roches éruptives et des calcaires (type Banat).* — Nertchinsk, 529. — Bielogora, 538. — Bogoslovsk, 552. — Goumechevsk, 563.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

— Magnitnaya, 563. — Caucase, 587. — Turkestan russe, 601.— Chan-toung, 767. — Japon, 782.
7° *Filons d'oligiste.* — Transbaïkalie, 529. — Turkestan russe, 600 (ce dernier dérivé de la syénite).
8° *Substitutions aux calcaires.* — Chan-si, 386.
9° *Hématites d'altération superficielle.* — Sériphos, 625. — Indes, 691.— Laos, 742. Tonkin, 748. — Yunnan, 758.
10° *Gisements à type scandinave du terrain primitif et amas intercalés dans les terrains métamorphiques* : Indes, 689. — Sumatra, 731, — Tonkin, 748.
11° *Dépôts sédimentaires ou stratiformes.*— Steppe Kirghise, 515. — Indes, 691. — — Yunnan, 758.
Fluorine. — Transbaïkalie, 531. — Perse, 660.
Gadolinite. — Indes, 694.
Giobertite (voir magnésie).
Glaubérite. — Russie, 70.
Graphite. — Production, 69. — **Industrie** : Indes, 116. — Sibérie, 524. — **Gisements** : Oural, 579. — Ceylan, 716.
Grenat. — Indes, 118. — Oural, 576 à 578.
Gypse. — Indes. 120.
Iodure de cuivre. — Java, 731.
Jade, Jadéite. — Production, 60. — Indes, 118 et 344. — Tibet, 769.
Jaspe. — Pont, 657.
Kaolin. — Sibérie, 92. — Oural, 573,— Turkestan russe, 607. — Indes, 704. — Cochinchine, 739.— Chine, 770.
Lapis. — Afghanistan, 607, 663, 715,
Magnésie (giobertite, etc.). — **Industrie** : Grèce, 107. — Indes, 119. — **Gisements** : Oural, 569. — Eubée, 620, 655.
Malachite. — Oural, 26, 562, 576.
Manganèse. — Production, 49. — **Industrie** : Russie, 68. — Caucase, 76. —Archipel grec, 166. — Indes, 112. — **Gisements** : Tchiatoura (Caucase) et Nikopol, 265 à 269. — Oural, 561 et 575. — Turkestan russe, 601. — Archipel grec. 624. — Milos, 626. — Balia-Maden, 634. —Asie Mineure, 635. — Perse, 661. — Indes, 674, 696 à 701. — Japon, 775, 776.
Marbre. — Indes, 120.
Mercure. Historique, 30. — **Industrie** : Kouei-tchéou, 146 et 153. — Japon, 164. — **Gisements** : Transbaïkalie, 531 — Caucase, 582. — Asie Mineure, 636.— Perse, 660.—Indes, 695.— Bornéo, 731, 732.— Tonkin, 747. — Kouei-tchéou, 758. — Japon, 784.
Mica. — Production, 60.— **Industrie** : Indes, 118. —**Gisements** : Indes, 713. — Chine, 770.
Molybdène. — Minoussink, 522. — Caucase, 586, 588, 592, 594.— Arménie, 652. — Indes, 694. — Laos, 742.
Monazite. — Oural, 577. — Bangka, 727.
Néphrite. — Sibérie, 92. — Tibet, 768.
Nickel. — Oural, 545.
Or. — Historique, 15, 26, 28. — Production, 46. —**Industrie** : Asie Russe, 65. — Oural, 71. — Sibérie, 78 à 88. — Turkestan russe, 93. — Indes, 110. — Indo-Chine française, 124.— Bornéo, Sumatra, Célèbes, 131.— Yunnan et Kouei-tchéou, 153. — Japon, 162. — Corée, 164.
Généralités sur les gisements d'or : 494 à 500, 564 à 567, 669 à 671. — **Gisements** : Bassin de l'Iénisséi inférieur (Pit et Oudérei), 500 à 502. — Bassin de la Léna (Olekma, Vitim, Patom), 504 à 512. — Steppe Kirghise, 512 — Districts d'Atchinsk, de Minoussink, 520 à 524. — Transbaïkalie (districts de l'Onon, de l'Ud et de la Chilka), 526 à 530.— Bassin de l'Amour (Zéya, Sélemdja, Bouréya, Oussouri, Amgoun), 532 à 537. — District de Vladivostok, 537. — Oural (Bérézovsk, Pychminsk, Tchéliabinsk, Kotchkar), 564 à 575. — Caucase, 584 et 595. — Turkestan russe, 602 à 606. — Macédoine, 615.— Phrygie, 632 — Asie Mineure, 637. — Arménie, 651, 654.— Perse, 660.— Indes (Wainad, Kolar, Chota-Nagpur), 669 à 683. — Malacca, 723. — Siam, 726. — Sumatra, 728. — Bornéo, 732. — Célèbes, 733 — Philippines, 736. — Annam, 740. — Laos, 741.— Tonkin, 745. — Sud-Ouest de la Chine, 751. — Mandchourie et Corée, 765.— Chan-toung, 766.—Tibet, 767. — Japon, 775 à 785.
Types de gisements d'or :
1° *Imprégnations pyriteuses de profondeur en terrain schisteux, liées aux granites, souvent tourmalinifères* — Iénisséi, 500. — Léna, 504. — Indes et Assam, 672 à 683.
2° *Même phénomène ayant donné des filons éparpillés dans les terrains cristallophylliens.*— Coimbatore, Kolar, 672.
3° *Filons liés à des dioriles* (?). — Transbaïkalie, 530. — Laos, 741.
4° *Filons-couches de profondeur.*—Annam. 740.
5° *Filons minces localisés dans les fissures de greisen, microgranulites, etc. (type hercynien).*—Bérézovsk, Pychminsk, 567. — Wainad, 674.
6° *Filons du type auro-stannifère quartzeux associés à des aplites* : Transbaïkalie, 526. — Bassin de l'Amour, 533. — Oural, 570.
7° *Filons complexes à chalcopyrite et py-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rite aurifères. — Caucase, 584. — Même type associé à des roches tertiaires : Célèbes, 733.

8° *Filons quartzeux auro-argentifères associés à des roches tertiaires.* — Bassin de l'Amour, 535. — Sumatra, 730. — Japon, 775 à 785.

9° *Conglomérats aurifères*, 502. — Djilinda, 536. — Turkestan russe, 602.

10° *Alluvions* (voir à la plupart des gisements précédents).

Or piment. — Arménie, 654. — Yunnan, 771.

Osmium. — Oural, 545 à 549.

Pétrole. — Production, 59. — **Industrie** : Asie Russe, 70. — Sibérie, 93. — Turkestan Russe, 93. — Perse, 107. — Japon, 160. — **Géologie**, 440 à 442. — Ouchta, 446. — Baïkal, 446. — Sakhaline, 447. — Crimée, Maïkop, 448. — Grosny, 451. — Transcaucasie, 452. — Bakou, 453 à 463. — Turkestan russe, 463. — Asie Mineure et Arabie, 463, 638. — Kurdistan, Mésopotamie et Perse, 463. — Indes Anglaises, 465 à 473. — Iles de la Sonde, 473 à 480 — Philippines, 480. — Japon, 480 à 482.

Phosphates. — Chine, 154. — Transbaïkalie, 531. — Palestine, 645.

Pierre de lune. — Ceylan, 717.

Platine. — Historique, 26. — Production, 48. — **Industrie** : Oural, 67 et 72. — **Gisements** : Oural, 545 à 549. — Arménie, 651, 654. — Bornéo, 732. — Philippines, 736.

Plomb argentifère. — Historique, 20. — Production, 49. — **Industrie** : Asie Russe, 68. — Altaï, 84. — Asie Mineure, 95. — Archipel grec, 106. — Perse, 107. — Chine, 146 et 153. — Japon, 164. — **Gisements** : Steppe Kirghise, 512. — Altaï, 515. — Transbaïkalie, 529. — Région de Vladivostok, 538. — Oural, 568. — Caucase, 581, 590. — Turkestan Russe, 599. — Archipel grec, 620. — Balia-Maden, 632. — Lébédos, 636. — Bulgar-Maden, 639 à 645. — Arménie, 653. — Indes, 683 à 686. — Tonkin, 746. — Yunnan, 757 et 758.

Types de gisements de plomb :

1° *Gisements complexes au contact de roches éruptives avec des calcaires* (type Banat) Nertchinsk, 529. — Balia-Maden, 632. — Indes, 685.

2° *Filons sulfurés complexes de plomb, zinc, fer et cuivre.* — Steppe Kirghise, 513. — Altaï, 515 à 519. — District de Minoussinsk, 522. — Transbaïkalie, 529. — Baie d'Olga, 538. — Bérézovsk, 685. — Caucase, 581, 590. — Turkestan russe, 599. — Asie Mineure, 634. — Bornéo, 732. — Tonkin, 746. — Yunnan, 757.

3° *Filons-couches* (*type Pierrefitte.*) — Caucase, 581, 590.

4° *Filons-couches complexes entre schistes et calcaires* — Thasos, 616 à 619. — Laurion, Siphnos, etc., 620 à 625. — Lébédos, 636. — Bulgar-Maden, 639.

Réalgar. — Perse, 610. — Yunnan, 761.

Rubis et saphir — Production, 60. — **Industrie** : Indes, 117, 334. — **Gisements** : Siam, 348. — Oural, 574, 576, 577. — Afghanistan, 663. — Indes et Ceylan, 710. — — Siam, 726.

Salpêtre. — Indes, 120, 437.

Saphirine. — Indes, 711.

Sel gemme. — Production, 70. — **Industrie** : 92. — **Géologie**, 405 à 439. — Sibérie, 411. — 423. — Chan-si, 412. — Sé-tchouan, 413. — Yunnan, 414, — Cambodge et Laos, 415. — Asie Mineure, 416, 429 432 — Arménie, 433. — Perse, 419, 435. — Palestine, 646. — Turkestan russe, 420, 425, 435. — Indes, 421, 436. — Tibet, 437. — Chine, 438.

Soufre, — Japon, 164 et 775 — Milos, 626. — Perse, 660.

Stéatite. — Pétchili, 776 et 770.

Sulfate de soude. — Indes, 436.

Terre sigillée. — Lemnos, 21.

Thorium. — Ceylan, 717.

Titane. — 70, 646, 733.

Topaze. — Oural, 576 à 578. — Carie, 637. — Bangka, 725.

Tourmaline. — 494, 502, 507, 531, 566, 567, 568, 578, 588, 726.

Tungstène. — Birmanie, 695. — Pérak, 725. — Bangka, 726. — Tonkin, 745.

Turquoise. — Production, 60. — **Industrie** : Perse, 107. — **Gisements** : Turkestan russe, 607. — Nichapour, 661.

Urane. — Indes, 714. — Bangka, 726.

Vanadium. — 558, 561, 562.

Zinc. — Production, 49. — **Industrie** : Asie Russe, 68. — Asie Mineure, 95. — Archipel grec, 106. — Chine, 146 et 154. — **Gisements** (voir plomb) : Caucase, 582. — Thasos, 616 à 619, — Archipel grec, 620 à 626.

Zircon. — Oural, 577.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

INDEX GÉOGRAPHIQUE

A

Abakan, 235, 520, 521.
Abhases, 256.
Abd-our Rezagi, 662.
Abouchehr, 464.
Abra, 367.
Aburato, 395.
Achabad, 596.
Achmatovskaia, 578.
Adabazar, 286.
Adchidarja, 425, 431.
Adjai, 313.
Adjilik, 294.
Adoun-tcholon, 534.
Adramiti, 295.
Afghanistan, 420, 686, 435, 695, 663.
Afioun Karahissar, 296.
Afshar, 660.
Aga, 529.
Agarak-tchai, 594.
Aidin, 289.
Aiguilles, 351.
Aikawa, 163, 778.
Aïna-Boulak, 600.
Ajmir, 685, 715.
Akabansk, 85, 90, 236.
Akagane, 160.
Akai-daké, 398.
Akaiké, 158, 401.
Akaiké-gawa, 401.
Akatouief, 530.
Akbourkhan, 601.
Akdagh-Maden, 65.
Akhalzik, 300.
Akhoi, 746.
Akhverdov, 452.
Akita, 161, 481.
Akmolinsk, 224, 226, 227, 512.
Akstafa, 595.
Aktchagal, 514.
Aktchékou, 228, 421.
Akthala, 19, 581, 590.
Aktsclagyl, 435.
Akyab, 518, 467.
Ala-bouga, 513, 514, 515.
Ala-chan, 397, 439.
Ala-cheir, 289.
Ala-dagh, 639.
Ala-djaly, 100, 656.
Alaï, 272, 421, 598.
Alakoul, 274.
Alataou, 520.
Alataou de Dzoungarie, 601, 602.
Alataou de Kouznetsk, 236.
Albay, 367.
Albistan, 297.
Aldama, 539.
Aldan, 207, 217, 220, 240.
Alès Gangriné, 417.
Alesur, 697.
Alexandrette, 287.
Alexandropol, 587.
Algatchi, 529, 530.
Algiak, 531.
Aliate, 462.
Alibert, 524.
Alikhan Dagh, 652.
Alladja-aghzy, 290, 293.
Allah-Verdi, 19, 76, 589, 590, 591.
Allagir, 581.
Alma-Dagh, 287.
Almazar, 87, 533.
Along, 358.
Alpha, 674.
Altaï, 84, 220, 230, 515 à 520.
Altyn-emel, 601.
Altyn-tag, 767.
Amakusa, 397.
Amasia, 653.
Amasry, 290.
Amastra, 100, 289, 290, 294.
Amaze, 481, 482.
Amgoun, 240, 532, 535.
Ami-tchéou, 363, 366.
Ammeberg, 684.
Amol, 107, 660.
Amou-Daria, 250, 421, 596.
Amour, 239, 532 à 540.
Ampé, 116, 718.
Anabara, 248, 253.
Anantapur, 708.
Anantra, 220.
Anapa, 450.
An-chan, 332, 352, 747.
Andaman, 342, 496.
Andidjan, 273, 463, 606.
Angara, 252, 446, 501.
Angert, 652.
Angkor, 348.
Angora, 286, 417.
Ani, 163, 395, 777.
Anisimowa, 519.
Annam, 348, 349, 352, 355, 366, 730.
Annenfeld, 595.
Antiparos, 106, 626.
Antipin-long, 571.
Aoulié-ata, 421.
Aounakit, 219, 506.
Apiranthos, 100.
Aplinsk, 213.
Apollona, 638.
Arabie, 463.
Arabistan, 107.
Aragu, 777.
Arakan, 342, 468, 469.
Arakawa, 776, 777.
Aral, 250, 524.

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Aralo-Caspienne (zone) 425 à 432.
Ararat. 297. 300.
Arawalli, 304.
Araxes, 265, 594, 652, 653.
Araya, 777.
Archipel Grec, 106, 275 à 283, 608 à 628.
Archipel malais, 129 à 132, 337 à 340, 727 à 736.
Arcot. 690.
Ardelan, 464.
Ardone, 584.
Arfak, 340.
Arga, 334.
Argée (Mont), 640, 642.
Arghana-Maden, 96, 647, 654.
Argoun, 87, 240, 253, 583, 660.
Arinitcheff, 84.
Arménie, 296 à 301, 647 à 654.
Arpa Outchourou, 642.
Artchata, 602.
Artvin, 586, 589, 647, 649, 651.
Ary, 95.
Ashio, 161, 779.
Asie Mineure, 27, 94 à 106, 283 à 301, 416, 628 à 659.
Asie russe, 25, 52, 63, 78 à 93, 203 à 254, 411, 423, 440 à 463, 492 à 607.
Asie sud-orientale, 322 à 336.
Askold, 537.
Assam 310, 312, 466, 467, 669, 682, 691.
Assisié, 656.
Assos, 463.
Asterabad. 661.
Astris, 617, 618.
Astyria, 16, 632.
Asyla, 615.
Atach, 564.
Atarneos, 16.
Atbassar, 227.
Atchinour, 228.
Atchinsk, 85, 216, 235 et 236, 520 à 524.
Até, 780.
Athos, 280.
Atjeh, 475.
Attock, 115.
Attopeu, 124, 741, 742.
Aurunga, 312, 315, 691.
Ava (Birmanie), 316.
Avrorinski, 73.
Awa (Japon), 394, 397.
Ayan, 537.
Ayer-Itain, 720.
Azab-Dagh, 636.
Azerbeidjan, 298, 419, 652, 659, 660.
Azizié, 97, 417.
Azov, 449.

B

Babai, 704.
Babalan, 475,
Babi, 343.
Bacchus marsh, 307.
Bac-giai, 745.
Bac-giang, 747.
Bacooc, 367.
Bac-son, 329, 351, 354.
Badakchan, 107, 663, 710, 715.
Badzghiret, 590.
Bafi, 657,
Bagdad, 35, 464, 651.
Baggi, 423,
Bagor, 704.
Bahadur-Khel, 422.
Bahangan, 367.
Baha-el-Safi, 463.
Baian-Aoul, 227, 228, 246, 513, 514.
Baian-Zourga, 86, 528.
Baibourt, 651.
Baïkal (Lac), 237, 238, 249, 446.
Bakal, 540.
Bakir Kuressi, 659.
Bakony, 273.
Bakou, 27, 453 à 462.
Baksan, 583.
Balagansk, 210, 216.
Balaghat, 111, 677, 698.
Balakchi, 770.
Balakhany, 454.
Balia-Karaidin, 95, 622.
Balia-Maden, 261, 632 à 634.
Baliamboli-Dagh, 696.
Balikesser, 97.
Balik Papan, 480.
Balkach, (Lac), 513, 596.
Balkans, 279.
Balpach, 251.
Balybagh, 417.
Bambyn, 473.
Banacan, 367.
Banat, 546, 556, 564, 586, 587, 598, 633, 685, 782.
Banbin, 470.
Banda, 336, 340.
Bandon, 347.
Bangka, 128, 347, 726.
Bangued, 367.
Bannu. 421.
Ban-Pin-San, 732.
Ban-ta-coua, 355, 741.
Bantam, 367.
Ban-Vuoc, 737, 739.
Bara, 506.
Baraba (Steppe de) 226, 246, 250, 424.
Barabatoum, 653.
Barail. 342.
Barakar. 112, 307. 312, 691.
Barandal. 246, 247.
Baranga (Iles), 468, 469.
Barantcha. 557.
Baratol, 601.
Barnaoul, 84, 234, 516.
Baroutch. 118, 712.
Barren, 344.
Barrito. 732.
Basron (Mont), 661.
Bassac, 349.
Bataghat, 113.
Bataipachinsk, 582.
Batang, 360.
Batougol, 237, 253.
Batoum, 586, 589, 647, 649.
Ba-vi, 746.
Baxhat, 748. 758.
Bayazid. 300.
Bayndyr, 636.
Bazanovsky, 530.
Beau-Site, 122, 745.
Bechlaou. 256.
Beddadanole, 312.
Beforona. 566.
Behar, 120, 305, 437.
Behir, 113.
Beigirlerkoi, 634.
Beledchik, 632.
Belen, 289, 639, 645.
Belgaoun, 113.
Bellary, 304. 708, 709.
Belutchistan, 114, 312. 419, 466, 685, 692.
Beme, 465, 472.
Bénarès, 437.
Bender-Abbas, 420, 464.
Bengale, 115, 304, 714.
Bengkoelen, 343.
Ben-mo, 366.
Bensibetta, 674.
Beppu, 401.
Berau, 341, 732.
Berdiansk, 449.
Berekei, 452, 462.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Berekethi-Maden, 642.
Berézovaïa, 529.
Berézovsk, 26, 71, 92, 549. 567, 736.
Bergas, 463.
Berghama, 634.
Berkara, 514, 515.
Bermios, 615.
Besitang, 475.
Besshi, 30, 161, 164, 393, 774.
Bestubé, 228.
Bezdovka, 521.
Bezymianka, 508.
Bhagalpur, 684.
Bhamo, 344, 345, 361.
Bibi-Chekr-Banou, 107, 660.
Bibi-Eibat, 454.
Bielaia, 92, 216, 524.
Bielaia-gora, 531.
Biélogolovy, 528.
Biélogora, 538.
Biélooúzof, 516, 518.
Bielyiklinck, 651.
Bien-hoa, 349.
Bijawar, 305.
Bikanir, 115.
Biledjk, 286, 295.
Biliou-koul, 421.
Billiton, 128, 347, 726.
Bingœl-Dagh, 653.
Binh-duong, 745.
Birmanie, 319, 343, 346, 722.
Birbhum, 692.
Bisling, 367.
Bisrampur, 312.
Bitchu, 397.
Bitlis, 654.
Blagodat (Mont), 556, 557.
Blagovietchensk, 86, 241, 535.
Bodaibo, 79, 85, 220, 506, 509.
Boéloé-Laut, 342.
Boéroé, 336, 340, 341.
Bogom-darovanny, 85, 521.
Bogoslovsk, 268, 515, 551.
Bokaro, 312, 315.
Bokham, 741.
Bokhara, 271.
Boléo, 756.
Bolio-Houtou, 733.
Bolovens, 349.
Bom, 534.
Bondoung, 470.
Bongbwa-tal, 437.
Bong-miu, 124, 349, 356, 737, 739.
Boni, 339.
Bonin, 394.
Boping, 695.
Borax consolit, 97.
Borkamtis, 683.
Borlo, 602.
Bornéo, 131, 338, 342, 367, 479, 731.
Borobad-soun, 421.
Borovanka, 579.
Borrikan, 741.
Bortchala, 592.
Bosphore, 628.
Bostana, 420.
Botogol, 524.
Boué, 735.
Boukhara, 596.
Boukharie, 421.
Boulouk-gueul, 433.
Boul-tso, 437.
Bourdour, 38.
Bouréya, 87, 240, 241, 243, 532, 533.
Bourgas, 614, 629.
Boutadiol, 556.
Boz-Dagh, 637.
Boz-michk, 661,
Bragony, 452.
Brahmapoutra, 317, 343.
Brianta, 87, 240, 533.
Britch-moulla, 600.
Broach, 118, 712.
Broenai, 475.
Brousse, 635.
Buffelsdoorn, 672.
Bukit-Ebu, 724, 725.
Bukit, 726.
Bulgarie, 600.
Bulgar-Maden, 95, 639, 755.
Bundelkhand, 116, 304, 686, 706.
Burmah, 466.
Buzen, 395, 397.
Byrtsa, 86, 527.
Bzibi, 582.

C

Cab-tach, 632.
Cachar, 407, 468.
Camarines, 736.
Cambay, 712.
Cambodge, 331, 332, 348, 415, 738.
Campha, 123.
Campong-Minjak, 477.
Campong-Thon, 738.
Caobang, 126, 351, 354, 744, 748.
Caophong, 746.
Caradons, 290.
Carie, 287, 637.
Carolines, 341.
Carystos, 625.
Caucase, 74 à 78, 255 à 269, 447 (carte), 580 à 595.
Cebu, 342, 480.
Célèbes, 130 et 131, 337, 339, 341, 343, 733.
Céram, 336, 340.
Cérigo, 280.
Ceylan, 116, 304, 710.
Chabarovsk, 254.
Chabin, 658.
Chagali-héliar, 592.
Chhyung-chhyöng, 766.
Chahroud, 301.
Chaibassa, 681.
Chah-i-doulah, 770.
Chaitanka, 72, 546, 578.
Chakthama, 530.
Chakhtaminsk, 529.
Chalcidique, 280.
Chaldir, 300.
Chaldis, 433.
Chalk, 119.
Champaran, 437.
Champion reef, 111, 677, 678.
Chanda, 691.
Chan-héou, 758.
Chapka-Monoimacha, 767.
Chartach, 569.
Chang-hai, 39.
Chan-haï-kouan, 39.
Chan-si, 143, 369, 371, 378, 384, 412.
Chantaboun, 348, 723.
Chan-toung, 144, 372, 386, 766.
Chapakani, 437.
Charles Louis, 340.
Charopan, 78.
Chatma, 453.
Chattabatto, 480.
Cha-tzé-kang, 364.
Cheduba (Ile), 465, 468, 469.
Cheb-kaseh, 658.
Chemo, 775.
Chenab, 422.
Chen-si, 143, 378, 384.
Cheribon, 475.
Cherifabad, 419.
Chhindwara, 113, 315, 696.
Chichibu, 393, 403.
Chichimskaia, 578.
Chi-choli, 683, 685.
Chikho, 384.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Chiku-ho, 158, 397, 399.
Chikuzen, 395, 397.
Chilka, 526, 530.
Chilok, 238.
Chimère (de Lycie), 463, 638.
Chindwin, 119.
Chine, 28, 59, 133 à 154, 368 à 388, 762 à 771.
Chine sud-orientale, 356 à 360, 748 à 761.
Chine méridionale, 389.
Chinnampo, 164.
Chios, 295.
Chipinghai, 382.
Chira, 521.
Chiraz, 420.
Chirokaïa, 530.
Chitral, 607.
Chomotcho, 219, 506.
Chopé, 312.
Chora, 748.
Chota-Nagpur, 110, 345, 681, 685.
Chouga, 72, 546.
Choumok, 586.
Choung Tanoung, 695.
Chumban, 603.
Chutia Nagbur (voir Chota Nagpur.
Chuya, 219, 220, 506.
Chyöl-la, 766.
Chypre, 287, 433, 611, 638.
Cilicie, 285, 611, 640.
Ciscaucasie, 581.
Cleydang, 724.
Cochin-chine, 739.
Coc-rau, 745.
Coctram, 745.
Codavetty-Kallu, 709.
Coimbatore, 674, 710.
Colchide, 256, 595, 651.
Corée, 376, 765.
Coromandel, 308, 677.
Cozlou, 102, 290, 293.
Crénides, 615.
Crète, 281.
Cuddapah, 305, 684, 691.
Culao-ré, 349.
Cu-lé, 747.
Cutch, 307, 311.
Cuttak, 308.
Cybira, 638.
Cysique, 629.

D

Dabsoun-Nor, 439.
Dachkessan, 581, 587.
Daghardy, 97, 631.
Daghestan, 260, 264, 581, 582.
Dagoeat, 733.
Daibu, 401.
Daichi, 784.
Daijo, 158.
Dalnaia, 564.
Dalny, 39.
Daltonganj, 115, 312, 315.
Damas, 646.
Dambloud, 581.
Damghan, 661.
Damodar, 307.
Damudas, 306, 307.
Dandly, 312, 317.
Dannemora, 562.
Da-phuong, 746.
Daralagöz, 297.
Dardanelles, 295.
Dariel, 584.
Darjéeling, 310, 687.
Darmanlar, 637.
Darwaz, 271, 272, 598, 605.
Darwel, 342.
Dastah, 661.
Daton, 615.
Davas, 287.
Dcharkain, 226.
Dchida, 527.
Dchilantchik, 90, 230.
Dchorf, 603.
Deccan, voir Dekan.
Dekan, 308, 696, 712.
Dekilo, 417.
Delejan, 299.
Déli, 475.
Delidjan, 589, 592.
Deliktach, 642.
Demavend, 660.
Demir-Dagh, 650.
Demir-Kapou, 632.
Denek-Maden, 653.
Deoghur, 312, 686.
Deo-lam, 747.
Der-i kouh, 662.
Despoto-dagh, 280.
Détroits, 126 à 128, 723 à 726.
Dewalgaon, 692.
Dharwar, 113, 304, 672.
Diaman-tous, 91, 230, 251.
Diarbékir, 96, 647, 654.
Dibrar, 257.
Dieltosk, 544.
Digboi, 466, 467, 468.
Dihong, 683.
Dikhu, 318.
Dinagat, 367.
Disang, 318.
Djabacota, 478.
Djagdy, 243.
Djaghir-tchai, 595.
Djanboulak.
Djapara, 475.
Djaratai-Dabasou, 439.
Djebel Usdom, 646.
Djeï-sou, 600.
Djerim, 522.
Djésireh, 647.
Djilinda, 86, 88, 240 à 242, 533, 534.
Djiruft, 661.
Djokjakarta, 367.
Djolon, 87, 533, 536.
Djoukei, 512.
Djoulfa, 261, 298.
Dniéper, 267.
Dolfa, 296.
Dolokapa, 736.
Dolon, 242.
Dolonovsky, 503.
Dong-kieu, 741.
Dong-trieu, 124, 365.
Dono, 530.
Do-sou, 351, 354, 356.
Doubrawa, 246.
Dougda, 534.
Dounta, 581.
Douroukin, 539.
Doutchar, 529.
Dranetcha, 529.
Dreda, 724.
Dumbeleck-Dagh, 640.
Dumbeltek, 634.
Duma, 466.
Dzanzoul, 589.
Dzichra-Abakou, 583.
Dzirou, 297.
Dziroula, 262, 263, 298, 299.
Dzoungarie, 274, 384.

E

Ebi-nor, 274, 421.
Ecca, 307.
Echizen, 394, 397.
Echigo, 395, 481, 482.
Edi, 475.
Egée (Mer), 275 à 283, 608 à 628.
Egine, 281.
Ejovka, 564.
Ekkibad-tous, 91, 228, 230,
Elbach, 232, 234.
Elbe, 556, 620, 625.
Elbourz, 188, 270, 419, 429, 662.
Elbrouz, 582, 583.
Eledja, 642.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Elisabethpol, 587.
Elovaia, 72, 546.
Embahoe, 732.
Emmahaven, 132.
Enachimo, 501.
Engagimo, 220, 506, 509.
Enim, 477.
Ephèse, 656.
Ergha, 76, 589.
Erghéni, 223, 543.
Erivan, 300, 587, 589.
Ermakovsky, 523.
Erzeroum, 417, 435.
Erzinguian, 417, 435, 639.
Eski-cheir, 98, 295, 655.
Eski-hissar, 657.
Etats confédérés Malais, 127, 723.
Eubée, 107, 280, 281, 612, 626, 625, 655.
Eudjir, 662.
Eugastiria, 632.
Eugénie Maximilianovna, 578.
Eul-kai, 362.
Eul-long-si-chou, 362.
Euphrate, 639.
Eureka, 624.
Euripe, 281.
Evigtok, 578.

E

Fahr-daud, 661.
Fainan, 480.
Faisabad, 607, 663.
Fang-chan, 379.
Farach, 642.
Fedorovsky, 85.
Ferghana, 271, 421, 428, 432, 435, 463.
Firgamu, 715.
Fleuve rouge, 333, 350, 352, 353.
Formose, 339, 389, 480.
Fotoni, 481.
Fouchoun, 142, 383.
Fovanovo, 448.
Fou-ho, 149.
Fou-ma-fou, 379.
Fou-song, 413.
François - Joseph (Terre), 253.
Frat, 435.
Fringal, 686.
Frolov, 542.
Fukizawa, 780.
Fukuoka, 158.
Fukushima, 778.
Futtijung, 465.

G

Gadag, 669, 672.
Gagri, 452.
Galana, 627.
Galisour, 653.
Gangra, 417.
Ganymède, 745.
Gargani, 533.
Garhwal, 112, 690.
Gartok, 768.
Gartza, 86,
Gavart, 653.
Gavorrano, 629.
Gaudos, 282.
Gaya, 118, 714.
Gazalpully, 684.
Gédis, 97, 632.
Gemlik, 296, 635.
Gelivera, 650.
Ghats, 305.
Ghorband, 633.
Gia-Dinh, 739.
Gibarytis, 638.
Girin, 765.
Glinoy-Balka, 450.
Giridih, 115.
Giumal, 372.
Gnari, 437.
Goa-Tumbus, 724.
Gobi, 409.
Godavery, 308, 312, 699, 706, 712.
Godymboi, 531, 699, 706, 712.
Gœrdiz, 289.
Gokcha, 298, 300, 433, 587, 594.
Golconde, 27.
Gomcktchifltik, 632.
Gondwana, 306.
Goramis, 660.
Gorbounova, 248.
Gorbylok, 501.
Gori, 453.
Goroblagodatsk, 72, 545, 547.
Gorontalo, 339, 733.
Gosalpur, 696.
Gotoji, 401.
Goultchad, 515.
Goumechevsk, 563.
Gounib, 265.
Gouri, 432.
Gourievski, 85, 92.
Goursiny, 239.
Grammatikos, 106.
Grande île, 398.
Grosny, 451, 586.
Guelaktionova, 582.
Guelik, 294.
Guenadievsky, 534, 535.
Guiloui, 240, 533, 534.
Gulek, 642.
Gumuldur, 636.
Gumush-hané, 650.
Gumush Maden, 195, 632, 650.
Guntang, 724.
Guri-Mara, 683.
Gwalior, 113, 305.
Gwendoline, 164, 766.

H

Habibler, 636, 637.
Hachimori, 776.
Hadabanatta, 674.
Hadjiman-Yaïla, 639.
Hadjykoi, 660.
Ha-giang, 350, 748.
Hagios Georgios, 619.
Ha hieu, 745.
Haibaragori, 395.
Haiderabad (voir Hyderabad).
Haimanta, 310.
Hainan, 338, 351, 354, 737.
Haiphong, 351, 358.
Hairié, 635.
Halizouri, 594.
Halmahera 337, 341, 343.
Halys, 286, 416, 650, 653, 658.
Hamadan, 419, 464, 660.
Hameran, 420.
Ham-Gyöng, 766.
Handa, 163.
Han-haï, 409.
Hankéou, 39.
Hanoï, 353.
Han-yang, 426.
Harmandchyk, 97, 630.
Hasbeya, 646.
Ha-shima, 402.
Hassan - Tchauchlar, 100, 656.
Hata, 777.
Ha-tinh, 349, 356.
Hat-kam, 741.
Ha-tou, 423, 365.
Hatti, 672.
Hauran, 288.
Hazaribagh, 118, 315, 685, 694, 714.
Heichan, 387.
Héou-tsin, 415.
Héraclée, 100 à 104, 290.
Hérat, 270, 420.
Hetsin, 365, 415.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Hiang-pou-tchang, 756.
Hibira, 774, 784.
Hida, 188, 394.
Hidaka, 397.
Higashi-Matsura-Gori, 402.
Higo, 397.
Hin-boun, 737, 742.
Hindou-kouch, 270.
Hindubagh, 114.
Hing-Gni, 148.
Hinuatan, 367.
Hin-y-fou, 760.
Hiogo, 162.
Hirayu, 780.
Hiré, 482.
Hisan-ichi, 776, 777.
Hit, 464.
Hitachi, 397.
Hitachi-iwaki, 159.
Hizen, 159, 402.
Hoa-binh, 746.
Hoai-Luen, 326.
Hoa-ling-pou, 327.
Hoang-hai, 766.
Hoang-ho, 379.
Ho-chan, 374, 378, 384, 385.
Ho - chouen - chan, 344, 356.
Ho-choun-hsien, 385.
Hodimsky, 521.
Hokkaïdo, 158, 389, 394, 397, 775.
Hol-kiu, 146,
Honan, 143, 369, 378, 384.
Hongay, 122, 350, 365, 737.
Honshiou, 398.
Horonaï, 158.
Hosainpura, 694.
Hosokura, 777,
Ho-tchéou, 149.
Houei-li, 148.
Houkoung, 316.
Hounan, 364.
Houpé, 160, 381.
Hout'o, 370.
Hpyeng-an-to, 164.
Hsiang-yuen, 385.
Hsiaou fou, 387.
Hué, 394, 356.
Huelva, 600.
Humbuluwa, 718.
Huong-khé, 125.
Hupeh (voir Houpé).
Hutar, 312.
Hutti, 111.
Hyderabad, 111, 115, 690.

I

Iakoutsk, 211, 411.
Iamkoun, 238.
Ichim, 226, 249, 512.
Ichinokawa, 783.
Ichma, 446.
Ida, 401.
Ieckil Irmak, 658.
Iékaterinenbourg, 545, 570, 578.
Iékaterinoslav, 265, 267.
Iélantchik, 577.
Ieliéznaia, 529.
Iéni-cheir, 286, 635.
Iéni-Damar, 98.
Ienisséi, 88, 212 à 220, 235, 411, 500.
Iermak, 503, 504.
Ievgrafsky, 528.
I-hsien, 144.
Ikumi, 784.
Ikuno, 162, 781,
Ikushumbets, 397, 398.
Ilba, 367.
Ildikansk, 530, 531.
I-léang, 151.
Iles Boueuses, 462.
Ile Sainte, 462.
Ili, 601, 768.
Ilia, 528.
Ilinsk, 90.
Ilmen, 576, 577, 579.
Ilo-Ilo, 480.
Ilou, 383.
Ilsky, 450.
Imboli, 650.
Imbros, 295, 619.
I-men, 151, 756.
Imeretienne (Chaîne), 649, 651.
Imerkhevi, 651.
Indes britanniques, 27, 108 à 120, 302 à 319, 466, 669 à 719, 722.
Indes orientales néerlandaises, 58, 129 à 132, 337 à 340, 727 à 736,
Indes (Mer des), 54.
Indin, 470.
Indo-Chine, 122 à 126, 737 à 748.
Indrapoura, 730.
Indus, 422.
Ineboli, 650.
Inégol, 632.
Ingoulez, 268.
Ingour, 584.
Inkéou, 39, 382.
Innaï, 162, 163, 777.
Innokentievski, 534.
Insulinde, 129 à 132, 337 à 340, 727 à 736.
Inzéitchik, 247.
Iraouaddy, 341, 469.
Irba, 236, 522.
Irik, 584.
Iris, 611, 639.
Iriyama, 398.
Irkoutsk 210, 246, 424, 446.
Irmack, 416.
Irtych, 224, 226, 230, 231.
Isfahan, 420.
Ishikari, 159, 396, 397.
Isil-bail-sor, 230.
Ismid, 187, 280, 615.
Isnik, 635.
Ispir, 651.
Iss, 595.
Issyk-koul, 272, 421, 600.
Istrandja-dagh, 286.
Isvor, 95.
Isykh, 235.
Itcha, 414.
Itchang, 333, 374.
Itchou-fou, 144, 145, 387.
Itkhuri, 312, 313, 315.
Ivanitzky, 521.
Ivanov, 561.
Ivanovsky, 570.
Iwaki, 397, 398.
Iwakiri, 780.
Iwasaki, 776.
Iwaya, 784.

J

Jabalpur, 112, 316, 685, 696, 699.
Jabel, 420.
Jablonov, 769.
Jainagar, 315.
Jainti, 313.
Jaintra Hills, 692.
Jaipur, 312, 704.
Jammu, 317.
Japon, 30, 58, 389 à 403, 772 à 785.
Java, 339, 367, 478, 731.
Jawar, 683.
Jelebu, 725.
Jéricho, 646.
Jhalawan, 685.
Jharia ou Jherria, 115, 312, 314.
Jobbulpore (voir Jabalpur).
Jodhpore, 120.
Johahilla, 316.
Joltouga, 88,
Jourdain, 645.
Julfa (voir Djoulfa).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Jungum-razpilly, 684.
Junk Ceylon, 347.

K

Kabin, 723.
Kabulayatkatti, 672.
Kachan, 107, 420, 661.
Kachidaté, 403.
Kachkal dagh, 296.
Kadainsk, 530.
Kadaiska, 86.
Kadapah (voir Cuddapah).
Kaga, 188, 394.
Kago, 784.
Kagoshima, 162.
Kahajang, 732.
Kahan Hill, 695.
Kaho, 401.
Kai-fong, 39, 333, 384.
Kaïmour, 305.
Kaindi Roa, 469.
Kainsk, 246.
Kaiping, 142, 379, 383.
Kaisarié, 289, 417, 653.
Kaïtchakit, 359.
Kai-tchéou (voir Pe-matong).
Kakhétie, 586.
Kakiraki, 617.
Kalabagh, 423.
Kaladbungi, 690.
Kalbin, 231.
Kaldakhvari, 265.
Kalgan, 39.
Kalikoï, 636.
Kalives, 618.
Kall, 584.
Kalopotamos, 650.
Kaltanskoi, 92.
Kaltchouguine, 92.
Kalutara, 118.
Kama, 469,
Kamaïchi, 159, 782.
Kamchatka, 244.
Kamenny-log, 573.
Kami, 274.
Kamioka, 163, 774, 780.
Kami-Otanshinai, 158.
Kamotani, 783.
Kampot, 330, 348, 349.
Kamtek, 698.
Kaneda, 158.
Kangautau, 469.
Kangundi, 111.
Kang-uön, 766.
Kanin, 222, 543.
Kanly-Dagh, 297.
Kano, 782.
Kansou, 143, 430.
Kanthao Roa, 469.
Kaoling, 144.
Kapocas, 334, 339, 732.
Kara, 268.
Karabachskoié, 251, 424.
Karabagh, 299.
Karabournou, 635.
Karabogaz, 425, 429.
Karaçouskoié, 424.
Kara-Dagh, 615, 642, 652,
Karadjera, 230.
Karadjouk, 98.
Karagandy, 83, 90, 230, 514.
Karahissar, 653, 658.
Karaidin, 95.
Karai-guir, 602.
Kara-kach, 768, 769, 770.
Karakhauch, 419.
Kara-keia, 660.
Kara-koi-son, 265.
Kara-koroum, 768.
Karaman, 642.
Karamazar, 599, 606.
Karamoursina, 582.
Kara-narin-oula, 379.
Kara-nor, 247.
Karanpura, 312, 315.
Karaptchansk, 211.
Kara-sou, 438, 637.
Karatag, 601.
Kara-tau, 272, 375.
Karat-chai, 581.
Kara-tioubé, 271.
Karatsu, 158, 398, 402.
Karavan-serai, 589.
Karbin, 382.
Karchkhal, 289, 300.
Karenni, 346, 695, 722.
Kargil, 311.
Karharbari, 307, 312.
Karkaralinsk, 512, 513, 514.
Karnul, 305, 684, 691.
Karpathos, 281.
Kars, 579.
Karyn-saldy, 230.
Kasanyaïla, 298, 299.
Kasbek, 261.
Kashmir, 111, 120, 311, 437, 710.
Kaskai-gir, 514.
Kasos, 281.
Kassandra, 95.
Kastamouni, 286.
Kastoria, 615.
Kaswin, 419.
Katama, 501, 594.
Katayama, 404.
Katchkanar, 72, 546, 556.
Kater, 653.
Katni, 704.
Katsura-gawa, 397.
Kattan, 466.
Kavart-tchaï, 594.
Kavend, 660.
Kavik, 663.
Kavudaballi, 674.
Kawai, 780.
Kawakami-gori, 397.
Kawamiya, 158.
Kéban-Maden, 647, 654.
Kébao, 123, 350, 365, 737.
Kechemsk, 503, 504.
Kédah, 127, 722, 725, 727.
Kédabek, 588, 589, 592, 651.
Keinik, 296.
Kekak, 723.
Kem, 746.
Kemikli, 98.
Kend-e-chirin, 463.
Kerasoun, 649, 650, 657.
Kerbélai-kerim, 662.
Kerbi, 240, 535, 537.
Kerija, 767.
Kerkouk, 464, 658.
Kernai, 724.
Kertch, 419, 448.
Kevakta, 219.
Kevaktinsky, 510.
Kevetch, 301.
Kewra, 423.
Khalybes, 650, 651.
Khandeshwar, 692.
Khangarok, 86, 527, 528.
Khanozai, 114.
Khapa, 315.
Kharakpur, 120.
Kharina, 690.
Kharkoff, 427.
Kharpout, 654.
Kharsawan, 686.
Khasi-Hills, 692.
Kha'tan, 465.
Khavaling, 605.
Khelakent, 76,
Khetri, 704.
Khilhova, 273.
Khilok, 239.
Khingan, 87, 240, 243, 537.
Khingaou, 606.
Khodjent, 93, 421, 599, 600.
Khodulia, 651.
Khoi, 429.
Kholst, 584.
Khonechone, 524.
Khong, 330, 333, 348, 349.
Khonsar, 107.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Khorassan, 107, 420, 661.
Khortakol, 651.
Khotan, 438, 767, 769.
Khot-éli, 582, 589.
Khorzoum, 638.
Khost, 115.
Khoumarinsk, 264.
Khoz, 300.
Khozapin, 433.
Khram, 297.
Khutel Dagh, 654.
Kia, 244.
Kiadébek (voir Kédabek).
Kiang-si, 326, 333, 380.
Kiaou - tchéou, 39, 144, 770.
Kia-ting, 149, 365, 414.
Kibyrotis, 638.
Kichim, 464.
Kieng-kong, 758.
Kien-tchouan, 414.
Kifri, 464.
Kii, 394, 397.
Kilimli, 102, 294.
Killa Abdulla, 695.
Kim-hi, 745.
Kimituria, 636.
Kimolos, 106, 627.
Kin-cha-kiang, 153, 361, 757.
Kings Island, 695.
Kingtê-tchen.
Kin-ho, 751.
Kinibalu, 339.
Kin-kiang, 751.
Kinta, 720, 724.
Kiou-siou, 162, 397, 398, 399, 400, 784.
Kioutahiah (voir Kontaya).
Kiossé-Aghzy, 290.
Kio-tiou, 49.
Kiraslijaila, 635.
Kiria, 767.
Kirman, 188, 270, 420, 661, 663.
Kirmanchah, 464.
Kirmasti, 634.
Kirta, 466
Kirunavara, 553, 558, 593.
Kishengarh, 118.
Kishima-gori, 402.
Kisel, 223.
Kis-Kapken, 660.
Kichm, 420.
Kisouir, 522, 523.
Kistna, 709.
Kistoi, 524.
Kitakami, 394.
Kital-Mazalovsky, 235.
Kitat, 246.
Kitin, 765.
Kiu-tsing, 154.
Kizammori, 777.
Kisil-Bousak, 601.
Kizil-Espé, 513, 514.
Kizil-Irmak, 416, 650, 653, 658.
Kizil-Ouzan, 430, 434.
Kizil-Sou, 606.
Kizil-Taou, 230, 515.
Kizil-Tach, 230, 515.
Kliang-Baru, 724.
Klimovo, 246.
Klioutch, 220.
K'Loi, 723.
Kobotoké, 393.
Kobulety, 650.
Koda, 95.
Kodoung, 472.
Koel, 315.
Koétai, 342.
Kohat, 120, 421.
Koh-i-Daman, 663.
Koiva, 575.
Koizumi, 782.
Kokand, 93, 463, 602.
Kokhani, 533.
Kokini Petra, 618.
Kokmass, 230.
Koktcha, 663, 710.
Koktchetov, 228, 512.
Kol, 535.
Kolar, 28, 110, 669, 672, 675, 676, 677.
Kollur, 709.
Koltchan, 535.
Koltzova, 531.
Kolyvan, 84, 226, 227.
Komai, 687.
Komarovo, 540, 563.
Kondapalh, 709.
Kondom, 232, 519.
Kondurngala, 717.
Kon-chan-tchang, 153.
Kong-Loon, 725.
Kongsberg, 567, 573.
Kong-tsin, 414.
Konstantinovsky, 510.
Kontoum, 741.
Koonap, 307.
Koriti, 651.
Kopal, 600.
Kopet-Dagh, 270.
Korar, 316.
Korat, 415.
Koriakovskoié, 251. 424.
Koronis, 100.
Korsakoff, 404.
Kosaka, 776.
Kosloudcha, 93, 630.
Kossogol, 237, 526.
Kostchev, 577.
Kostenkow, 92.
Kosva, 552.
Kotahbhum, 316.
Kotchkar, 26, 71, 571, 576.
Kotei, 367.
Ko-tiou, 151, 152, 154, 525, 752, 758.
Kotta-baroé, 367.
Kouang-si, 146, 330, 356. 357.
Kouang-tcheng-tsi, 382.
Kouang-toung, 146, 333.
Kouban, 264, 450, 582.
Kouchva, 557.
Koudako, 450.
Kouei - tchéou, 146, 153, 154, 356, 357, 358, 360.
Kouei-yang, 149, 364, 759,
Kouen-lang, 362.
Kouen-loun, 767.
Kouh-i-getch, 419.
Kouh-i-nemek, 419.
Kouh-i-surmed, 660.
Kouhistan, 420.
Kouh-i-zar, 661.
Kouh-i-ahengheran, 464.
Koujourta, 601.
Koukou - nor. 409, 438, 767.
Kouldja, 273, 274, 421, 600, 601, 602, 768.
Koulou, 686.
Koultouminsk, 530, 531.
Koum, 420.
Koumaria, 618.
Koumi, 295.
Koum-koul, 230.
Koumyr, 601.
Koungourak, 537.
Kou-niou-tchang, 755.
Koura, 261, 274, 300, 652.
Kouraminsk, 600, 602.
Kouré, 295, 626.
Kouou-tchéou, 90. 230.
Kouriles, 402.
Kourouch, 582.
Kouson-adir, 514, 515.
Koussinsk, 578.
Koussoli, 531.
Koutais, 256, 553.
Kou-ta-ouan, 144.
Koutaya, 97, 632.
Koutchi, 273.
Kou-tchöng, 274.
Kouznetzov, 520, 521.
Kouzmat, 247.
Kouznetsk, 84, 91, 232.
Kozan-Dagh, 645.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Kozdar, 685.
Kozlikha, 530.
Kozuke, 394.
Krasnogrigorjevka, 267.
Krasnoiarsk, 235, 236, 503, 411.
Krasnovodsk, 35, 270.
Krat, 723.
Kremasti, 630.
Kreztovoz-Dvichensk, 72, 545, 575.
Krista, 724.
Krivoirog, 268.
Kropotkin, 219, 506, 509.
Kroutoi, 506.
K'Thong, 723.
Kulveneh, 654.
Kuluk, 100.
Kumaon, 119, 686.
Kumaunt, 690.
Kundit-Kuraiah, 313.
Kun-sang, 164.
Kuraon, 312, 313.
Kuraté-gori, 401.
Kuraté-kaho, 401.
Kuratani, 780.
Kurdistan, 463.
Kuré, 637.
Kurrbaba-Dagh, 653.
Kurunegala, 718.
Kushiro, 396.
Kussa, 576.
Kvirila, 263, 265, 453.
Kwandang-Sœmalata, 131, 735.
Kwei-chau, ou tschou (voir Kouei-tchéou).
Kyaukpazat, 111.
Kyaukpkyu, 318, 467.
Kychtimsky, 563.
Kyeban, 654.
Kymi, 620.
Kyöng-sang, 766.
Kyra, 87, 527, 528.
Kythnos, 106.
Kyttim, 545.

L

Laboean, 475, 479, 480.
Labuan (île), 342.
Laclubar, 480.
Lagangilang, 367.
Lahat, 725.
Laivou, 144.
Lalin, 382.
Lamotas, 309.
Lampong, 730.
Landak, 732.
Landu, 687.
Lan-gni-tsin, 755.
Lang-hit, 747.
Lang-huy, 746.
Lang-kat, 475.
Lang-sar, 475.
Lang-son, 329, 331, 349, 350, 351, 353, 747.
Lang-tsin, 415.
Lan-mou-tchang, 357, 363, 760.
Lantar, 539.
Lantchéou-fou, 439.
Laoet, 367.
Lao-kai, 59, 748.
Laos, 126, 347, 355, 415, 724, 739.
Laou-chou-cha, 756.
Laout, 725.
La Pérouse.
Lapsaki, 295.
Larek, 420.
Larnaca, 433.
Larut, 720.
Lashio, 312, 318.
Latchéou, 766, 770.
Latimodjong, 341.
Laurion, 106, 622, 643.
Lavlamakit, 539.
Lavrila, 584.
Lazistan, 649,
Leadville, 610, 643.
Lebed, 587.
Lébédianskoié, 235.
Lébédos, 636.
Lebiajinsk, 561.
Lébiéjaya, 558, 561.
Lebong-soelit, 730.
Ledock, 478.
Lefké, 286.
Lemalang, 477.
Lemongan, 478.
Lemskoié, 79.
Léna, 85, 207 à 220, 411, 504 à 512.
Léna Goldfields, 79.
Lenkoran, 587.
Lenya, 316.
Léonovsky, 87, 537.
Lepanto, 736.
Letaung, 469.
Leyte, 480.
Lhassa, 437.
Lialvar-dagh, 298.
Liaou-tchou, 385.
Liao-toung, 376, 382, 764.
Li-chia-chuang, 767.
Li-fany, 332.
Li-kiang, 151, 360, 361, 414, 737.
Likmau, 469.
Li-lao, 746.
Limassol, 433.
Liména, 617.
Linarès, 600, 684.
Lin-ngan, 357, 362.
Lintchi, 144, 387.
Lioubimow, 223.
Lipovaya, 578.
Lisan, 645, 646.
Lissenko, 577.
Liupin-chan, 380.
Livadhi, 618.
Lobarchov, 577.
Lobatchev, 577.
Lob-nor, 438.
Loc-binh, 351.
Locride, 106, 612, 615, 620.
Locmar, 732.
Lohara, 691.
Loktevskyi, 84.
Long-téou-tchaï, 753, 758.
Lopan-chan, 380.
Loping, 385, 386.
Loreto, 367.
Lou-fong-kéou, 757.
Lougavskoi, 521.
Lou-ho, 367.
Louise, 367.
Louis-ho, 145.
Loukin, 530.
Louktchoun, 274.
Lou-nan, 363, 755.
Loungan-fou, 385,386.
Loungan-chan, 380.
Lounievsk, 223.
Lou-pou, 150, 151, 757, 758.
Lou-tsoun, 412, 413.
Lou-tchéou, 413.
Luang-prabang, 327, 329, 331, 348, 355, 359, 363, 737, 742.
Luc-an-chan, 350.
Luçon, 339.
Lui-pa-kou, 364.
Luss, 465.
Lycaonie, 285, 432, 608.
Lycie, 463, 614, 638.
Lydie, 637.

M

Maadan, 661.
Macédonie, 615.
Ma-chang, 148, 331, 359, 364, 414.
Machiz, 663.
Maden-khan, 650, 651.
Maden-koi, 650.
Madi, 339.
Madoera, 475.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Madras, 714.
Madura, 478.
Maghara, 417.
Magnésie, 289.
Magnitnaya, 563.
Magwe, 467.
Mahabaleshwar, 113.
Mahadeva, 308.
Mahakeswar, 701.
Mahanadi, 308, 686, 709.
Mahlembu, 724.
Mahomet-yourt, 452.
Maibara, 783.
Maiden, 419.
Maï-kain, 515.
Maikop, 450, 582.
Maili-sai, 463.
Mainglon, 710.
Majgama, 708.
Majgiha, 708.
Makhram, 273.
Makiminé, 774, 784.
Makri, 638.
Makum, 115, 312, 318, 466. 468.
Malacca, 127, 345, 346, 723.
Malaisie, 356.
Ma-la-keu, 753.
Malamelsky, 528.
Malatia, 297.
Ma-lee-won, 695.
Malia, 280.
Malkhan, 237, 238, 239.
Malmani, 501.
Ma-lou-kio, 154.
Maman, 430, 434.
Manat, 228.
Manbhum, 681, 683, 685, 691.
Mancayan, 736.
Mandai, 732.
Mandalay, 117, 120, 326. 346, 470.
Mandchourie, 39, 141, 379. 382, 764.
Mandehling, 730.
Mandi, 120.
Mandoudi, 655.
Manegaon, 699.
Mangoli, 341.
Manghya, 118.
Mangychlak, 426.
Manhau, 324.
Man-sang, 318.
Manschylyck, 295.
Manse-lé, 312.
Mao-choui-tong, 755.
Maraud, 429.
Mariaw, 118.
Margellan, 273, 463.
Mari Hills, 466.
Mariinsk, 72, 246.
Marmara, 280.
Mar-Saba, 646.
Marsjata, 575.
Martaban, 336.
Martapœra, 335, 342, 367. 732.
Martian, 72, 546, 558.
Mascate, 420.
Matchka, 650.
Mathilde, 367.
Matsuoka, 777.
Matsushima, 399.
Maulmani, 695.
Maurice, 420.
Maximilianovskaia, 578.
Maya, 211.
Mayo, 423.
Mazanderan, 107.
Meadow (Lake), 566.
Meched, 107, 262, 270, 297, 661.
Medan, 475.
Mednoroudiansk, 26, 74, 558, 562.
Medviedevoi, 522.
Mégara, 295.
Meinkhun, 316.
Mei-tong-chan, 363.
Mekloub-dagh, 658.
Mékong, 359, 415 723.
Melamoen, 477.
Melawi, 339, 732.
Méli-azariansk, 76.
Melnik, 615.
Melnitchnaya, 254.
Mendeli, 464.
Mendelia, 657.
Mentarvi, 343.
Mentechdéré, 634.
Mer Morte, 645.
Mersina, 640.
Mersivan, 650.
Merv, 462.
Mery, 270.
Mésopotamie, 463.
Métana, 281.
Mételin, 295, 611, 630, 631, 655.
Merapi, 730.
Mergui, 112, 127, 346, 695, 696, 722.
Meymac, 419.
Miang, 367.
Mianwali, 120.
Miass, 245, 576.
Mi-tsao, 736.
Mien-tchéou, 414.
Migri, 296, 652.
Miju Ranges, 683.
Mikhailovsky, 530.
Mikiakou, 383.
Milas, 657.
Mileu, 363.
Milos, 106, 281, 624, 626.
Minabu, 470, 472.
Minbain, 469.
Mindanao, 480.
Mine-goryi, 397.
Mingin, 470.
Minjak Stam, 477.
Minoussinsk, 85, 210, 235, 236, 411, 424, 522.
Mirankôi, 97.
Mirovilia, 627.
Miskhan, 592.
Misol, 187.
Miss-dagh, 75.
Mitronafievsky, 573.
Mi-tsao, 149.
Miyai, 397.
Miyanoura, 403.
Mizuawa, 776.
Mœara Enim, 477.
Mliké, 158, 395, 397, 398, 402.
Mogaung, 345.
Moghal-kot, 465, 466.
Mogi, 394, 395.
Mogok, 117, 345, 710.
Mogol-taou, 600.
Mogotte, 533.
Mohpani, 115, 312, 315.
Moji, 160.
Molteno, 188.
Moluques, 341.
Moncay, 332, 351, 354.
Monezinka, 578.
Mong-hoa, 154, 761.
Mongolie, 438, 537.
Mongtzé, 148, 151, 154, 325, 363, 759.
Mo-nhai, 351.
Monko-sardyk, 237.
Monte-Catini, 611.
Mont de la Dent, 746.
Mont-héliar, 592.
Mosdok, 595.
Mossoul, 287, 658.
Mota Mutike, 480.
Motovilikha, 576.
Motoyama, 777.
Mouchkétov, 253.
Mouchlou-sou, 417.
Moudania, 635.
Moughla, 637.
Moukden, 382, 765.
Moulina, 531.
Moulmein, 329, 346.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Mouni-in-chan, 379.
Mounkou-sardyk, 526.
Mount Tayab, 367.
Moupin, 151.
Mourad, 654.
Mourad gueul, 433.
Mourassou, 660.
Mouromsk, 521.
Moustag, 768.
Moutè, 539.
Mo-you-sé, 760.
Mouzarabat, 660.
Mozumi, 774, 780.
Mudanlik, 642.
Mukoyama, 777.
Muong-nhiam, 741.
Muong-pan, 741.
Murad-dagh, 632.
Mure, 481.
Muriw, 687.
Musasi, 30.
Mutsu, 481.
Myingyan, 467.
Myitkyina, 111, 117, 118, 119, 317, 344, 345.
Mykonos, 106.
Mylas, 638.
Mysie, 634.
Mysore, 111, 676, 677.
Myssovskaia, 247.

N

Nabil, 448.
Na-cho-cai, 748.
Nadarbazew, 587.
Naga-hills, 312.
Nagamine, 482.
Nagasaki, 158, 399.
Nagato, 394, 397.
Nagorny, 537.
Nagotna, 123.
Nagpahar hills, 715.
Nagpur, 112, 113, 315, 698.
Naibuchi, 403, 404.
Nakaji, 395.
Nakhichevan, 429, 594.
Namadzuta, 401, 402.
Namangan, 93, 463.
Nam-him-boun, 741.
Namma, 312, 318.
Nam-patène, 742.
Nam-sane, 741.
Nam-yan, 318.
Nanaura, 403.
Nan-chan, 225, 369, 380, 438.
Nanda, 778.
Nanggoelen, 367.
Nankin, 39, 380.
Nan-tchang, 380, 770.
Nan-tou, 370.
Nan-tsoun, 387.
Nanyang, 333.
Nanyaseik, 117.
Naphta-Bank, 462.
Nara, 158, 401.
Narbada, 113, 312, 315.
Narbada Coal, 315.
Narcondam, 344.
Nariwa, 394.
Narym, 231.
Näsmark, 565.
Na-tchi-ké, 752.
Navong, 723.
Naxos, 99, 626, 655.
Nazemskaia, 578.
Nazik, 300, 433.
Nazira, 312.
Nebi-musa, 646.
Négrais, 343.
Negram, 298.
Negri Sembilan, 127, 725.
Nellore, 118.
Némir, 522.
Némoui, 539.
Nénita, 295.
Neochori Tholon, 295.
Nepal, 120.
Nephtianaja, 462.
Nertchinsk, 86, 526, 529, 531.
Nertchinsky-zavod, 529.
Netkhou, 584.
Neviansk, 540.
Ngan-chuen, 358, 364.
Ngan-hoëi, 39.
Ngan-son, 747.
Nguyen-binh, 745.
Nias, 343.
Nicée, 635.
Nichapour, 107, 419, 606, 661.
Nichimokawa, 784.
Nicolaya, 650, 651.
Nidgé, 289, 642.
Nigri, 506, 508.
Niigata, 160, 482.
Niitaka, 339.
Nijnaia Toungouska, 216.
Nijni-Goubakhinsk, 223.
Nijni-Oudinsk, 210, 215, 236, 246, 524.
Nigui-Taguilsk, 26, 72, 506, 545, 547.
Nijni-Tourinsk, 72.
Nikobar, 343.
Nikolaievsk, 211, 252, 502, 538.
Nikopol, 267.
Nilgiris, 303, 690.
Niman, 535.
Nine reefs, 677.
Ningouta, 765.
Ning-sia-fou, 379.
Ninta, 448.
Ni-ou-ké, 363, 364.
Niou-tchouang, 382.
Niriella, 717.
Niris, 420.
Nirmal, 690.
Nishi, 402.
Nisyros, 281.
Nizam, 111.
Nizara, 318.
Nogami, 398.
Nogue-kaou, 581.
Nomy, 367.
Nong-kai, 355.
Nongmaweit, 118.
Nong-son, 124, 349, 352, 356, 366, 737.
Nordenskiöld, 253.
Noth Arcot, 111.
Noura-tau, 272.
Nouvelle Calédonie, 341, 611.
Nouvelle Guinée, 337, 340, 341.
Novaia Semlia, 222, 543.
Novo-Alexandrovsky, 86.
Novo-Bayazet, 592.
Numazuta, 158.
Nundydroog, 111, 677, 679, 680.
Nurgo, 694.
Nurunga, 694.

O

Obapi, 734.
Obi-besar, 341.
Obi-sanghi-khergov, 605.
Obroutchev, 253.
Oedemich, 636 637.
Odraé-bacha, 519.
OEta, 281.
Ogi, 402.
Ogoron, 534.
Ogoya, 780.
Ohira, 482.
Oinak-sor, 230.
Ojoda, 398.
Oka, 210, 216.
Okamigo, 188.
Okchi, 653.
Okhotsk, 244.
Okuzu, 776.
Oldoï, 87, 533, 537.
Olekma, 212, 218, 220, 504.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Olenek, 93.
Olga, 538.
Olginski, 538.
Olongro, 534.
Olovianaia, 534.
Olympe de Bithynie, 289. 630, 632.
Omaki, 776.
Ombilien, 132, 367.
Omotso, 765.
Omuta, 398, 402.
Onga-tagawa, 401.
Onon, 86, 526, 527.
Ononga-tagawa, 158, 395.
Onot, 92.
Ontchor Kalga, 529.
Onuki, 397.
Ooregum, 141.
Oost-Bornéo, 367.
Ophir, 730.
Ordos, 379, 439.
Oregum, 677.
Orel, 535.
Orlofka, 510.
Ormuz, 419, 420.
Oros, 625.
Orthymnos, 295.
Osamka, 554, 555.
Osarisawa, 30, 161, 162. 776.
Osseika, 571.
Osseti, 584.
Ostchepkovsky, 554.
Othrys, 280.
Otsuji, 401.
Ouadi Mahavat, 536.
Ouang-chan, 333.
Ouadi sebbeh, 646.
Ouai-tao-chan, 755.
Oubsa-nor, 438.
Ouchta, 446.
Oucht-kourgan, 93, 273.
Ouda, 240, 246, 238, 246, 253, 539.
Oudéréi, 212, 214, 500. 501.
Oudoronga, 214, 501.
Ouei, 144, 387.
Ouei-ho, 377.
Ouei-hsien, 145, 387.
Ouei-ning, 151, 154, 359. 363, 364, 757, 758.
Ouei-si, 151, 757.
Ouen-chan-tchiang, 760.
Oufa, 222, 543.
Ougane, 533.
Ougour-tchai, 76.
Ouetchedéré, 634.
Oui, 539.
Ouibaka, 521.
Ouichan, 333.
Ouigoum, 602.
Ounakha, 534.
Ounda, 528, 529, 530.
Ounia, 534.
Ounich, 651, 658
Oura, 403.
Oural, 70 à 74, 220, 221 à 223, 540 à 579.
Oural-Volga, 73.
Ourga, 236.
Ourik, 92.
Ourjom, 570.
Ourka, 537.
Ourmiah, 297, 300, 419, 429. 433.
Ouroucha, 537.
Ouroumtchi, 273, 274, 384.
Ouroup, 244, 247.
Ouskowo, 425.
Ouspenski, 85.
Ouspiensk, 515.
Oussouri, 243, 244, 532.
Oust-kamenogorsk, 516.
Oust-tongouskoi, 84.
Ou-tai, 370, 378.
Outaichan, 378.
Outandja, 534.
Outaradit, 355.
Ou-tchan-yen, 760.
Outouguei, 240.
Ouzianka, 564.
Oxus, 596.
Oyu, 776.

P

Pac-boc, 744.
Pachkova, 531.
Pactole, 637.
Padang, 132.
Padar, 744.
Padouk-hin, 473.
Pagoeat, 131.
Pahang, 127, 329, 347, 725.
Painan, 730.
Painlinh, 723.
Paithan, 712.
Pak-being, 741.
Pak-chan, 695.
Pa-kha, 350.
Pak-hin-boun, 355, 356. 742.
Paklai, 355,
Pakrovsky, 534.
Pakokku, 467.
Palamow, 691.
Palanpur, 695.
Palaouan, 339.
Palekle, 340.
Palélch, 131, 733, 735.
Palembang, 367, 475, 477.
Palestine, 645.
Pallas, 417.
Palmyre, 287.
Palouk, 695.
Pamir, 271, 598.
Panapoulos, 104.
Panay, 480.
Panchets, 307.
Pandeh, 695, 710.
Pandomkbin, 470.
Pangée, 16.
Panna, 16, 706.
Panolan, 478.
Paoning, 414.
Pan-pyen, 473.
Pao-ting, 333.
Paouning, 333.
Paphlagonie, 286, 639.
Parhardiah, 669, 681.
Partial, 709.
Passagem, 566.
Patarknang, 118.
Patom, 218, 504.
Patomskoié Nagorié, 219.
Patta-hissar, 421.
Pavlodar, 251, 424.
Payentoung, 316.
Pégu, 465.
Pékin, 333, 374, 377, 384.
Péloponèse, 280.
Pe-ma-tong, 153, 760.
Penang, 127.
Penrensa, 501.
Pérak, 127, 346, 723, 724.
Pereimnaia, 247.
Pergame, 417, 634.
Perse, 107, 419, 463, 659 à 663.
Persépolis, 420.
Petai-Chabang-Pernibilan, 724.
Pétchora, 248, 446.
Pé-tchen, 362.
Pétchili, 142, 379, 383.
Petchitcha, 521.
Petra, 645.
Petrovski, 85.
Petropavlosk, 228.
Phanari, 617.
Phase, 651.
Phia-bioc, 350.
Philippes, 16, 341, 615.
Philippines, 367, 480, 736.
Phnom-deck, 738.
Phoenix, 674.
Phrygie, 632.
Phyöng-an-do, 766.
Piandjé, 606.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Pia-ouac, 122, 745, 752.
Piatigorsk, 257.
Pien-hien, 149, 365.
Pierrefitte, 583, 590, 592, 610, 740.
Pind Dadun Khan, 421.
Ping-liang, 380.
Ping-yang, (voir Ping-siang).
Ping-siang, 39, 59, 146, 164.
Ping-ting-fou, 385
Ping-ting-tchou, 386.
Ping-tou, 767.
Ping-yang, (Chansi), 384.
Ping-yang, 386, 413.
Pilonisi, 627.
Pipalgaon, 692.
Pit, 212, 500, 501.
Pithana, 712.
Platania, 638.
Plate (Ile) 469.
Po-chan, 144, 386, 387.
Po-chan-maou, 387.
Podkamennaia, 501.
Podvintzef, 85, 520.
Pœloé, 367.
Pœloé-Laloet, 732.
Pohal, 420.
Pokrosk, 522.
Poloudenka, 575.
Pondichéry, 308.
Ponnhsihou, 142.
Pont, 286.
Poti, 297.
Pontique (Chaîne), 649.
Poronai, 397, 398, 403.
Porsedyke, 674.
Port-Ayan, 539.
Port-Courbet, 746.
Porto-novo, 690.
Poulo-nias, 342.
Pou-luong, 741.
Pouppadong, 344.
Pou-tchao-pa, 366.
Poyang, 380, 771.
Predtetchensky, 508.
Préobrajensky, 85.
Prespa, 615.
Primorskii-Khrébet, 212, 217.
Prinkipos, 629.
Prjévalski, 767.
Promé, 471, 473.
Provinces maritimes, 88.
Provinces centrales, 115.
Pualaka, 480.
Puga, 437.
Punjab, 111, 120, 422, 437, 466, 686, 695.
Punulia, 681.
Pun-yiu, 146.
Pursat, 738.
Pushena, 718.
Pychmink, 71, 567, 569.
Pyrdaudi, 653.
Pyrgos, 617.

Q

Quang-Nam, 737, 739.

R

Rabat, 477.
Radpur, 683.
Ragedara, 116, 718.
Raigarh, 312.
Raindu, 118.
Raipur, 685.
Rajmahal, 308, 712.
Rajpipla, 118.
Rajputana, 118, 120, 305, 422, 685.
Rambraï, 118.
Ramgarh, 312, 315, 690.
Ramkola, 312.
Ramnagar, 437.
Ram Ormus, 464.
Rampur, 312.
Ramri, 465, 468, 469.
Ramtek, 113.
Rangoon, 465.
Raniganj, 115, 307, 312, 314, 691.
Rangoon, 119.
Ratnapur (fer), 692.
Ratnapur (onyx), 712.
Ratnapura (Ceylan), 117, 710, 711, 717.
Raub, 128, 726.
Ravno, 605.
Rawkana, 117, 710.
Rawalpindi, 465, 466.
Reclus (Pic Elysée), 767.
Redjang-Lebong, 131, 730.
Rembang, 367, 475.
Revdinsk, 561.
Rewah, 312, 316.
Rhodes, 281, 638.
Richmond, 674.
Richthofen, 380.
Riddersk, 516, 518.
Rikuchu, 159.
Rion, 261, 300.
Rio Tinto, 593.
Rivière Noire, 350.
Rizal, 736.
Rochdestvensk, 515.
Rockingham, 656.
Roen jan, 732.
Roi-Charles (terre), 253.
Romany, 454.
Rombaki, 102, 104.
Ronde, (Ile), 469.
Rotti, 340.
Roudiansk, 562.
Routivara, 656.
Ruby Mines Cy, 117.
Rudesk, 231.
Rudok, 437.
Ryauk-galé, 469.
Ryoseki, 394, 397.

S

Sabachnikoff, 86.
Sabaragamuwa, 717.
Sabountchy, 454.
Sabzwar, 661.
Sado, 30, 163, 778.
Sadone, 584.
Saetzchkoï, 635.
Safet-Daria, 603, 605.
Saga, 158, 398.
Sagara, 481.
Saghalien, 403.
Sagri-datch, 428.
Sagyin-Hills, 117, 120.
Sahajori, 313.
Sahend, 653, 659.
Saïda, 646.
Saijo, 164.
Sailik, 607.
Saisam-nor, 601.
Sakhaline, 90, 92, 403, 446, 448.
Sakaria, 286.
Sakawa, 394.
Sakhanai, 531.
Saint Michel Archange, 552.
Saint Vladimir, 538.
Salaïr, 84, 226.
Salairsk, 519.
Salawati, 341.
Salem, 119, 304, 689, 710.
Salida, 730.
Salkim-taou, 514.
Salouen, 329, 346.
Salt Range, 115, 120, 310, 412, 421.
Samanly-Dagh, 629.
Samar, 273.
Samarinda, 475, 479, 480.
Samarkande, 272, 273, 606.
Sambagawan, 393.
Sambalpur, 112, 669, 685, 709.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Sambas, 731, 732.
Sambhar Lake, 422.
Samnapur, 704.
Samos, 627.
Samothraki, 280, 619.
Samour, 582, 586.
Samui, 347.
Sanarsk, 576.
Sandchi, 274.
Sandjiek, 660.
Sangar, 421.
Sanga-sanga, 480.
Sangli, 672.
Saniba, 384.
Sanka, 344, 345.
Santorin, 281.
Sapalsky, 558.
Sara-boulak, 512.
Saraï, 605.
Saral, 421.
Saran, 437.
Saranaia, 72, 546.
Sarawak, 131, 339.
Sarbagoutcha, 601.
Sardes, 16.
Sardi, 423.
Sarela, 520.
Saridja, 102, 104.
Sarouk, 660.
Sartes, 598, 603.
Sarthol, 768.
Sarvadane, 271, 273.
Saryari, 628.
Sary-baba, 650.
Sary-boulak, 601.
Sary-sou, 98.
Sasun, 654
Satara, 113.
Satledj, 437.
Satpura, 303, 308, 312, 315.
Sausal, 681.
Sausar Tahsil, 696.
Savannaket, 742.
Savelan, 647.
Savo-borzia, 530.
Sawatari, 774, 784.
Sayan, 216, 227, 236, 522, 524.
Sazty-déré, 635.
Scamandre, 611, 630.
Schuster, 464.
Scutari, 286.
Sedan, 367.
Séiba, 522.
Seistan, 663.
Seitan-Deré, 636.
Sekong, 348.
Sekran, 685.
Selama, 725.
Selangor, 127, 720, 725.
Selemdja, 243, 532, 533, 534.
Selenga, 238, 527.
Seliankia, 577.
Selindja, voir Selemdja.
Sé-mao, 153, 751.
Semarang, 478.
Semipalatinsk, 224, 226, 424, 512.
Semnan, 660.
Send, 660.
Sendan, 661.
Sendjen, 660.
Senninzan, 777.
Sepedji, 98.
Serang, 187.
Serdjiler, 632.
Sérech, 244, 247.
Sérès, 615.
Sergatcha, 537.
Sergiopol, 514.
Serigano, 784.
Seriphos, 106, 625.
Ser-i-Poul, 463.
Ser-i-Reuh, 652.
Sérustat, 643.
Sésan, 348, 741.
Sé-tchouan, 146, 356, 357, 412, 413.
Se-tseu-tchang, 755.
Sevaglikou, 501.
Shan, 312, 318, 346.
Shanawallahn, 464.
Shahpur, 466.
Shansi (voir Chan-si).
Shensi (voir Chen-si).
Sherani, 466.
Shika-ribertsu, 775.
Shikhaus, 653.
Shiki, 397.
Shikoku, 783.
Shillong, 310, 316, 692.
Shima, 188.
Shimo-jima, 397.
Shinano, 481.
Shinnyu, 158, 401.
Shiramizu, 398.
Shirani Hills, 465, 466.
Shirayama, 776.
Shiretoko, 404.
Shirvan, 654.
Shitaka, 397.
Siam, 348, 415, 722, 726.
Siang, 145.
Siang-tan, 145.
Siao-heou-tsin, 415.
Sibérie, 78 à 93, 411, 423, 492 à 539.
Siderovo, 253.
Sighri, 695.
Signakh, 589.
Si-ho, 758.
Sikajam, 342, 732.
Sikhim, 310, 686.
Sikhota-Aline, 243, 538.
Sikok, 394.
Simla, 686.
Simonovo, 216.
Sinagahain, 367.
Sinaï, 661.
Sin-chin, 756.
Singan-fou, 378.
Singapore, 127, 347.
Singareni, 115, 312.
Singhana, 704.
Singhbhum, 669, 681, 685, 686.
Singh-lâ, 311.
Singkep, 128, 727.
Singroovlée, 716.
Singu, 467.
Sinkay, 324.
Sinope, 286, 650.
Sin-tan, 370.
Sionninsk, 76, 594.
Siphnos, 106, 620, 625.
Sipyle, 16.
Sir, 645.
Siratari, 694.
Sirok, 783.
Sis, 289.
Sisim, 522.
Sistan, 432, 435.
Sitariwa, 315.
Sittang, 346.
Sitzimadan, 592, 594.
Sivas, 653.
Siwaliks, 305, 311.
Si-yang-tang, 362.
Skapté-Ilylé, 615.
Skopelo, 631.
Skyros, 106, 612, 620.
Slatoust, 545.
Smeinogorsk, 26, 84, 231, 516.
Smirnovsky, 530.
Smyrne, 417, 635.
Snowy-range, 310.
Sœmba, 336.
Sœmalata, voir Soumalata.
Sœmbawa, 340.
Sœpayang, 730.
Sœrabaya, 475, 478, 731.
Sohagpur, 316.
Soieda, 401.
Soimonovsk, 563.
Soiouznaia, 244.
Sokia, 100, 296, 656.
Sokolnoi, 516.
Solenaya, 267.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Solikamsk, 540.
Solva, 545.
Soma, 295, 634.
Someshvert, 118.
Somkétique, 299.
Sonapet, 681.
Song-ca, 356.
Son-chay, 350, 352, 353.
Song-chu-bong, 124.
Song-dabach, 124.
Song-rong, 745,
Sontal Parganas, 685.
Sophia, 279.
Sopolsky, 561.
Sorachi, 158, 396, 397, 398.
Sorakai, 725.
Sorotchi, 425.
Sorsogon, 367.
Sotiros, 618.
Soudjari, 533.
Soudjarikan, 533.
Soudjenka, 92, 235.
Sougatof, 519.
Soui-doun, 602.
Soui-fou, 413.
Soukhorinka, 519.
Soukhoum-Kalé, 265, 582, 589.
Soumalata, 131, 339, 340, 733, 734.
Soung-chan, 377.
Soungi-krean, 725.
Soungi-slim, 725.
Soungourlou, 417.
Soungari, 765.
Sounion, 106, 622, 624.
Soupsa, 452.
Sousst, 663, 710.
Soutam, 242.
Soutar, 537.
Souzoun, 84.
Spassky, 83.
Spin Tangi, 466.
Spirine, 555.
Spiti, 174, 176, 310.
Squanétic (Monts), 584, 595.
Stanovoï, 220, 240, 241, 533.
Steppe kirghise, 83, 220, 224 à 230, 424, 512 à 515.
Stormberg, 307.
Straits (voir Détroits).
Stronghilo-Vouno, 617.
Strouma, 615.
Strung Streng, 741.
Strymon, 615.
Subah Berar, 690.
Subansiri, 682, 683.
Subathu, 317, 686.
Sudkal, 465.
Sugaya, 783.
Sugayama, 481, 482.
Sujewal, 423.
Sukhinsky, 448.
Sukhodoisk, 552.
Suleiman Hills, 465.
Sultan-tchair, 417, 632.
Sultan-uis-dagh, 272.
Sulukkoï, 632.
Sumatra, 131, 329, 339, 341, 367, 475, 728,
Sumjam, 711.
Sunik, 581.
Sunjei-Ujong, 725.
Supsa, 651.
Surigao, 367.
Suruga, 395.
Suse, 464.
Susurlou, 97.
Susuya, 403, 404.
Suvarnarekha, 111.
Svartdal, 566.
Svianovsk, 231.
Sviato Makarief, 514.
Symbolon, 615.
Syrianovsk, 84, 516, 518.
Syr Daria, 250, 596.
Syrie, 287, 645.
Syros, 106.
Sysran, 446.

T

Tabbas, 661.
Tabriz, 301, 429, 434, 659.
Tachi, 466.
Tachkent, 272.
Taga, 367.
Tagawa, 401.
Tagawa-gori, 401.
Tagonaï, 163, 778.
Taigan-chan, 379.
Tai-hang-chan, 385.
Taimghéi, 539.
Taina, 529, 530.
Tai-pin-tchang, 364.
Tai-yang, 386.
Tai-yuen, 39, 386, 413.
Tai wan, 388.
Takashima, 158, 396, 399, 402.
Takht-i-Soulaiman, 434, 660.
Takou, 39.
Ta-lan, 153, 751.
Talbar, 15.
Talchir, 306, 312.
Tali, 153, 154, 357, 360, 361, 414, 757, 761.
Taliabo, 341.
Tali-likiang, 414.
Taljoum, 651.
Talka, 602.
Taman, 419, 449.
Tamba, 397.
Ta-me-ti, 151, 757.
Tamman, 118, 317.
Tanah-Laloet, 732.
Tang-tan, 757.
Tandag, 367.
Tango, 397.
Tangoka, 164.
Tanh-hoa, 355.
Tanimura, 397.
Taniyama, 784.
Tank Block, 677.
Taounggol, 470.
Tarim, 274, 438.
Tarkobeh, 661.
Tarse, 640.
Tawa, 312.
Tasan, 661.
Tatariski, 220.
Ta-ting, 364.
Ta-toung-fou, 385.
Ta-tsien-lou, 360.
Tatta, 433.
Tau, 347.
Taurus, 289.
Tavallé, 643.
Tavilah, 464.
Tayed, 160, 762.
Tazekhend, 298.
Tchachino-Ildikansk, 530.
Tchaidam, 438.
Tchamlouk, 589, 590.
Tchana, 253.
Tchang-kiang, 771.
Tchang-kiou, 144, 145, 387.
Tchang-kvan-tsai, 765.
Tchang-pai, 765.
Tchangry, 417.
Tchao-tchéou, 761.
Tchang-tchoun, 382.
Tchan-i-tchiasorkh, 464.
Tchan-ka, 151.
Tchao-toung, 151.
Tchaou, 546.
Tchaouch, 558.
Tchara, 506.
Tchardy, 630.
Tchasavali, 585.
Tchataja-Dagh, 630.
Troade, 630.
Tchatakh, 587.
Tchatal-aghzy, 402, 294.
Tchat-kal, 606.
Tcha-tse-tchang, 154.
Tchayan, 417.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Tchebaki, 85, 520, 522.
Tchebandy-sai, 602.
Tchébatchy, 512.
Tchedouba, voir Cheduba.
Tché-kiang, 380.
Tchéleken, 462.
Tchéliabinsk, 425, 570.
Tcheng-ting, 39.
Tcherdyn, 540.
Tcheremkovsky, 246, 247.
Tchérépanovsk, 516, 518.
Tcherkesskoé, 450.
Tchernaga, 571.
Tchernek, 531.
Tcherno-istchinsk, 545.
Tchertomlyk, 267.
Tchiatoura, 27, 264.
Tchiftéhan, 642.
Tchikoï, 238, 239, 246, 527.
Tchimione, 93.
Tchinaran, 661.
Tchindansky, 247.
Tching-ouan-tao, 142.
Tchinion, 463.
Tchinlikaya, 97, 636, 637.
Tchita, 85, 86, 528.
Tchœng-tou-fou, 333.
Tchoktonsk, 246.
Tchorok, 651.
Tchotkal, 602.
Tchoudak, 519.
Tchoulym, 216, 244, 246, 520.
Tchoung-king, 149.
Tchoung-tien, 358.
Tchoura, 253.
Tchouvachskaia, 578.
Tegal, 475.
Tégala, Baroé, 475.
Teheran, 107, 419, 420, 660.
Téké-dérési, 643, 644.
Tékès, 600.
Telao, 546, 589.
Telbesse, 519.
Télezkoié, 226.
Telminskoié, 93.
Telok-Belong, 731.
Tenassérim, 112, 127, 329, 346, 347, 686, 695, 722.
Tengri-nor, 437, 438.
Tenimber, 336, 340.
Tépésidelik, 417.
Térek, 257, 264, 451, 586, 595.
Ternera, 188.
Terpenja, 403.
Teshio, 397.
Téthys, 370.
Tétori, 394.
Téya, 501.
Thaï, 296.
Thaï-nguyen, 125, 746, 748.
Than-poun, 746.
Thasos, 16, 280, 616.
That-khé, 349, 351, 745.
Thawbawleek, 695.
Thayelnuyo, 465.
Théodore, 539.
Theologos, 618.
Thermodon, 658.
Thermophyles, 615.
Thirori, 698.
Thok-daurakpa, 768.
Thok-dchaloung, 768.
Thrialétique (Chaîne), 649, 651.
Thudaumot, 739.
Tibériade, 645.
Tibet, 372, 409, 437.
Tibika, 521.
Tichinosadon, 506.
Tichono-Zadanski, 85, 508.
Tien-chan, 272, 274.
Tien-pao, 756.
Tiflis, 370, 586, 589, 649.
Tigre, 654.
Tilaï, 553.
Tiling, 765.
Tillek, 653,
Timan, 222, 446, 543.
Timor, 336, 340, 480.
Ting, 761.
Tinh-tuc, 122, 126, 745.
Tioumen, 91.
Tiounet, 586.
Tiré, 636, 637.
Tirhat, 437.
Tissoul, 246, 520, 521.
Tizil-sou, 264, 584.
Tjermé, 478.
Tkvibouli, 262, 263, 264.
Tmolos, 16, 637.
Tochido, 780.
Togri-saï, 767.
Tok, 534.
Tokat, 96.
Tolam, 366.
Toledo, 480.
Tomaki, 341.
Tomini, 341.
Tomobé, 398.
To-mou-ko, 753.
Tomsk, 226, 234.
Tong-chan, 142, 384.
Tong-hai, 362.
Tong-tchang-ho, 151.
Tong-tchouan, 151, 153, 154.
Tong-tinh, 747.
Tonkin, 58, 122 à 126, 349, 744 à 748.
Tonoda, 219, 506, 510.
Topravan, 300, 433.
Torbali, 637.
Tosa, 394, 397.
Toscane, 750, 759.
Totchilny, 254.
Totok, 131, 736.
Totomi, 395.
Totsigi, 161.
Toualan Lengo, 725.
Touapsé, 450.
Touar-kyr, 426.
Touba, 522, 523.
Tougnoui, 239.
Toulé-sop, 348.
Touloum, 246, 247.
Toumani, 520.
Toungboji, 473.
Toungbou, 470.
Tounghva, 765.
Toungouska, 411.
Toungouska moy, 214.
Toung-tchouan, 333, 360, 414, 754, 755, 757.
Toura, 72.
Tourane, 349, 356, 366.
Tourbet, 660.
Tourfan, 273, 274, 770.
Tourgai, 90.
Tous-chourmali, 464.
Toutza, 326, 363, 364.
Touz-arass, 421.
Touzdou-koul, 251.
Touz-koï, 417
Touzla, 463.
Touz-Tchöllus, 433,
Tranninh, 741.
Transbaïkalie, 85, 237 à 244, 247, 526 à 532.
Transcaucasie, 581 à 595.
Travanure, 116.
Traverselle, 784.
Trébizonde 96, 649, 657
Triadès, 627.
Trial, 589.
Trichinopoly, 308.
Trinh-thuong, 149.
Troade, 295, 463, 630.
Troie, 632.
Troïsk 246.
Troïtsk, 552.
Trubeiev, 577.
Trung-xa, 745.
Tsagan, 237, 238, 239.
Tsagan-daban, 239, 527.
Tsai-dsmar, 294.
Tsamly, 293.
Tsarevo-Alexandre, 80.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Tsé-chou, 381.
Tse-liou-tsin, 149, 365, 413. 414.
Tsé-men-tong, 753.
Tsi-chang, 469.
Tsi nan-fou, 39, 387, 767.
Tsing-ling-chan, 369, 378, 380.
Tsing-taou, 145.
Tsotsouli, 531.
Tsougolsky-Datzan, 529.
Tsouliou-tcheng, 413.
Tsugaru, 481.
Tsukiki, 367.
Tsurugizan, 777.
Turkestan russe, 93, 270 à 275, 420, 424, 432, 435. 596 à 607.
Turquie d'Asie. 54, 104.
Tuteka, 538.
Tuyen-quang, 747.
Twingoung, 465, 472.
Tyrla-asy, 290.
Tzarevo - Alexandrovsky, 575.
Tzaritzine, 73.

U

Ud, 526.
Ugo. 395, 481.
Ukua, 113.
Umaria, 115, 316.
Um-Rus, 565.
Unsan, 164.
Uru, 119.
Urumtschi (voir Ouroumtchi).
Uzen, 395.

V

Vachté, 606.
Vaigatch, 222.
Van, 434, 464, 647.
Vani, 263, 267.
Vanitzi, 625.
Van-linh, 35.
Van-long, 747.
Van-pha-sane, 741.
Van-yen, 366, 744, 746.
Varvara, 95.
Vasilievsk, 552.
Vatcha, 219, 506.
Vedeno, 586,
Vélioukan, 253.
Velmo, 214, 253.
Verkné-Amourski Cy, 82.
Verkné-Isetsk, 545.
Verkné-Oudinsk, 238.
Verkné-Ouralsk, 563.
Verkné-Taidinsk, 530.
Verkné-Tourié, 557,
Vernoé, 421.
Vientiane, 741.
Vierny, 37, 272.
Viliouisk, 92, 411.
Vindhyans, 305.
Vinh, 125, 349, 356,
Vinh-phuoc, 366.
Vissim, 72, 546.
Vissokaya, 558.
Vitim, 85, 212, 218, 238, 253, 504, 509.
Vitimkam, 512.
Vizagapatam, 711.
Vizianagram, 113, 699.
Vladicaucase, 584.
Vladivostok, 537.
Vologda, 446.
Voskressensky, 573.
Vou bou dou, 733.
Voulgaro, 617.
Vourla, 637.
Vouvès, 618.
Vshivoié, 578.
Vyia, 72.

W

Waigeoe, 341.
Wainad, 110, 111, 669, 673, 674.
Wajru-Karur, 708.
Wakamatsu, 126, 160, 401, 731.
Wardha, 312, 691, 696.
Warora, 115, 691.
Watana, 124, 348, 723.
Waverley, 568.
Wei, 144.
Wou-hsiang-hsien, 385.
Woutaï, 370, 378.
Wuntho, 111.
Wynaad (voir Wainad),

X

Xieng-khouang, 741, 742.
Xien-khong, 723.

Y

Yagnan, 695.
Yaila-Boghas, 644.
Yak-sou, 605, 606.
Yamada, 401.
Yamano, 401.
Yamagano, 784.
Yanahala, 160.
Yanartach, 638.
Yang-kiang, 759,
Yang-li, 760.
Yang-tsé-kiang, 357, 361.
Yarkand-Daria, 768.
Yarkoué, 90, 230.
Yarra, 539.
Yasikh, 523.
Yavlenny, 530.
Yenang-chit, 471.
Yenang-yat, 467, 469, 471,
Yerang-yung, 467, 469, 470, 471.
Yenan-yaoung, 473.
Yen-bay, 352, 353, 359, 366.
Yen-lac, 747.
Yen-tai, 142, 379, 383.
Yen-tchi, 413.
Yenun, 470.
Yezd., 270, 420, 663.
Ylang-Dagh, 642.
Y-leang, 357, 362, 363.
Yongri-Hill, 687.
Yora, 453.
Yoshioka, 163, 782.
Yoshitani, 158.
Young-ning, 360.
Young-tchang, 344, 361.
Youn-pé, 414.
Youn-yang, 378.
Your kandji, 643.
Yous-blanc, 85.
Yous-noir, 86, 520.
Yozgad, 289.
Y-tcheou, (voir Itchou.)
Yubari, 158, 395, 396, 397. 398.
Yubari-gawa, 397.
Yuentching, 413.
Yunnan, 19, 146, 356, 366, 414.
Yunnan-sen, 332, 357, 362.
Yuno-také, 398.

Z

Zabat, 454.
Zagros, 299.
Zahadan, 661.
Zakatali, 589.
Zalairsk, 85.
Zambales, 367.
Zanghezour, 19, 581, 589. 594.
Zanskar Range, 711.
Zanzibar, 420.
Zaproudny, 223.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Zaravchan, 271, 606.
Zavodinsk, 516, 518.
Zemachodachemi, 453.
Zendan, 660.
Zerentouiski, 530.
Zerny-Ildikan, 531.
Zéya, 86, 87, 242, 243, 532 533.
Zigara, 540, 563.
Zimovié, 246.
Zlaoutovsky, 535.
Zlatoust, 80, 576, 578.
Zohab, 464.
Zongouldak, 102, 290, 294.
Zorgolkonsky, 530.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION. 1

Objet de l'ouvrage (1). — Divisions générales : 1° Economie industrielle et 2° Métallogénie (4).

Principales abréviations bibliographiques. — Mesures locales. — Toponymie . 11

PREMIÈRE PARTIE

L'ASIE MINIÈRE INDUSTRIELLE

CHAPITRE PREMIER. — **Histoire de l'Industrie minérale asiatique** 13

A. Les temps anciens. — L'or antique (15). — Etain et cuivre (17). — Plomb argentifère (20). — Fer (20). — Minéraux divers (21). 15

B. Les temps modernes. — Asie russe (25). — Asie Mineure (27). — Inde (27). — Chine (28). — Japon (30). 21

CHAPITRE II. — **Caractères généraux de l'Industrie asiatique et du développement industriel en Asie. — Progrès des voies de communication** 31

Développement des chemins de fer asiatiques (34).

CHAPITRE III. — **La production minérale actuelle de l'Asie. — Sa répartition. — Son avenir** 42

Or (46). — Argent, Platine, Etain (48). — Cuivre, Manganèse, Plomb et Zinc (49). — Chrome, Antimoine, Mercure (50). — Fer (51). — Charbon (52). — Pétrole (59). — Petites substances minérales (60).

CHAPITRE IV. — **L'industrie minière de l'Asie russe. — Production actuelle. Conditions d'exploitation. — Chances d'avenir. — Débouchés. etc.** 62

Statistiques générales. 65

A. Oural. — Or, Platine, Fer, Cuivre, Gemmes, etc. 70

B. Caucase. — Cuivre, Manganèse, Pétrole, etc. 74

C. Sibérie. — *a*) Or et métaux (78). — *b*) Combustibles (88). — *c*) Petites substances minérales (92). 78

D. Turkestan russe 93

CHAPITRE V. — **L'industrie minière en Asie Mineure et en Perse** 94

A. Asie Mineure. — Plomb, Argent et Zinc (95). — Cuivre (96). — Antimoine, Chrome, etc. (97). — Ecume de mer (98). — Emeri (99). — Houille (100). 94

B. Perse 107

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE VI. — **L'industrie minière aux Indes Britanniques et à Ceylan.** . 108

Or (110). — Plomb, Zinc et Cuivre (111). — Fer, Étain, Manganèse (112). — Combustibles (114). — Graphite, Diamants, etc. (116).

CHAPITRE VII. — **L'industrie minière dans l'Indo-Chine et l'Insulinde** . . . 121

A. Indo-Chine française. — Tonkin, Annam, Cambodge. — Houillères (122). Or (124). — Fer (125). — Etain (126).

B. Exploitation d'étain de la région des détroits 126

C. Indes Orientales Néerlandaises. — Or, diamants, combustibles 129

CHAPITRE VIII. — **L'industrie minière en Chine** 133

Observations générales sur les conditions politiques et sociales de l'industrie minière en Chine 134

Description par régions. — Mandchourie (141). — Kaiping (Petchili) (142). — Chan-si, Honan, Chen-si, Kan-sou (143). — Chan-toung (144). — Houpé (145). — Hounan (145). — Kouan-toung (146). — Kouei-tchéou, Yunnan et Se-tchouan (147). 141

CHAPITE IX. — **L'industrie minière au Japon** 155

Houille et Fer (157). — Métaux divers (160). — Cuivre (161). — Argent. Or (162).

DEUXIÈME PARTIE

LA GÉOLOGIE DE L'ASIE

A. — ÉTUDES D'ENSEMBLE. — STRATIGRAPHIE ET TECTONIQUE

CHAPITRE X. — **Histoire géologique de l'Asie. — Evolution de sa paléogéographie. — Etude de la série stratigraphique en Asie** 165

Archéen et pré-cambrien (171). — Cambrien (172). — Ordovicien (174). — Gothlandien (176). — Dévonien (176). — Dinantien (179). — Westphalien (181). — Stéphanien (183). — Permien (185). — Trias (187). — Jurassique (188). — Crétacé (189). — Tertiaire (189).

CHAPITRE XI. — **La Formation du continent asiatique. — Evolution de sa tectonique** 191

Les grandes zones tectoniques de l'Asie (193). — 1° Les plates-formes primitives (197). — 2° Chaînes de plissement hercyniennes (199). — 3° Plissements alpihimalayens (201).

B. — DESCRIPTIONS RÉGIONALES

CHAPITRE XII. — **Histoire géologique et gisements charbonneux de l'Asie Russe.** 202

1° Plate-forme primitive. — Bassins de la Lena et de l'Aldan (207). — 2° Ceinture calédonienne à imprégnations aurifères. Bassins de l'Iénissei (Pit et Oudérei) et de la Lena (Olekma et Vitim), (212). — 3° Chaînes hercyniennes (Oural, Steppe Kirghise, Altaï (220). — 4° Zones principalement hercyniennes à dislocations tertiaires du Sayan oriental, de la Transbaïkalie et de l'Amour (236). — 5° Histoire stratigraphique de l'Asie russe pendant le secondaire et le tertiaire (dépôts à lignite, etc.) (244). — 6° Trapps sibériens (251).

CHAPITRE XIII. — **Géologie. Combustibles et Minerais de manganèse du Caucase** 255

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Tectonique (256). — Histoire géologique (261). — Houille (264). — Manganèse (265).

CHAPITRE XIV. — **Géologie du Turkestan russe (Boucharie et Ferghana), du Pamir, du Tien-chan, etc. — Combustibles** 270

CHAPITRE XV. — **Géologie de la Mer Egée** 275

CHAPITRE XVI. — **Géologie de l'Asie Mineure, de l'Arménie, de la Perse. — Combustibles** 283

Tectonique générale de l'Asie Mineure (285). — Série stratigraphique de l'Asie Mineure (288). — Combustibles (290). — Histoire géologique de l'Arménie (296). — Lignites de l'Arménie et de la Perse (301).

CHAPITRE XVII. — **La géologie des Indes anglaises et les combustibles** . . 302

1° Massif primitif (303). — 2° Zones des plissements himalayens (309). — Charbons (314).

CHAPITRE XVIII. — **Géologie de la Birmanie, de la presqu'île de Malacca, de l'Indo-Chine et de la Chine méridionale. — Coup d'œil sur les Indes hollandaises et les Philippines. — Les Combustibles** 319

Unité du sujet (319). — Directions des plissements (321).

Histoire tectonique générale de l'Asie Sud-Orientale. — 1° Métamorphisme de profondeur et roches métamorphisantes (323). — 2° Série siluro-dévonienne (326). — 3° Mouvements précarbonifères (327). — 4° Mouvements hercyniens (327). — 5° Transgression ouralo-permienne (328). — 6° Secondaire (330). — 7° Tertiaire. Dénivellations récentes et volcanisme (332). — 8° Limites tectoniques du massif étudié (334) 323

Tectonique de l'Archipel Malais. — 1° Tronçons anciens (338). — 2° Chaînes tertiaires (340) 337

Examen des diverses zones tectoniques. — 1° Chaîne tertiaire birmane des monts Arakan (342). — 2° Vallée de l'Iraouaddy, Est de Sumatra (344). — 3° Chaînes primaires birmanes et presqu'île de Malacca (345). — 4° Plateaux du Siam, du Cambodge et du Laos. Annam méridional (347). — 5° Tonkin, Laos septentrional et Hainan (349). — 6° Yunnan, Sé-tchouan, Kouei-tchéou et Kouang-si (356) 342

Combustibles de l'Asie Sud-Orientale. — Houille carbonifère (362). — Houille permienne et triasique (363). — Charbons rhétiens (365). — Lignites tertiaires (366) 361

CHAPITRE XIX. — **Géologie de la Chine et de la Corée. Les Combustibles** . 368

Histoire stratigraphique de la Chine (368). — Tectonique (373). — Faite primitif (374). — Chaînes hercyniennes de Mandchourie, du Pétchili, de Mongolie, du Tsing-ling-chan (378). — Chine méridionale (380). — Formations charbonneuses (381). — Mandchourie (382). — Pétchili (383). — Mongolie, Chan-si, Chen-si et Honan (384). — Chan-toung (386).

CHAPITRE XX. — **Géologie du Japon. — Combustibles** 389

Stratigraphie (392). — Tectonique (396). — Gisements charbonneux (396). — Hokkaido (397). — Grande Ile et Kiou-Siou (398). — Sakhaline (403).

CHAPITRE XXI. — **Les Formations salines asiatiques. — Dépôt de chlorures, sulfates, carbonates, nitrates, borates, etc.** 405

Problèmes posés. Facilités offertes par l'Asie pour leur étude (405). — Mode de formation des dépôts salins (408).

Gisements salins primaires. — Sibérie. 411

Sels permo-triasiques et liasiques. — Chan-si, Yunnan, Sé-tchouan, Indo-Chine. 412

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Gisements salins tertiaires. — Sels gemmes d'Asie Mineure, Borates de Sultan-Tchair (417). — Sels tertiaires de Perse, du Turkestan russe, de l'Inde 416

Formations salines actuelles des zones désertiques. — 1° Sibérie (423). — 2° Zone aralo-caspienne (425). — 3° Asie Mineure (432). — 4° Arménie et Perse (433). — 5° Asie Centrale, Inde et Chine (436) 423

CHAPITRE XXII. — Le Pétrole en Asie. 440

Généralités (440).

Pétroles de Russie, Turquie d'Asie et Perse. — Ouchta (446). — Sibérie et Sakhaline (446). — Crimée, Maïkop, Grosny (448). — Transcaucasie (452). — Bakou (453). — Turkestan russe (463). — Asie Mineure, Arabie, Mésopotamie Perse (463). 446

Pétroles des Indes anglaises. — Bélutchistan et Punjab (466). — Assam et Birmanie (466) 465

Pétroles des Îles de la Sonde. — Sumatra (475). — Java (478). — Bornéo (479). 473

Pétroles du Japon. 480

TROISIÈME PARTIE

MÉTALLOGÉNIE RÉGIONALE

Préambule 483

CHAPITRE XXIII. — **Métallogénie de la Sibérie**. 492

Généralités (492). — 1° Bassin de l'Iénisséi inférieur (Pit et Oudérei) (500). — 2° Magnétite de Nikolaievsk (502). — 3° Bassin de la Léna (Olekma, Vitim, Patom) (504). — 4° Steppe Kirghise (512). — 5° Altaï russe (515). — 6° Districts d'Atchinsk et de Minoussinsk (520). — 7° Région du Sayan oriental (mine de graphite) (524). — 8° Transbaïkalie. Districts de l'Onon, de l'Ud et de la Chilka (526). — 9° Bassin de l'Amour (Zéya, Sélemdja, Bouréya, Oussouri, Amgoun) (532).

CHAPITRE XXIV. — **Métallogénie de l'Oural**. 540

1° Gisements des roches basiques. Chrome. Platine, etc. (545). — 2° Gisements de magnétite et de chalcopyrite (549). — 3° L'or dans l'Oural (filons et placers) (564). — 4° Sédiments manganésifères et cuprifères (575). — 5° Gisements reliés aux roches acides. Gemmes de l'Oural (576).

CHAPITRE XXV. — **Métallogénie du Caucase** 580

1° Zone cristalline et paléozoïque (581). — 2° Filons de la zone plissée secondaire (586). — 3° Minerais de cuivre, fer, etc., en relation avec les diabases, porphyrites, etc. (586). — 4° Amas et filons cuivreux associés aux roches éruptives tertiaires (587). — 5° Or au Caucase (595).

CHAPITRE XXVI. — **Métallogénie du Turkestan russe**. 596

1° Type filonien complexe (599). — 2° Auréoles de contact des syénites dans les calcaires (601). — 3° Placers aurifères de Boukharie (602). — 4° Substances minérales accessoires (606).

CHAPITRE XXVII. — **Métallogénie de la Mer Egée et de l'Asie Mineure** . . 608

1° Nord de la mer Egée. Mines de Thasos et du Sud de la Macédoine 613

2° Groupe de l'Eubée, de l'Attique et des Cyclades (Sériphos, Siphnos, Mykonos, Antiparos, Naxos, Milos, etc.). 619

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

3° Nord-Ouest de l'Anatolie. — Mételin, Troade, Mysie, Bithynie 628
a) Fer chromé de Mételin (630). — *b*) Gisements d'antimoine de l'Anatolie occidentale (631). — *c*) Gisements sulfurés complexes. Or de la Phrygie. Plomb et Zinc de Balia-Maden (632).

4° Chios, Lydie, Région de Smyrne, etc. 635

5° Région Sud de l'Anatolie. — Rhodes et Lycie. — Taurus (Bulgar-Maden). — Chypre, Syrie et Palestine 638

6° Cappadoce, Pont, Arménie, Mésopotamie 647
a) Chaînes pontique, imérétienne et thrialétique (649). — *b*) Zone du Karadagh et chaîne Caspienne d'Azerbeidjan (652). — *c*) Zone d'Angora à Sivas (653). — *d*) Plateau Arménien et Chaînes Tauriques (653).

Petites substances minérales de l'Asie Mineure 655
Ecume de mer. — Emeri (655). — Pierres précieuses, etc.

CHAPITRE XXVIII. — **Richesses minérales de la Perse et de l'Afghanistan** . 659

CHAPITRE XXIX. — **Métallogénie de l'Inde et de Ceylan** 664

Rapports généraux avec la tectonique (664). — Répartition des minerais par groupes régionaux (667).

L'Or dans l'Inde. — Gadag (672). — Wainad (669). — Coimbatore (674). — Kolar (Mysore) (676). — Chota-Nagpur (681). — Assam (682) 669

Plomb et Zinc (683). — Cuivre (686).

Fer. — 1° Gisements à type scandinave du type primitif (689). — 2° Dépôts ferrugineux associés aux sédiments du Gondwana (690). — 3° Hématites d'origine filonienne (691). — 4° Minerais d'altération associés aux latérites (692). — 5° Inclusions de magnétite dans les roches cristallines (692).

Chrome (692). — Etain (692). — Antimoine, Mercure (695).

Minerais de Manganèse, Bauxites et Kaolins 696
1° Lentilles manganésifères intercalées dans les schistes, gneiss, etc. (696). — 2° Concentrations dans la latérite (701). — Origine des minerais de manganèse, bauxites, etc. Latéritisation (701).

Minéraux divers. Diamant (705). — Rubis, Saphir (710). — Agate (712). — Mica (713). — Lapis (714). — Graphite (716) 704

CHAPITRE XXX. — **Richesses minérales de la presqu'île de Malacca, du Siam et de l'Insulinde** 720

Birmanie (Etain) (722). — Etats confédérés (Etain et Or) (723). — Bangka et Billiton (Etain) (725). — Siam (Or, Rubis) (726). — Indes orientales Néerlandaises et Phillippines (727). — Sumatra (Or, Fer) (728). — Java (731). — Bornéo (Or, Mercure, Plomb, Platine, Diamants) (731). — Célèbes (Or, Cuivre, Plomb) (733). — Phillippines (Or) (736).

CHAPITRE XXXI. — **Métallogénie de l'Indo-Chine française et des provinces chinoises limitrophes** 737

Cambodge (738). — Cochinchine, Annam, Laos (739).

Tonkin. — Or (744). — Etain, Antimoine (745). — Cuivre, métaux divers (746). — Fer (748).

Provinces sud-ouest de la Chine, Yunnan, Sé-tchouan et Kouei-tchéou 748
Or (751). — Etain (752). — Cuivre (753). — Fer, Plomb, Zinc, Mercure (758).

CHAPITRE XXXII. — **Métallogénie de la Chine** 762

Plate-forme primitive. — Mandchourie, Liao-toung, Corée et Chan-toung . . . 765

Mongolie, Turkestan chinois, Tibet, etc. 767

Petites substances minérales de Chine. Néphrite, Jade, etc. 768

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CHAPITRE XXXIII. — **Métallogénie du Japon** 771
Hokkaido (775). — Grande-Ile (775). — Sikok (783). — Kiou-Siou (784).
TABLE DES PLANCHES ET FIGURES. 787
TABLE PAR SUBSTANCES MINÉRALES ET TYPES DE GISEMENTS 789
INDEX GÉOGRAPHIQUE 793
TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES. 811

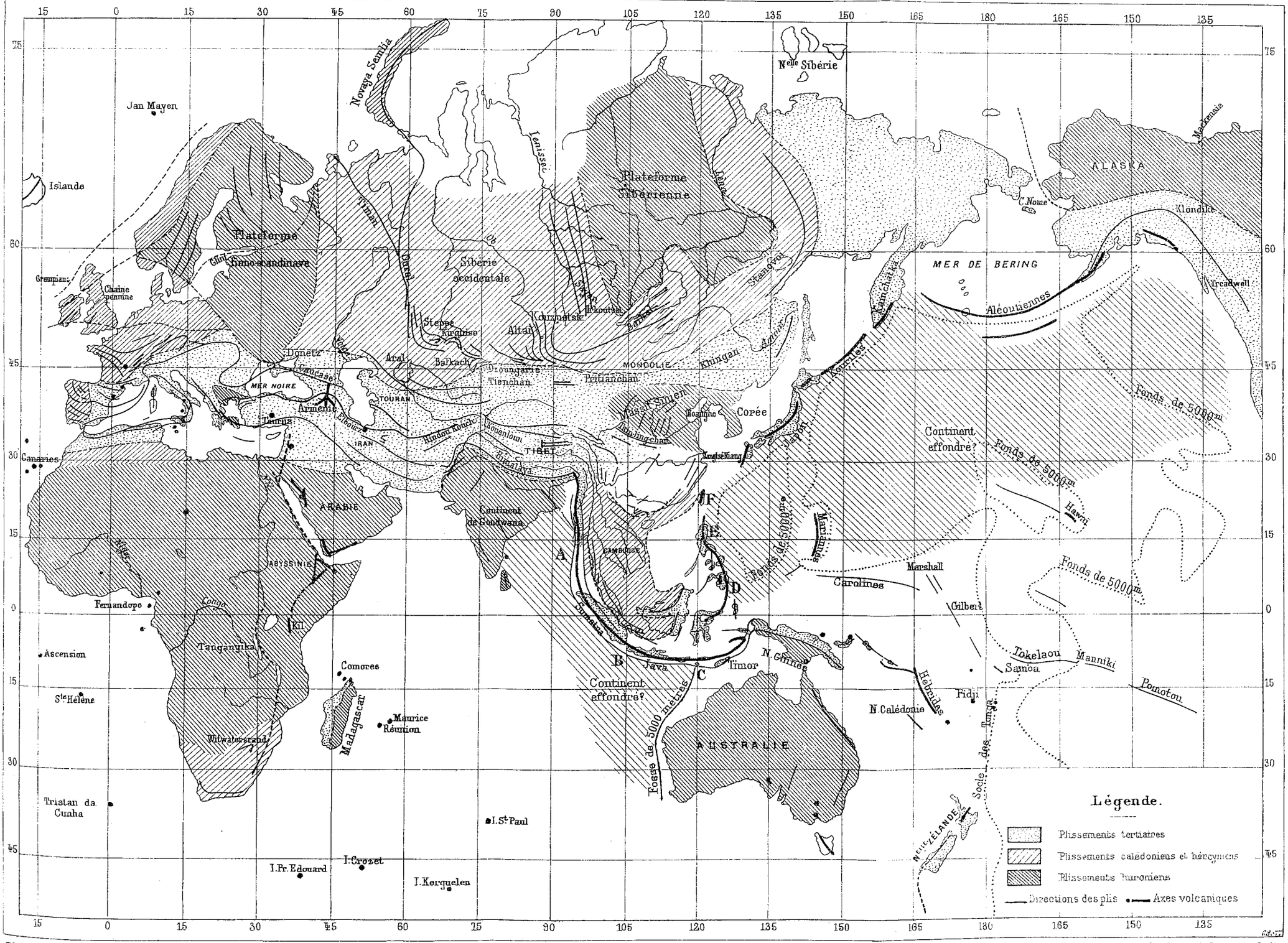
ERRATA

Page 16, 23e ligne, *lire* Astyria, *au lieu de* Astyra.
» 95, 31e ligne. *lire* Gumush *au lieu de* Cumush.
» 98, note 1, *lire* 1326, *au lieu de* 1038.
» 161, 22e ligne, *lire* Osarisawa, *au lieu de* Osarusawa.
» 219, 32e ligne, *lire* Tonoda, *au lieu de* Tonada.
» 247, 36e ligne, *lire* Kara-nor, *au lieu de* Khara-nor.
» 307, 1re ligne, *lire* Barakar, *au lieu de* Barakhar.
» 318, 2e ligne, *lire* Kyaupkyu, *au lieu de* Kyaupyu.
» 342, 26e ligne, *lire* Arakan, *au lieu de* Arrakan.
» « note 2, *lire* figure 79, *au lieu de* figure 77.
» 349, 27e ligne, *lire* figure 79, *au lieu de* figure 77.
» 355, 28e ligne, *lire* Pak-hin-boun, *au lieu de* Pak-hin-toun.
» 356, 7e ligne, même correction.
» 361, 1re ligne, *lire* Kin-cha-kiang, *au lieu de* Kin-cha-kang.
» 365, 5e ligne, *lire* Pien-hien, *au lieu de* Pien-hin.
» 386. Les minerais de fer du Chansi doivent être considérés comme les produits d'une altération continentale pré-carbonifère ayant donné de véritables fers en grains.

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY, PAUL HÉRISSEY, SUCCr

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE D'ENSEMBLE DES PLISSEMENTS ASIATIQUES



Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque. Paris

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

GITES MINÉRAUX

CARTE TECTONIQUE ET MÉTALLOGÉNIQUE DE LA SIBÉRIE

par L. DE LAUNAY.

Echelle au 1 : 12.500.000

Les longitudes sont rapportées au méridien de Greenwich — 2° 20' 14" O de Paris.
Le méridien de Poulkowa, qui figure sur les cartes russes, est 30° 19' 35" E de Greenwich.

LEGENDE

- Zône des plissements précambriens (plateforme primitive)
- Zône des plissements calédoniens
- Zône des plissements hercyniens (avec dislocations tertiaires en Transbaïkalie)
- Zône influencée par des mouvements alpins.
- Fosses d'effondrement tertiaires
- Axes de plissements à faciès archéen ou granitique.
- Plissements des gneiss
- γ Principales masses granitiques
- Axes de plissement
- Bassin carbonifère et permien de Kouznetsk
- Principaux affleurements de terrains à lignite (Série secondaire et tertiaire)
- T Principales masses des roches eruptives, dites trapps sibériens

(Extrait des Annales des Mines).

Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courbier & Cie 43, rue de Dunkerque, Paris

62733

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

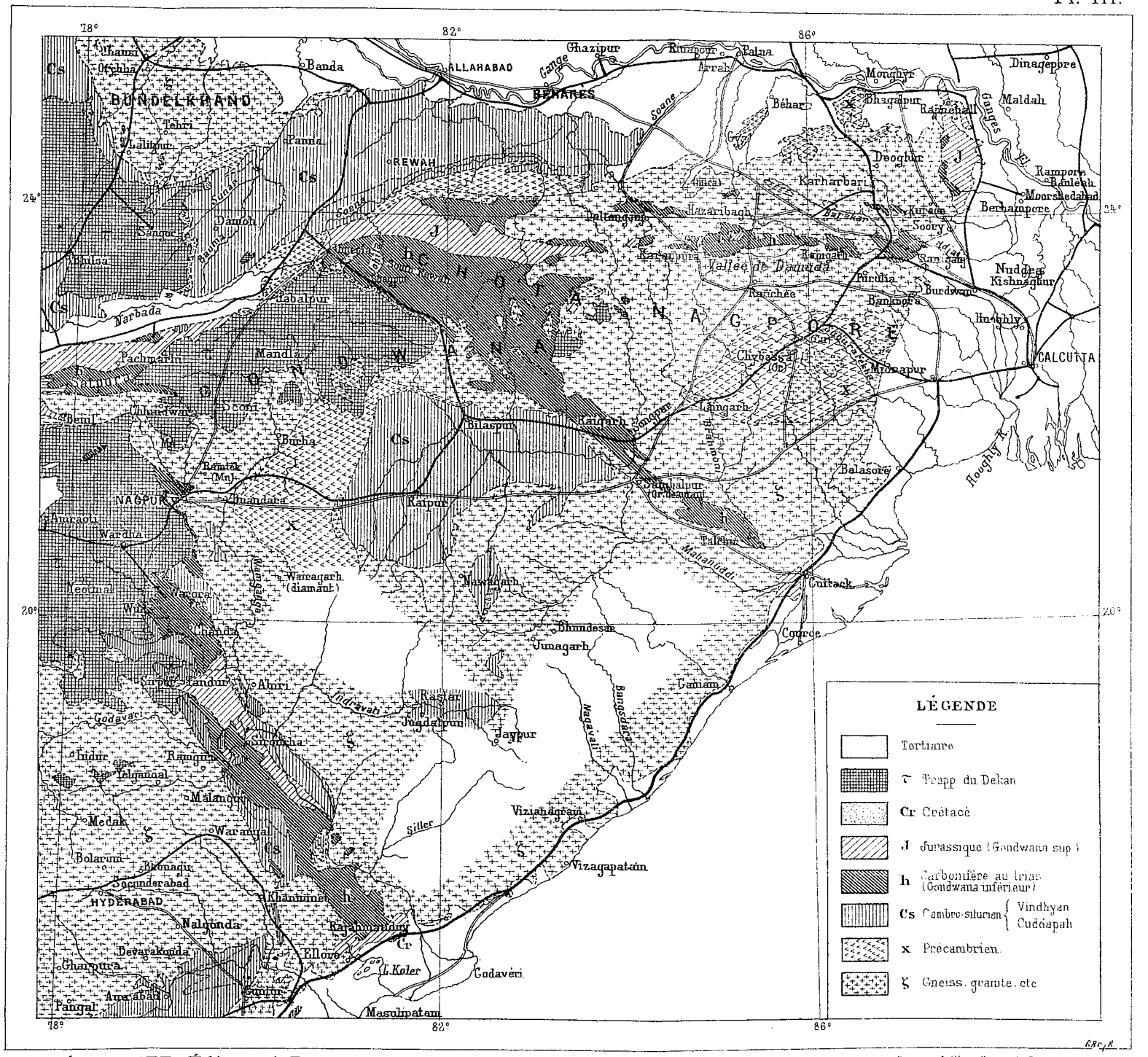
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE GÉOLOGIQUE DES BASSINS HOUILLERS DE L'INDE, d'après le Geological Survey de l'Inde

Echelle au 1 : 6.200.000

DE LAUNAY. — Richesses Minérales de l'Asie

Pl. III.



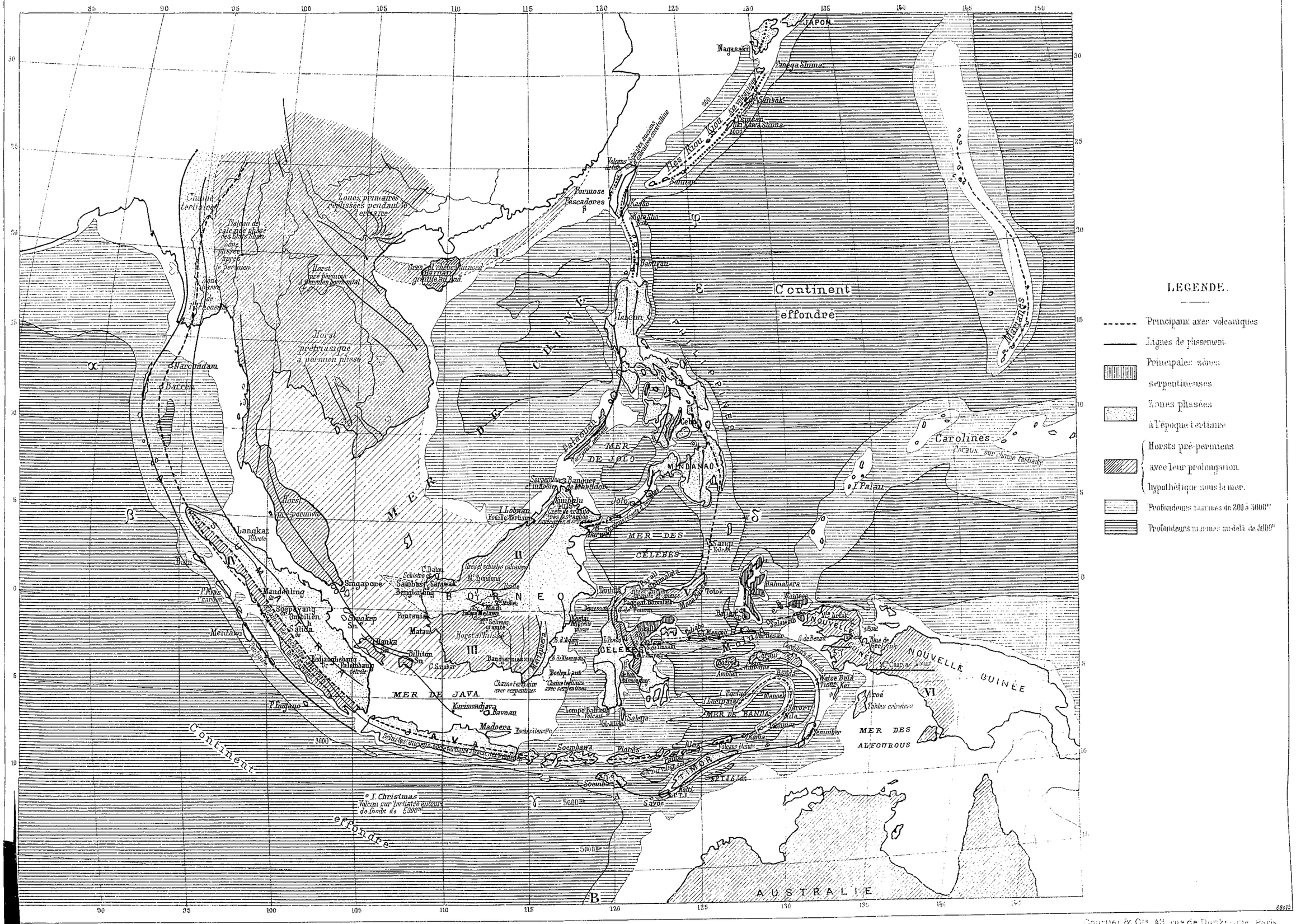
Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS-GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE TECTONIQUE DE L'INSULINDE (Échelle au 1 : 25.000.000)



LEGENDE.

- Principaux axes volcaniques
- Lignes de plissement
- Principales zônes serpentineuses
- Zones plissées à l'époque tertiaire
- Horsts pré-permiens avec leur prolongation hypothétique sous la mer.
- Profondeurs marines de 200 à 5000m
- Profondeurs marines au-delà de 3000m

68075

Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris

Courmes & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS-GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE D'ENSEMBLE DES BASSINS CHARBONNEUX D'AGE CARBONIFÈRE
ET DES LIGNES DIRECTRICES DE LA TECTONIQUE EN CHINE (Echelle au 1 : 15.000.000)

On a mis en évidence par un grisé les principales zones replissées à l'époque tertiaire.

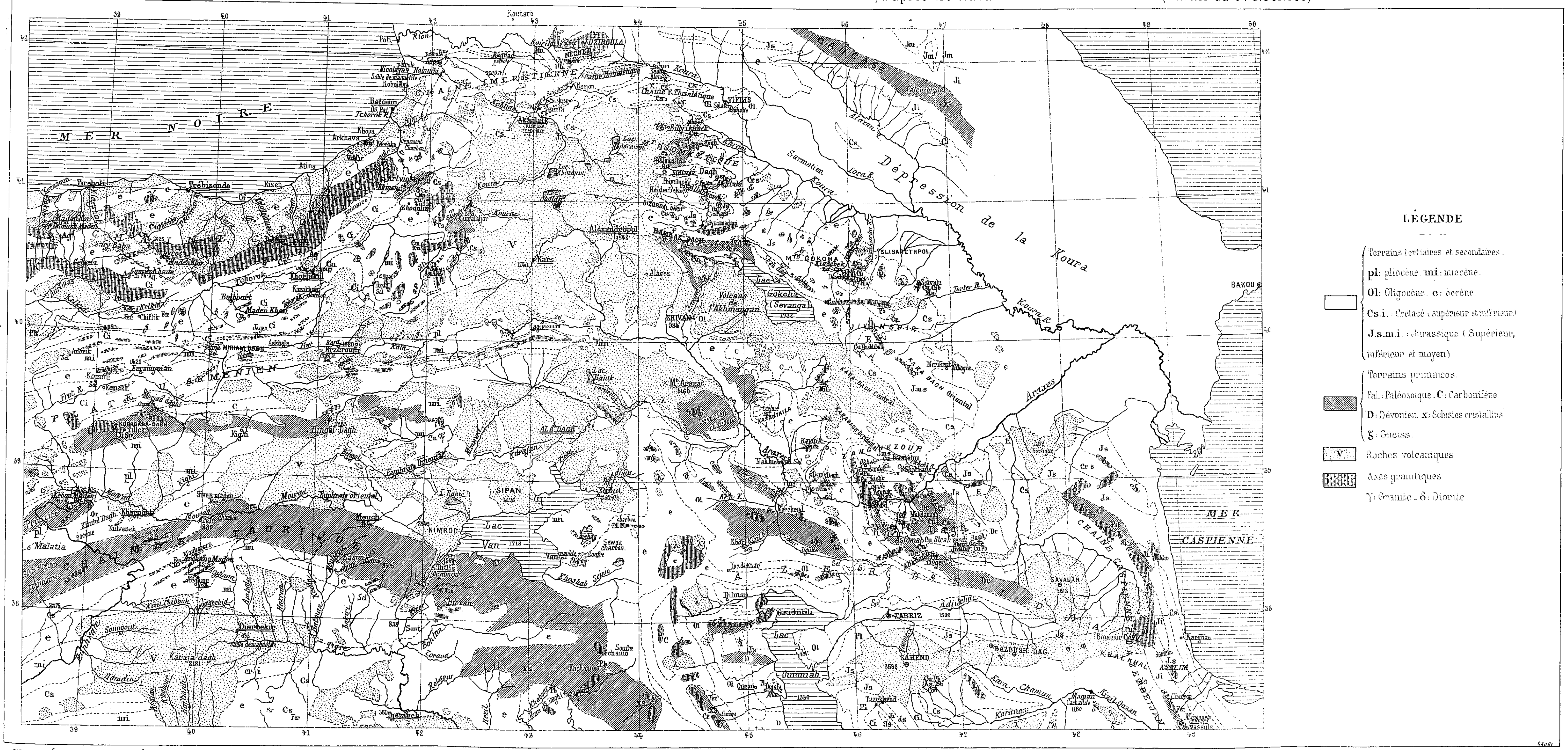
Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courtier & Cie, 43, rue de Bucherie, Paris.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

UNIVERSITE DE PARIS_GEOLOGIE

CARTE GÉOLOGIQUE ET MINIÈRE DE L'ARMÉNIE, d'après les travaux de M. Félix OSWALD (Échelle au 1 : 3.041.000)



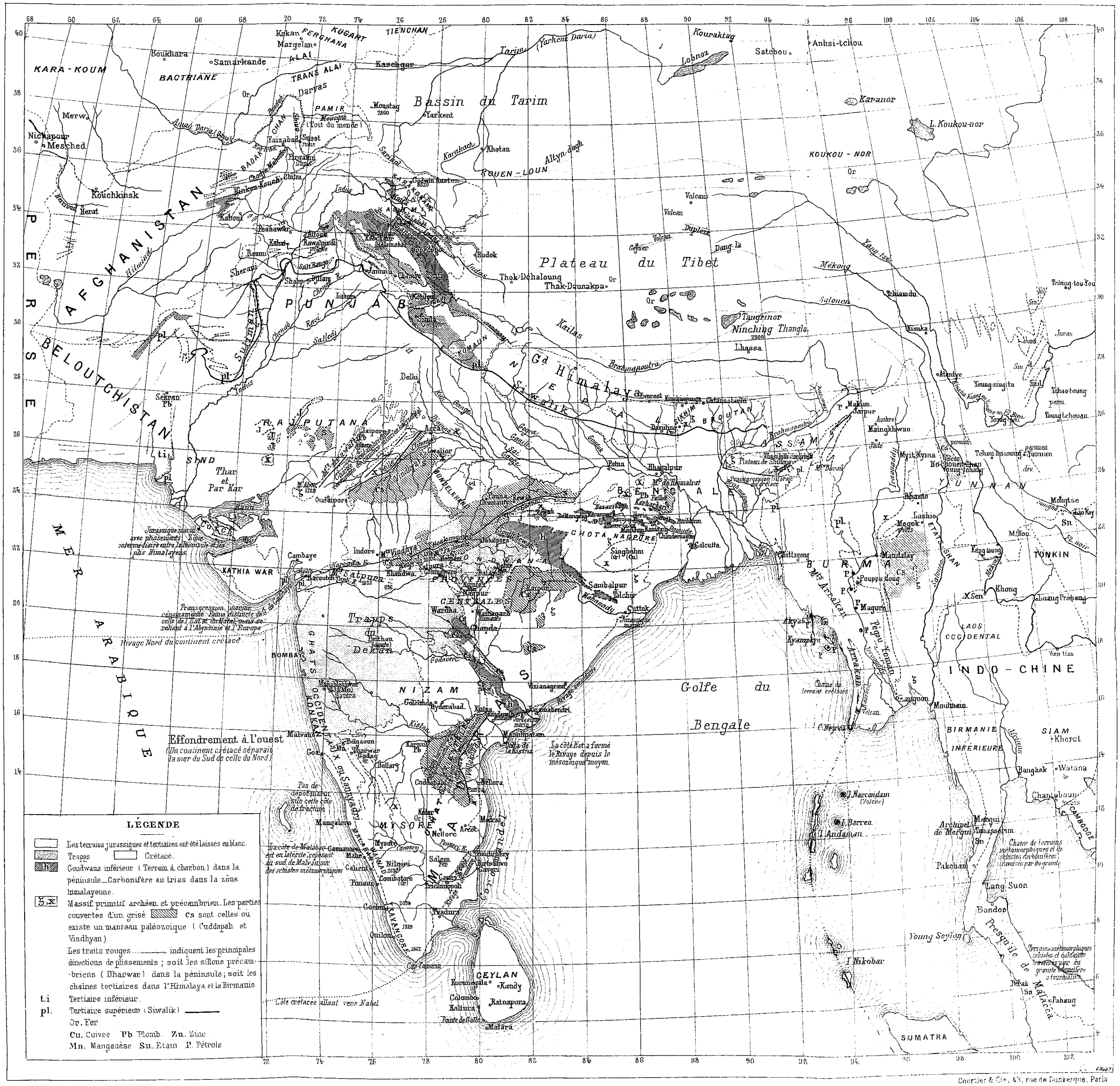
Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE MÉTALLOGÉNIQUE DE L'INDE ET DE L'INDO-CHINE (Échelle au 1 : 15.000.000)



LÉGENDE

Les terrains jurassiques et tertiaires ont été laissés en blanc.

Trapps — Crétacé.

h — Gondwana inférieur (Terrain à charbon) dans la péninsule. Carbonifère au trias dans la zone himalayenne.

S.x — Massif primitif archéen et précambrien. Les parties couvertes d'un grisé Cs sont celles où existe un manteau paléozoïque (Cuddapah et Vindhyan)

Les traits rouges ——— indiquent les principales directions de plissements ; soit les sillons précambriens (Dharwar) dans la péninsule ; soit les chaînes tertiaires dans l'Himalaya et la Birmanie.

t.i — Tertiaire inférieur.

pl. — Tertiaire supérieur (Siwalik) ———

Or, Fer

Cu. Cuivre Pb. Plomb. Zn. Zinc

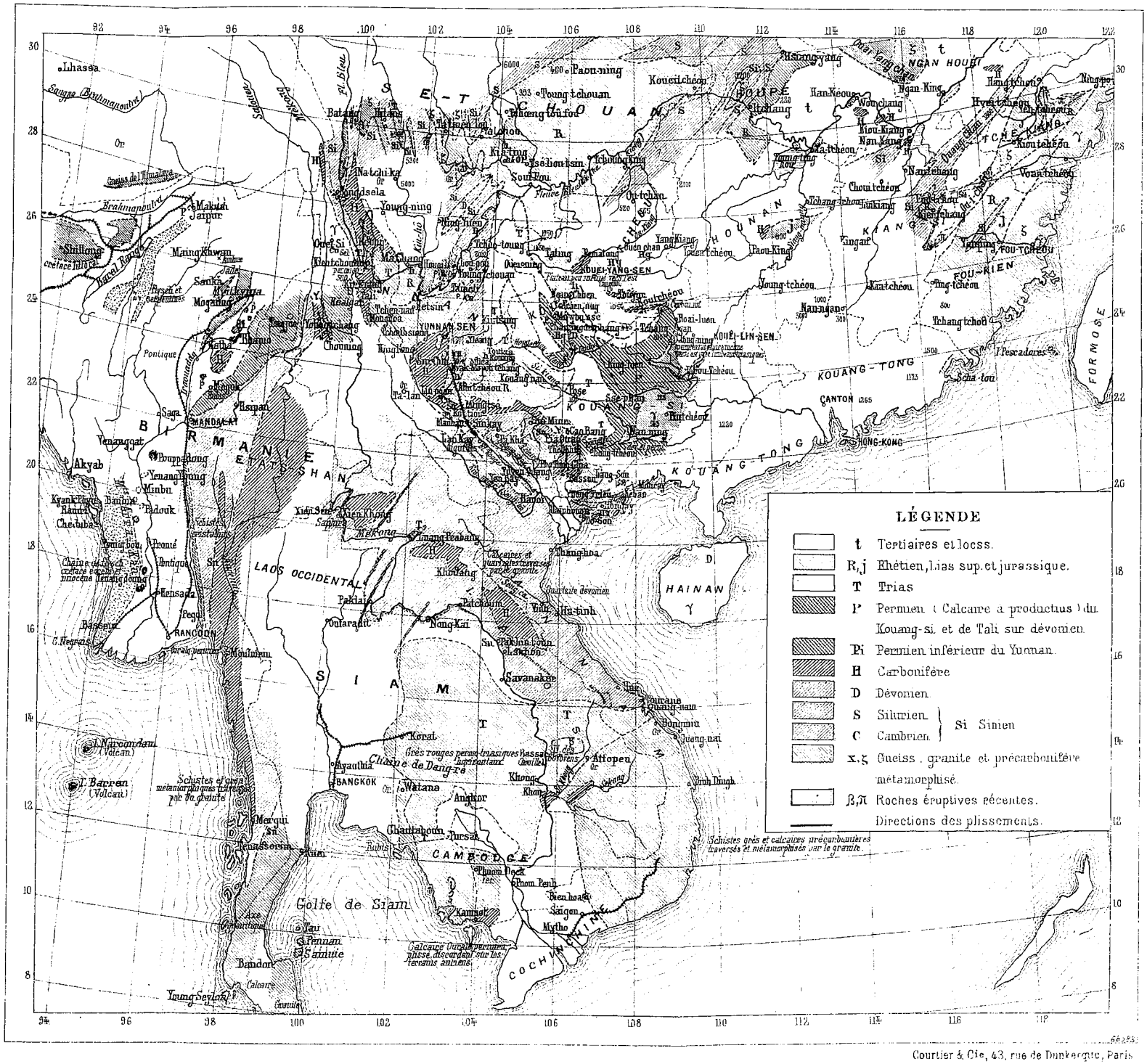
Mn. Manganèse Su. Etain P. Pétrole

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS. GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE MÉTALLOGÉNIQUE DE LA CHINE ET DE L'INDO-CHINE (Échelle au 1 : 15.000.000) Pl. VIII.

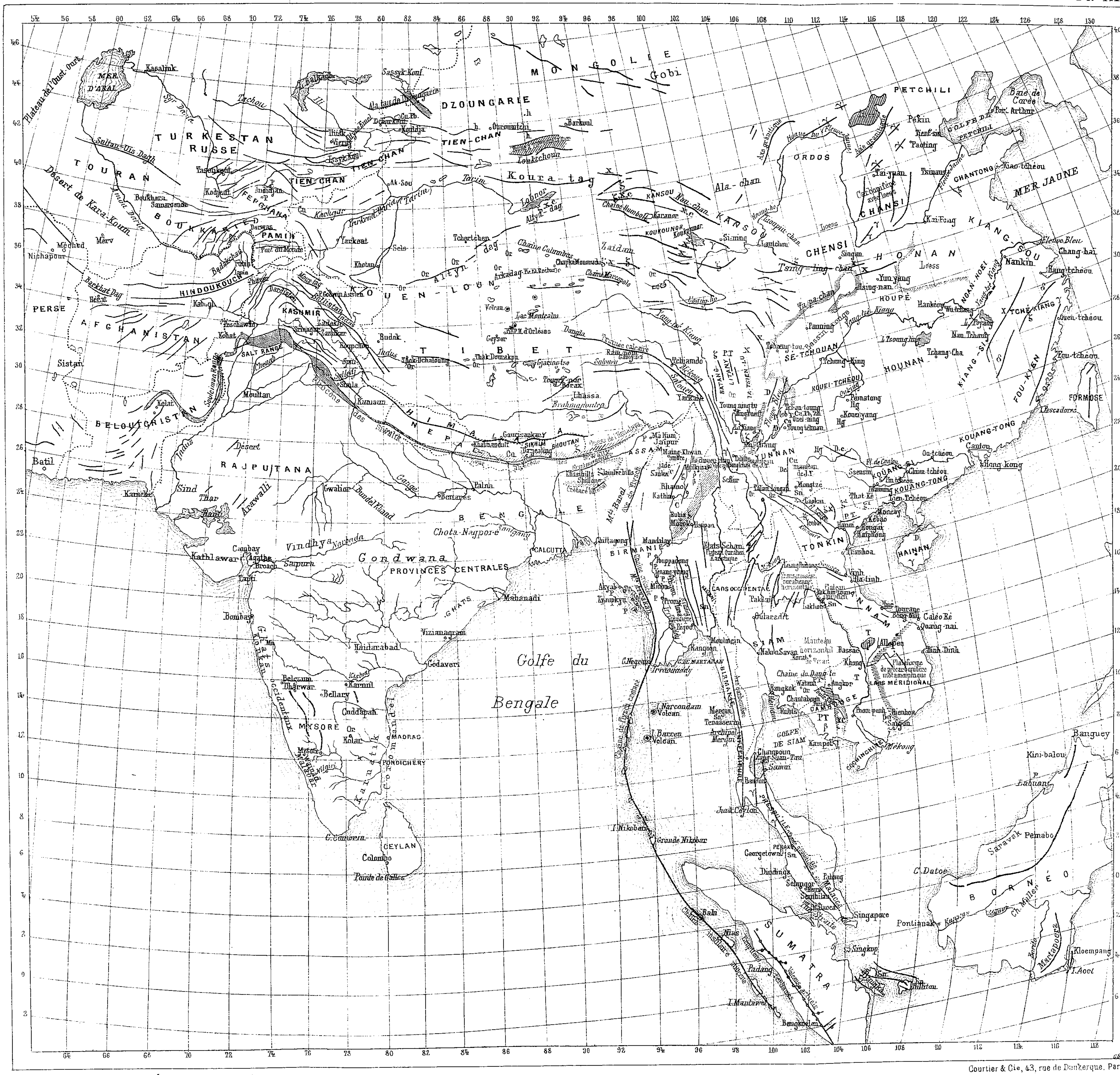


Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITÉ DE PARIS-GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE D'ENSEMBLE DES DIRECTIONS TECTONIQUES ET DES MINES DE L'ASIE CENTRALE, DE LA CHINE, DE L'INDE ET DE L'INDO-CHINE (Echelle au 1 : 22.500.000)



Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

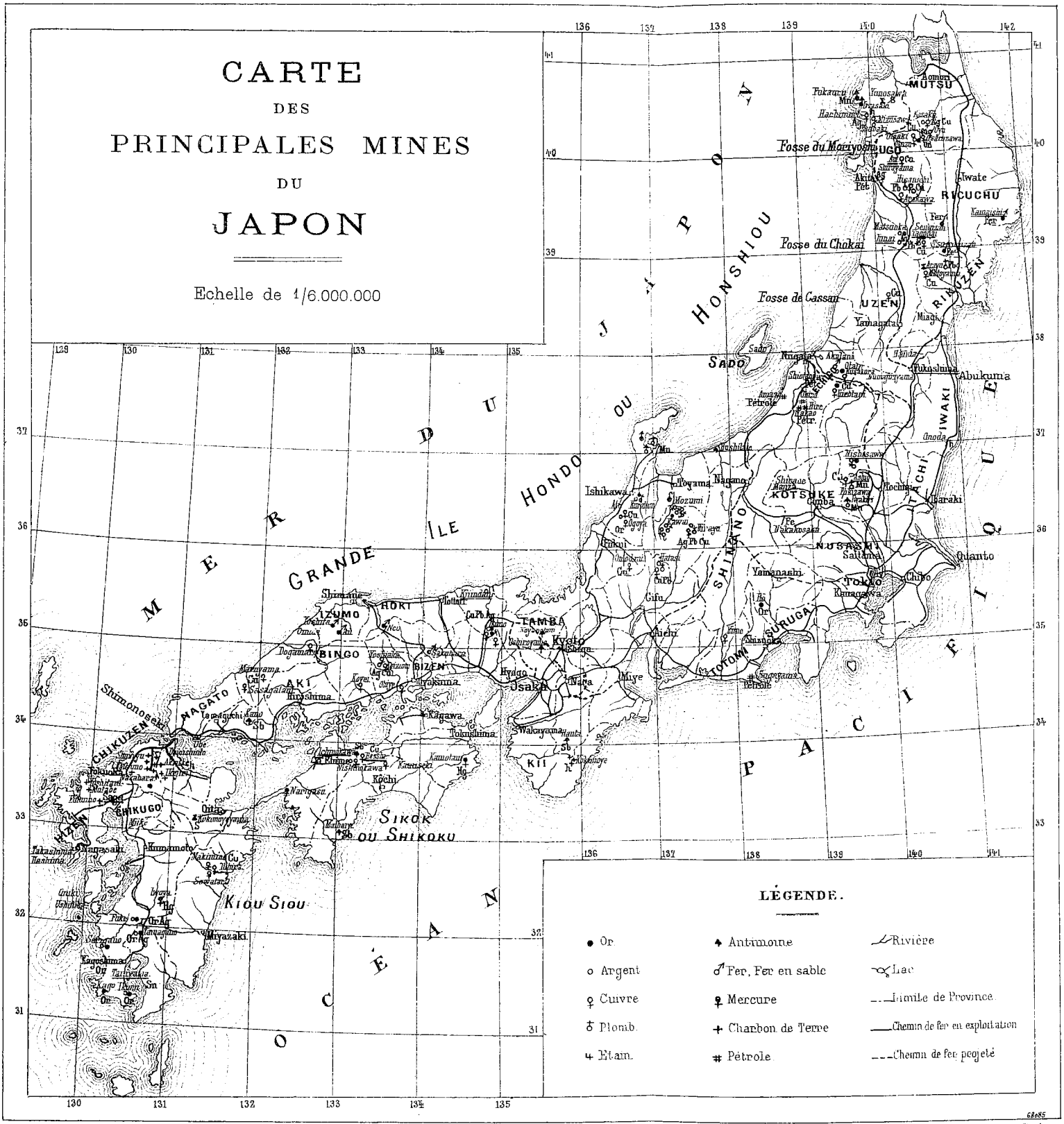
Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque, Paris

UNIVERSITE DE PARIS-GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CARTE
DES
PRINCIPALES MINES
DU
JAPON

Echelle de 1/6.000.000



LÉGENDE.

● Or	♠ Antimoine	Rivière
○ Argent	♂ Fer, Fer en sable	Lac
♀ Cuivre	☿ Mercure	Limite de Province
♁ Plomb	+ Charbon de Terre	Chemin de fer en exploitation
♄ Etain	# Pétrole	Chemin de fer projeté

68885

Ch. BÉRANGER, Éditeur à Paris.

Courtier & Cie, 43, rue de Dunkerque. Paris

UNIVERSITE DE PARIS, GEOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

CATALOGUE D'OUVRAGES

SUR

LES MINES ET LA MÉTALLURGIE

ÉDITÉS PAR

La Librairie Polytechnique CH. BÉRANGER

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

21, RUE DE LA RÉGENCE, A LIÈGE

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande.

EXPLOITATION DES MINES

Législation des mines. — France.

La législation des mines en France, par L. Aguillon, inspecteur général des mines, professeur de législation à l'Ecole des Mines. Nouvelle édition. 1 fort volume in-8° de plus de 1 000 pages. . . . . 25 fr.

Législation des mines. — Etranger.

Législation des mines à l'étranger, par L. Aguillon, inspecteur général des mines, professeur de législation à l'Ecole des Mines de Paris. 1 vol. in-8°. . . . . 15 fr.

Codes miniers.

Codes miniers. Recueil des lois relatives à l'industrie des mines dans les divers pays, publié sous la direction du comité central des houillères de France.

Code minier russe. 1 volume grand in-8° . . . . . 15 fr.
Code minier belge. 1 volume grand in-8° . . . . . 10 fr.
Les autres pays. *En préparation.*

Manuel du mineur.

Manuel du mineur. Recherches des mines et leur exploitation. Notions générales de géologie pratique et d'hydrologie, description des principaux minéraux, description sommaire des roches, roches d'exploitation industrielle, minerais et gisements métallifères, description des principaux minerais, essais des minerais. Programme d'une exploitation, projections et sondages, abatage, percement des galeries, fonçage des puits, aérage, éclairage et assèchement des mines, transports, extraction, translation des ouvriers, exploitation, remblayage, aménagement et équipement d'un siège d'extraction, préparation mécanique des minerais, emploi de l'air comprimé, emploi de l'électricité, levés et nivellements de mines. Législation française, conversion de mesures étrangères en mesures françaises, tableaux divers. Dictionnaire des termes de mines français, anglais et espagnol par P. F. Chalon ingénieur conseil des mines, chevalier de la Légion d'honneur. 1 vol. in-8° jésus contenant 95 figures dans le texte . . . . . 12 fr. 50

Exploitation des Mines.

Traité d'exploitation des mines par F. Heise, Professeur-directeur de l'Ecole des Mines de Bochum et F. Herbst, Professeur à l'Ecole supérieure technique de Aachen. Traduit par Bousquet, Ingénieur des mines.

Tome I. Géologie des gisements, recherche des gisements, projection et sondages,

UNIVERSITÉ DE PARIS - GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

abatage, exploitation, aérage, matériel portatif d'éclairage des mineurs. 1 volume in-8° avec 600 figures dans le texte. Relié. . . . . .

Exploitation des mines.

Exploitation des mines. Gites minéraux. Minéraux utiles non métallifères. Minerais. Eaux souterraines. Marche générale d'une exploitation, recherches, aménagements. Transmission de la force dans les mines. Travaux d'excavation, outillage et procédés de l'abatage. Sondages. Puits, galeries tunnels. Aérage, éclairage. Transports souterrains. Extraction, descente des remblais, translation des ouvriers. Asséchement des mines. Méthodes d'exploitation. Sièges d'exploitation, transports extérieurs, manipulations au jour. Préparation mécanique des minerais, épuration de la houille. Accidents, loi des mines, par E.-J. DORION, ingénieur civil. 1 volume in-8° avec figures dans le texte . . . . . 25 fr.

Exploitation des mines.

Cours d'exploitation des mines, professé à l'Ecole centrale des arts et manufactures, par BURAT. 1 vol. in-8° et 1 atlas in-1° de 143 planches doubles . . . . . 80 fr.

Exploitation des mines.

Traité de l'exploitation des mines de houille, ou exposition comparative des méthodes employées en Belgique, en France, en Allemagne et en Angleterre, pour l'arrachement et l'extraction des minéraux combustibles, par PONSON. 2e édition. 4 gros volumes in-8° et 1 atlas de 80 planches . . . . . 72 fr.

Supplément au traité de l'exploitation des mines de houille, par le même auteur. 2 gros volumes in-8° et 1 atlas de 68 planches . . . . . 60 fr.

Exploitation des mines.

Traité pratique de l'exploitation des mines, leçons professées à l'Institut industriel du nord de la France, par ALFRED EVRARD. 2 volumes grand in-8° et 1 atlas in-folio contenant 59 planches. . . . . 60 fr.

Exploitation des mines.

Traité d'exploitation des mines de houille, par CH. DEMANET, ingénieur des mines. 2e édition revue, augmentée et mise au courant des progrès les plus récents, par A. DUFRANE-DEMANET, ingénieur des mines. 3 volumes in-8°, avec 750 figures dans le texte, reliés. . . . . 30 fr.

Minerais aurifères.

Etude pratique des minerais aurifères principalement dans les colonies et pays isolés. *Essais chimiques des minerais aurifères.* Matériel à emporter, construction du laboratoire et des fours, préparations et travaux accessoires, des erreurs et de la précision, principaux produits employés dans les essais d'or. *Minerais et échantillons.* Minerais aurifères en général, calcul des moyennes, traitement des échantillons au laboratoires. *Méthodes d'essai par la voie sèche.* Scorification, fusions au creusel, coupellation, traitement des boutons d'or et d'argent, titrage des lingots, dosage de l'or dans les solutions de cyanures, par N. DÉGOUTIN, ingénieur des mines. 1 vol. in-8° avec 20 fig. dans le texte. . . . . 10 fr.

Ventilation des mines.

Manuel de la ventilation des mines. L'air des mines. Grisou et poussières charbonneuses. Production du mouvement de l'air et la ventilation. Notions théoriques concernant la ventilation. Ventilation naturelle. Ventilation artificielle. Introduction et répartition du courant d'aérage. Ventilation des travaux. Eclairage des mines. Appareils respiratoires ; incendies des mines, explosions de grisou et moyens usités pour combattre ces accidents, par JAROSLAV JICINSKY, ingénieur, directeur des mines de Rossitz (Autriche). Traduit d'après la 4e édition allemande. Revu et augmenté par le Dr L. GAUTIER, 1 volume grand in-8° avec 254 figures dans le texte et 2 planches en couleurs. Relié . . . . . 15 fr.

Ventilateurs.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des Machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Ventilateur genre Guibal, de 6 mètres de diamètre, de la Cie des Mines d'Anzin, avec 1 planche. Livraison d'octobre 1901 . . . . . 2 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Ventilateurs industriels Farcot, avec 3 pl. Livraison de janvier 1905 . . . . 2 fr.
Le ventilateur diamétral, système Mortier, et sa transformation en diamétral centrifuge, avec 2 planches. Livraison d'août 1900. . . . . 2 fr.

Moyens de transport.

Les moyens de transport appliqués dans les mines, les usines et les travaux publics, voitures, tramways, chemins de fer, plans inclinés, traînage par câble et par chaîne, etc., organisation et matériel, par A. Evrard, directeur des aciéries et forges de Firminy. 2 volumes in-8°, avec un atlas de 123 planches in-folio contenant 1 400 figures . . . . . 100 fr.

Les Mines et la Métallurgie à l'Exposition de Liège.

Les mines et la métallurgie à l'Exposition Universelle et internationale de Liège en 1905 par V. Firket, ingénieur principal des mines. 1 volume in-4° avec de nombreuses figures dans le texte. . . . . 10 fr.

Le matériel des mines à l'Exposition de 1900.

Exposition Universelle de Paris 1900. Le matériel des mines. Sondages, abatage mécanique, creusements et soutènements. Transport, extraction. Aérage, éclairage, chargements et manutentions, par A. Habets, professeur à la Faculté technique de l'Université de Liège. 1 volume in-8° contenant 33 figures dans le texte et 10 planches hors texte . . . . . 10 fr.

Remblayage à l'eau.

Le remblayage à l'eau par Otto Putz, ingénieur des mines diplômé, traduit de l'allemand par Jules François, ingénieur des mines. 1 volume in-8°, contenant 44 figure intercalées dans le texte. . . . . 5 fr.

Eboulement dans les mines.

Compte rendu des travaux de la Commission prussienne des Eboulements. *Publié par les soins du Comité central des Houillères de France*). Compte rendu des séances de la Commission. Rapports généraux sur les bassins miniers, remblayage à l'eau, nouvelles méthodes d'exploitation dans les mines, par A. Leproux, ingénieur au corps des mines. 1 volume grand in-8°, contenant 281 figures dans le texte, 8 tableaux de statistique et 42 planches hors texte. . . . . 25 fr.

Sauvetage dans les mines.

Les premiers secours et le sauvetage dans les charbonnages, par le Dr M. Stassen. Médecin du dispensaire de l'Espérance, à Montégnée (Liège). 1 brochure in-8° avec figures . . . . . 2 fr.

Cartes des bassins houillers des régions du Nord. *

Carte générale représentant les gisements miniers des régions du Nord (Pas-de-Calais, Nord, Belgique, Allemagne) à 200 mètres sous le niveau de la mer, par C. Quinet, ancien ingénieur du fond à la Compagnie des mines d'Anzin, à l'échelle du 200 000e pour le plan horizontal, et au 100 000e pour les coupes verticales. 4 feuilles de 0,65 × 0,87, réunies en une seule planche, avec une notice explicative. . . . . 25 fr.

Bassin houiller du Nord de la Belgique.

Le bassin houiller du Nord de la Belgique, par P. Habets, ingénieur honoraire des mines et M. Habets, ingénieur des mines. 1 brochure in-8° contenant 1 carte géologique et orographique du sous-sol primaire du N.-E. de la Belgique et des régions avoisinantes, 1 carte d'ensemble des bassins houillers du Nord de la Belgique et du Nord-Ouest de l'Allemagne et 1 planche de coupe . . . . . 6 fr.

Bassin houiller du Plateau-Central.

Le bassin houiller du Plateau-Central. Mines de Noyant, du Montet et de la Pochonnière (Allier); de Saint-Eloy, la Boulle, Saint-Gervais, Pontaumur, Puy-Saint-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Gulmier, Messeix, La Burande et Varazemmes ou Charbonnages de Bort (Puy-de-Dôme), de Champagnac, et Vendes (Cantal), par F. BAUDOT, ingénieur civil des mines. 1 vol. in-4°, contenant 11 figures dans le texte et 4 planches hors-texte. . . . . 10 fr.

Transmisson de force dans les mines.

Etude sur les transmissions et l'utilisation de la force dans les mines. Généralités, étude comparative des divers agents de transmission de la force dans les mines, compresseurs d'air à commande électrique pour installations souterraines, de l'emploi de l'électricité dans les mines, stations génératrices, installations de dynamos, moteurs et transformateurs, conducteurs de courants avec leurs points singuliers, éclairage électrique fixe ou portatif, appareils de sautage des mines, par H. DENIS, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-8°, contenant 330 figures dans le texte . . . . . 20 fr.

Transport de la force dans les mines.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des Machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Transmission et utilisation de la force dans les mines : I. Généralités. II. Etude comparative des divers agents de transmission de force avec 7 planches. Livraisons de juin, juillet et août 1904. . . . . 6 fr.

III. Les compresseurs d'air à commande électrique pour les installations souterraines avec 3 planches doubles et 1 planche simple. Livraisons de juillet et août 1904. . . . . 4 fr.

IV. De l'emploi de l'électricité dans les mines. Livraisons de juillet et août 1905. . . . . 4 fr.

Emploi de l'électricité A. Stations génératrices avec 2 planches et 20 figures dans le texte. Livraisons de août, septembre et octobre 1905 . . . . . 6 fr.

Emploi de l'électricité B, dynamos, moteurs et transformateurs, avec 1 planche, livraisons de décembre 1905, janvier, février, mars et avril 1906. . . . . 10 fr.

Emplois de l'électricité C, conducteurs de courant avec leurs points singuliers. Livraisons de mai, juin, juillet, août, septembre et octobre 1906. . . . . 12 fr.

Application de l'électricité à l'éclairage souterrain. Livraisons de janvier, février, mars, avril et mai 1908 . . . . . 10 fr.

Application de l'électricité au sautage des mines et à la transmission des signaux. Livraisons d'août, septembre, octobre et novembre 1908. . . . . 8 fr.

Basculage et triage de la houille.

Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des Machines*, et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

Installation de surface de la mine de houille de Kirkby (Angleterre). Appareils de basculage et de triage de la houille, avec 2 planches. Livraison d'avril 1898 . 2 fr.

Basculeur automatique, système Malissard-Taza, avec 3 planches, livraison d'avril 1902 . . . . . 2 fr.

Etude sur les charbons.

Etude analytique et comparative des charbons au point de vue de leurs impuretés. Courbes caractéristiques Application au lavage et à la recherche de la valeur commerciale des charbons par F. BLANC. Ingénieur des mines. 1 vol. in-8° avec 26 figures dans le texte . . . . . 3 fr. 50

Perforateurs.

Appareil pour creuser les galeries en roche sans le secours de la poudre dans les mines à grisou, de DUBOIS et FRANÇOIS, avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de décembre 1876 du *Portefeuille des Machines*. Prix de la livraison. 2 fr.

Machine d'extraction.

Machine d'extraction construite par la Société Autrichienne-Hongroise des chemins de fer de l'Etat, à Vienne, avec 2 planches. Ce mémoire a paru dans la livraison de mai 1889 du *Portefeuille des Machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Câbles d'extraction.

Recherches expérimentales sur la résistance et l'élasticité des câbles d'extraction, essais des câbles, résistance et élasticité des câbles en aloès, câbles métalliques. *Extrait du Congrès international des mines tenu à Liège en* 1905, par L. DENOËL, ingénieur répétiteur à l'Université de Liège. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 6 fr. 50

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Machines à agglomérer.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des Machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

Machine à fabriquer les briques et agglomérés divers, système Durand et Marais, avec 1 planche. Livraison de mai 1879. . . . . 2 fr.

Usine à briquettes des Sables-d'Olonne et machine à briquettes système Durand et Marais, avec 2 planches. Livraison de février 1880 . . . . . 2 fr.

Appareil pour la fabrication des agglomérés de Dupuy et fils, avec 1 planche. Livraison de novembre 1882. . . . . 2 fr.

Fabrication des combustibles agglomérés. Four à sole tournante. Machine à double compression, système Couffinhal, avec 1 planche. Livraison de juillet 1884 . . 2 fr.

Machine à agglomérer les briquettes de charbon de 250 grammes, avec 1 planche. Livraison de décembre 1889. . . . . 2 fr.

Fabrication des agglomérés ovoïdes, avec 1 planche. Livr. d'août 1891 . . . 2 fr.

Machine à briquettes, système Middleton. Livraison de septembre 1894 . . . 2 fr.

Machines à agglomérer les charbons, système Veillon avec 2 planches. Livraison de décembre 1905. . . . . 2 fr.

Machine à agglomérer les charbons, système Couffinhal avec 2 planches. Livraison de février 1906. . . . . 2 fr.

Machine à mouler les pierres artificielles en béton de ciment armé, avec 3 planches. Livraison de juillet 1906 . . . . . 2 fr.

Four pour l'agglomération des poussières de charbon et de minerai. Livraison de novembre 1909. . . . . 2 fr.

Compresseurs secs.

La construction des compresseurs secs en Allemagne par H. Dechamps, professeurs à Liège. 1 volume in-8° avec 4 planches hors texte. . . . . 2 fr. 50

Plans de mines.

Tables de projections pour la levée des plans de mines, calculées de minute en minute, par Mariano Zuaznavar. 1 volume in-12. . . . . 10 fr.

Statistique de l'industrie minérale. *

Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie, avec un appendice concernant la statistique minérale internationale pour l'année 1908, publiée par le Ministère des Travaux publics. 1 volume in-4°, contenant 31 tableaux statistiques. . . . . 10 fr.

Atlas du comité des houillères.

Atlas du comité central des houillères de France. Cartes des bassins houillers de la France, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et de l'Allemagne, accompagnées d'une description technique générale et de renseignements statistiques et commerciaux, par E. Gruner, ingénieur civil des mines. 1 volume in-4° avec 39 planches imprimées en couleur. . . . . 40 fr.

Atlas du comité des houillères.

Atlas général des houillères publié en 1909. Bassins houillers de France. Allemagne. Autriche. Hongrie. Belgique. Etats-Unis. Grande-Bretagne. Pays-Bas, Russie, par F. Grumer, ingénieur civil des mines, vice-président du comité central des Houillères de France, et G. Bousquet, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume in-8° de texte donant la description des gisements des renseignements statistiques et commerciaux et un atlas in-4° de 59 planches dont 40 doubles. . . . . 60 fr.

Le texte qui n'est pas encore imprimé, sera envoyé gratuitement à tous les souscripteurs dès son apparition.

Mines d'Anzin.

Les mines d'Anzin. Étude historique et technique, par Garcenot. 1 volume grand in-8°, avec 2 planches. . . . . 4 fr.

Carrières.

Carrière de grès de la Ville de Paris, dite carrière des Maréchaux, avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans les livraisons d'octobre et novembre 1890 des *Annales de la Construction*. Prix . . . . . 4 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

La sécurité dans les mines.

La sécurité dans les mines, par H. SCHMERBER, ingénieur des Arts et Manufactures (*en préparation*).

Appareils de sécurité employés dans les mines.

Mines, Les appareils de sécurité à l'exposition de 1900, par H. SCHMERBER, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 volume in-8° contenant 47 figures dans le texte et 1 planche hors texte . . . . . 3 fr.

École des Mines de Paris.

L'Ecole des Mines de Paris. — Histoire. — Organisation. — Enseignement. Élèves ingénieurs et élèves externes, par GRATEAU. 1 brochure in-8°, utile aux candidats et aux élèves. . . . . 1 fr.

Traité des explosifs.

Traité théorique et pratique des explosifs, destiné aux exploitants de mines et carrières et comprenant une étude spéciale sur la question du grisou et des poussières dans les mines de charbon. Historique, généralités sur les explosifs, monographies des différents explosifs, accidents qui surviennent dans les travaux de minage, destruction des explosifs. Tirage des mines à l'aide d'un fétu, tirage des mines à l'aide d'une mèche, tirage d'une mine à l'aide d'une étoupille, procédés chimiques permettant d'effectuer le tirage des mines sans le secours d'une mèche, tirage des mines par l'électricité, tirage des mines par influence, par F. HEISE, professeur à l'Académie royale des mines de Berlin, traduit de l'allemand et adapté par J. AUBRIN, ingénieur au corps national des mines. 1 volume in-8° contenant 146 figures dans le texte. Relié. . . . . 12 fr.

L'Électricité dans les mines.

L'électricité dans les mines. Courants, moteurs, centrales, éclairage, télégraphie, extraction, forage, abatage, ventilation, halage, transport, allumage des mines, traitement des minerais, par E. GUARINI, directeur de la *Revue d'électricité de Lausanne*, 2e édition. 1 brochure in-8° contenant 30 figures dans le texte. . . . . 5 fr.

Tirage des mines par l'électricité.

Le tirage des mines par l'électricité, par PAUL-F. CHALON, ingénieur des arts et manufactures. 1 volume in-18, avec 90 figures dans le texte, relié. . . . . 7 fr. 50

Dynamite.

La dynamite et la nitroglycérine, par CHAMPION. 1 volume in-18 jésus, avec de nombreuses gravures sur bois. . . . . 4 fr.

Emploi des explosifs dans les mines.

Recherche sur l'emploi des explosifs en présence du grisou, dans les principaux pays miniers de l'Europe par H. SCHMERBER, ingénieur des arts et manufactures, avec une préface de E. SARRAU, inspecteur général des poudres et salpêtres, membre de l'Institut. 1 volume in-8°, contenant 83 figures dans le texte . . . . . 7 fr. 50

Explosifs de sûreté.

Explosifs de sûreté. Grisoutite, Wetterdynamite, explosifs à base d'azotate d'ammoniaque, avec un compte rendu des travaux de la commission autrichienne du grisou et des expériences de Lohmann, à Neukirchen, par A. MACQUET, ingénieur, directeur de l'Ecole des Mines du Hainaut. 1 vol. grand in-8° avec 1 planche . . . . . 12 fr.

Grisou.

Le Grisou, par A. RENIER, ingénieur au corps des mines. Etrait de la *Revue des questions scientifiques*. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50

Grisou.

Auto-capteur pour air de mine, système Petit, avec une planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de mars 1897 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Grisou.

Résumé des conclusions du rapport final de la Commission autrichienne du grisou. Traduction de René Grey, conseiller des mines. 1 brochure in-8°. . . . . 1 fr.

Bulletin de l'Industrie minérale *.

Bulletin de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Étienne. Trimestriel. Paris et départements, 35 fr. Union postale. . . . . 40 fr.

Dictionnaire des industries minières et métallurgiques.

Dictionnaire des industries minières et métallurgiques et des sciences qui s'y rapportent, par Max Venaton, ingénieur des mines.

Tome I. Deutsch, Spanisch, Franzosisch, Englisches. 1 volume in-8° relié .
— II. English, German, Spanish, French. 1 volume in-8° relié . . . . . 6 fr.
— III. Espanol, Aleman, Francès, Inglès. 1 volume in-8° relié . . . . . 7 fr.

MÉTALLURGIE

Métallurgie générale.

Traité de métallurgie générale. Exposé des principes généraux. Opérations que nécessite le traitement des minerais et des produits métallurgiques en vue de la séparation des métaux qu'ils renferment. Traitement des corps métallifères. Appareils usités pour l'extraction des différents métaux par la voie sèche, la voie humide ou la voie électrométallurgique. Corps à l'aide desquels on produit la séparation des métaux des minerais ou des autres substances métallifères, etc. Par C. Schnabel, conseiller supérieur des mines à Berlin, ancien professeur à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit d'après la deuxième édition allemande, par le Dr L. Gautier. 1 fort volume grand in-8° contenant 768 figures dans le texte. Relié . . 30 fr.

Métallurgie générale.

Traité théorique et pratique de métallurgie générale, par L. Babu, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École nationale supérieure des mines.

Tome I. Eléments et produits des opérations métallurgiques. Minerais, capital travail, énergie, énergie électrique, énergie chimique, énergie mécanique, énergie thermique, combustion, production, utilisation et récupération de la chaleur, métaux et alliages, laitiers et scories. 1 volume grand in-8° avec 148 figures dans le texte. Relié. . . . . 25 fr.

Tome II. *Combustibles.* Combustibles récents de l'époque actuelle, combustible, solides anciens, combustibles spéciaux, combustibles carbonisés, charbon de bois, coke, combustibles gazeux et appareils de fabrication. *Appareils métallurgiques.* Foyers indépendants, classification et description des fours, construction des fours, appareils destinés à l'alimentation et au soufflage, appareils de chauffage du vent des fourneaux, appareils accessoires, purification des fumées. 1 volume grand in-8°, avec 539 figures dans le texte. Relié . . . . . 25 fr.

Métallurgie du fer.

Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer. Introduction à la métallurgie du fer. La fonte et sa fabrication. Le fer malléable et sa fabrication, par A. Ledebur, professeur de métallurgie à l'École des mines de Freiberg (Saxe). 2e édition française traduite sur la 4e édition allemande par Barbary de Langlade, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des mines, maître de forges; revue et annoté par F. Valton, ingénieur civil des mines, ancien chef de service des hauts fourneaux et aciéries de Terre-Noire. 2 volumes grand in-8°, avec 404 figures dans le texte, reliés . . . . . 50 fr

Métallurgie de l'acier.

La métallurgie de l'acier. Classification et constitution de l'acier. Carbone et fer. Preuves de l'existence de deux modes de combinaisons du carbone et du fer. Effets du carbone sur les propriétés physiques et mécaniques du fer. Trempe, tempérament et recuit. Théorie de la trempe et du recuit. Fer et silicium. Fer et manganèse. Fer et soufre. Fer et phosphore. Influence du phosphore sur les propriétés physiques du fer. Chrome, tungstène, cuivre. Métaux ne se présentant que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

rarement dans le fer. Fer et oxygène. Fer et azote. Fer et hydrogène. Fer et oxyde de carbone. Absorption des gaz par le fer et leur développement. Des moyens d'éviter les soufflures et la cavité centrale. De la structure et de tout ce qui s'y rapporte. Étude microscopique des sections polies. Cassure. Changements de cristallisation, etc. Travail à froid, travail à chaud, soudure. Tréfilerie. Laminage et étirage à froid. Poinçonnage et cisaillage. Procédés directs. Affinage au bas-foyer. Procédé au creuset, Chimie du procédé au creuset. Appareils relatifs aux procédés Bessemer. Aciers spéciaux. Enduits préservatifs de la rouille. Trempe au plomb, par HENRY MARION HOWE, professeur à Boston (États-Unis), traduit par OCTAVE HOCK, ingénieur aux usines à tubes de la Société l'Escaut et Meuse, à Anzin, ancien chef de service des Aciéries d'Isbergues. 1 volume in-4°, avec de nombreuses figures dans le texte, relié . . . . . 75 fr.

Métallurgie : Cuivre, plomb, argent et or.

Traité théorique et pratique de métallurgie : Cuivre, plomb argent et or. CUIVRE Propriétés, minerais, extraction, purification, voie sèche, voie humide, voie électrométallurgique. PLOMB : Propriétés, minerais, *extraction du plomb*, 1° des minerais; 2° de la galène; 3° du sulfate de plomb; 4° des produits métallurgiques plombifères. Raffinage du plomb. ARGENT. Propriétés, minerais, extraction par voie sèche ou ignée, préparation du plomb d'œuvre, enrichissement de l'argent dans le plomb d'œuvre, traitement du plomb d'œuvre pour argent ou coupellation voie sèche et voie humide réunies, voie électrométallurgique, extraction par dissolution et précipitation. OR. Propriétés, minerais, *extraction*: 1° par préparation mécanique; 2° par voie sèche; 3° par voies sèche et humide réunies; 4° par transformation en un alliage or mercure: 5° par dissolution aqueuse; 6° par voie électrométallurgique. Séparation de l'or des alliages. *Affinage*. Voie sèche, voie humide, voie électrométallurgique, par C. SCHNABEL, conseiller supérieur des mines à Berlin, ancien professeur de métallurgie et de chimie technologique à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit de l'allemand par le Dr L. GAUTIER. 2e édition revue et augmentée. 1 volume grand in-8 avec 757 figures dans le texte, relié . . . . . 45 fr.

Métallurgie : Zinc, mercure, étain, etc.

Traité théorique et pratique de métallurgie : zinc, cadmium, mercure, bismuth, étain, antimoine, arsenic, nickel, cobalt, platine, aluminium, par C. SCHNABEL, professeur de métallurgie et de chimie technologique à l'Académie des mines de Clausthal (Harz), traduit de l'allemand par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8°, avec 373 figures dans le texte, relié. . . . . 30 fr.

Usines à zinc, plomb et argent.

Les usines à zinc, plomb et argent de la Belgique. Étude sur leurs conditions de salubrité intérieure par AD. FIRKET, inspecteur général des mines. 1 volume in-8° avec figures. . . . . 4 fr.

Métallurgie.

Album du cours de métallurgie professé à l'École centrale des arts et manufactures par JORDAN, ingénieur d'usines métallurgiques, professeur à l'École centrale. 1 atlas de 140 planches in-folio, cotées et à l'échelle, et 1 volume grand in-8° de texte. 80 fr.

Métallurgie.

Traité complet de métallurgie, comprenant l'art d'extraire les métaux de leurs minerais et de les adapter aux divers usages de l'industrie, par PERCY, professeur à l'École des mines de Londres. Traduit avec l'autorisation et sous les auspices de l'auteur, avec introduction, notes et appendices, par A.-É. PETITGAND et A. RONNA, ingénieurs 4 vol. grand in-8°, avec de nombreuses gravures. . . . . 72 fr.

On vend séparément :

Tome I. Notions générales, Combustibles. . . . . 18 fr.
— II. Propriétés physiques et chimiques du fer . . . . . 18 fr.
— III. Métallurgie de la fonte. — Hauts fourneaux. *Epuisé.*
— IV. Métallurgie du fer. . . . . 18 fr.
— V. Métallurgie du cuivre et du zinc. . . . . 18 fr.

Métallurgie de la Fonte.

Cours de métallurgie professé à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne. *Métallurgie de la fonte.* Métallurgie du fer, minerais de fer, traitement des minerais de fer, fabrication de la fonte, construction du haut fourneau, appareil de chargement, appareil à air chaud, conduite du haut fourneau, fontes spéciales, mauvaises allures, étude théorique de la marche, travail matériel, travail normal, dérangements, arrêts et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

mise hors de feu, installation et roulement des usines à fonte, emploi des fontes moulées procédés de moulage, procédés de fusion, par URBAIN LE VERRIER, ingénieur des mines, 1 volume in-4°, avec 17 planches hors texte . . . . . 18 fr.

La métallurgie à l'Exposition de Dusseldörff.

La métallurgie à l'Exposition de Dusseldörff. Préparation des minerais, nouveaux appareils de préparation magnétique, fabrication du coke. Sidérurgie, fonderies et moulages d'acier, presses, marteaux et pièces de forges, par V. FIRKET, ingénieur au corps des mines. Répétiteur à l'Université de Liège. 1 volume in-8° avec 26 figures dont 12 planches. . . . . 3 fr. 50

Métallurgie. Expériences de laboratoire.

Notes pour un laboratoire de métallurgie. Expériences pour un cours préparatoire de métallurgie. Pyrométrie et calorimétrie. Points de fusion des silicates. Propriétés des matériaux réfractaires. Fer et acier, Microstructure. Métaux autres que le fer. Or et Argent, par HENRY M. HOWE, professeur de métallurgie à l'Université Columbia, à New-York, traduit avec autorisation de l'auteur, par L. DE DORLODOT, ingénieur des mines, avec une préface de M. AL. POURCEL, ingénieur métallurgiste. 1 volume in-8°, avec 44 figures dans le texte et une planche . . . . . 10 fr.

Le Radium.

Le radium, sa préparation, ses propriétés. Historique. Mesure de l'intensité du rayonnement des substances radioactives. Sels de radium, extraction, caractères, rayonnement, effets produits par le rayonnement. La radioactivité induite et l'émanation du radium. Propriétés de l'émanation du radium. Nature des phénomènes produits par les sels de radium, par J. DANNE, préparateur particulier de M. CURIE, avec une préface de M. CH. LAUTH, directeur de l'Ecole de physique et de chimie industrielles de Paris. 1 volume in-8° avec 35 figures dans le texte. Relié . . 4 fr.

Fours électriques.

Les fours électriques. Production de chaleur au moyen de l'énergie électrique et construction des fours électriques par W. BORCHERS, professeur de métallurgie à l'Ecole des hautes études techniques d'Aix-la-Chapelle. Edition française publiée d'après la 2e édition allemande par le Dr GAUTIER. 1 vol. in-8° avec 202 figures dans le texte. Relié . . . . . 15 fr.

Electro-sidérurgie.

L'Electro-sidérurgie, procédés électrolytiques pour la fabrication du fer pur, procédés électrothermiques pour la fabrication industrielle de la fonte de fer, fontes spéciales fabriquées au four électrique, l'acier électrique, fours à électrodes ou à circuit électrique résistant, fours à induction par J. ESCARD, ingénieur civil, ancien élève du Laboratoire central de la Société internationale des Electriciens. 1 volume in-8° avec 62 figures. . . . . 5 fr.

Electrométallurgie.

Traité d'électrométallurgie. Magnésium, lithium, glucinium, sodium, potassium, calcium, aluminium, cerium, lanthane, didyme, cuivre, argent, or, zinc, cadmium, mercure, étain, plomb, bismuth, antimoine, chrome, manganèse, fer nickel, cobalt, platine, etc., par W. BORCHERS, professeur à l'Ecole de métallurgie de Duisburg, traduit d'après la deuxième édition allemande; par le Dr L. GAUTIER. 1 volume grand in-8°, avec 198 figures dans le texte, ... 25 fr.

Electro-Métallurgie.

Traité théorique et pratique d'électro-métallurgie. Galvanoplastie, analyses électrolytiques, électro-métallurgie par voie humide, méthodes électrolytiques, calcul des conducteurs, chauffage électrique, l'arc voltaïque et charbons électriques, travail électrique des métaux, les fours électriques; électro-métallurgie par voie sèche, méthodes électrolytiques et électro-thermiques, électro-thermie, par ADOLPHE MINET, officier de l'instruction publique, fondateur de l'usine d'aluminium de *Saint-Michel, de-Maurienne*, directeur du journal *l'Electro-Chimie*. 1 volume grand in-8°, contenant 205 figures dans le texte. Relié. . . . . 20 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Electro-Chimie.

Traité théorique et pratique d'électro-chimie. Constantes chimiques, mécaniques et électriques. Systèmes électrolytiques. Lois générales de l'électrolyse. Théorie de l'électrolyse. Traitement électrolytique des composés chimiques. Electrolyse appliquée à la chimie organique. Réaction chimique de l'étincelle et de l'effluve électriques, par ADOLPHE MINET, directeur du journal *l'Electro-Chimie*. 1 volume in-8°, contenant 206 figures dans le texte. Relié . . . . . 18 fr.

Galvanisation à froid.

La galvanisation à froid ou zingage électro-chimique, par L. QUIVY, chimiste électricien. 1 brochure grand in-8° avec figures dans le texte . . . . . 2 fr. 50

Galvanisation du fer.

N. B. Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

Galvanisation à froid, système Cowper-Coles. Livre de septembre 1894 . . . 2 fr.

La galvanisation électrique ou zingage galvanique. Livraisons de juillet et août 1898 . . . . . 4 fr.

Dosage de l'argent et de l'or.

Dosage, par la voie sèche, de l'argent et de l'or dans les minerais, par L. CAMBREDON, fondateur, et G. CAMPREDON, directeur du laboratoire métallurgique et industriel de Saint-Nazaire (Extrait de la *Revue Universelle des Mines et de la Métallurgie*). 1 volume in-8° contenant des figures dans le texte. . . . . 5 fr.

Voie humide. Cuivre, argent et or.

Extraction de cuivre, de l'argent et de l'or par la voie humide, par CH. DEFRANCE, ingénieur civil. 1 volume in-8°, avec 22 figures dans le texte. Relié . . . . 7 fr. 50

Métallographie.

Métallographie. Introduction à l'étude de la structure des métaux, principalement à l'aide du microscope. Polissage et attaque, le microscope, structure du fer. Fonte et gueuse, fer, acier, cuivre, bronze, laiton, maillechort, or, argent, alliages divers, par A. H. HIORNS, directeur de l'Ecole de métallurgie de Birmingham and midland institute. Traduit et augmenté par L. BAZIN, ingénieur-chimiste diplômé. Avec une préface de A. Wencelius, chef de laboratoire des établissements de Neuves-Maisons. 1 volume in-8° contenant 96 figures dans le texte. Relié . . . . . 9 fr.

Sidérologie. I. Constitution des alliages.

Eléments de sidérologie. Tome I : constitution des alliages de fer et des scories. Théorie des solutions. Micrographie. Composition chimique des alliages de fer. Composition chimique des scories, par HANS, baron VON JUPTNER, professeur à l'Ecole des mines de Leoben, traduits de l'allemand par E. PONCELET et A. DELMER, ingénieurs. 1 volume in-8° avec 94 figures dans le texte. Relié. . . . . 18 fr.

Sidérologie. II. Traitement des alliages.

Eléments de sidérologie. Tome II : influence du traitement thermique et mécanique des alliages de fer sur leur constitution. Les propriétés physiques des alliages de fer dans leurs relations avec la composition chimique, la texture morphologique et le traitement thermique et mécanique. Rapports entre la constitution, le travail et les propriétés mécaniques des alliages de fer, par HANS, baron VON JUPTNER, professeur à l'Ecole des mines de Leoben. Traduits de l'allemand par E. PONCELET et A. DELMER, ingénieurs. 1 volume grand in-8° avec 87 figures dans le texte. Relié. . . . 20 fr.

Sidérologie. III. Procédés métallurgiques. Affinage.

Eléments de sidérologie. Tome III : actions réciproques entre le fer et les différents éléments. *Procédés métallurgiques.* Procédé au haut fourneau et autres procédés les plus importants. *Procédés d'affinage.* Acier au creuset, refonte de la fonte, méthode de carburation, par HANS, baron VON JUPTNER, professeur à l'Ecole des mines de Leoben. Traduits de l'allemand par E. PONCELET et A. DELMER, ingénieurs. 1 volume grand in-8° avec 72 fig. dans le texte et 20 pl. hors texte. Relié . 20 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Alliages métalliques actuels et métallographie.

Les alliages métalliques actuels et leur métallographie. Des métaux. Propriété des alliages. Du laiton ou cuivre jaune. Du bronze. Essais de Kunzel. Alliages désoxydants. Laitons et bronzes désoxydés. Alliage d'aluminium. Alliages de nickel. Antifriction. Caractères d'imprimerie. Alliages fusibles. Alliages d'étain (*Poterie d'étain: métal anglais*). De la fonderie. Métallographie des alliages. par J. BUCHETTI, ingénieur civil (A. M. Aix). E. C. Paris, ex-fondeur constructeur, ex-directeur des fonderies de Romilly-sur-Andelle, etc. 1 volume in-8° avec 68 figures et 9 planches. . 15 fr.

Alliages de cuivre et de zinc.

Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc, par GEORGES CHARPY, ancien élève de l'École polytechnique, docteur ès sciences, avec 11 figures dans le texte, 4 planches en phototypie et de nombreux tableaux. Ce mémoire a paru dans la livraison de février 1896 du *Bulletin de la Société d'encouragement*. Prix de la livraison 5 fr.

Métaux ferreux.

Contribution à l'étude des relations qui existent entre les effets des sollicitations lentes et ceux des sollicitations vives dans le cas des métaux ferreux (barreaux lisses et barreaux entaillés), par P. BREUIL, chef de la section des métaux du laboratoire d'essais. 1 brochure in-8°. . . . . 12 fr.

Métallurgie du fer et de l'acier.

N. B. Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

Transformation des procédés basiques de fabrication de l'acier pour rails. Méthodes d'essais par corrosion des rails d'acier. Livr. de novembre 1897. . . . . 2 fr.

Notice relative à l'industrie du fer. Livraison d'août 1898 . . . . . 2 fr.

La fabrication des planches d'acier en Angleterre et en Amérique, avec 4 planches. Livraisons de septembre et d'octobre 1898. . . . . 4 fr.

Appareil de fusion par la fonte de fer, avec 2 planches. Livraisons de décembre 1898, janvier, février et mars 1899. . . . . 8 fr.

L'acier Thomas et sa fabrication. Description d'une aciérie Thomas et atelier de dolomie annexe d'une aciérie Thomas, avec 2 planches doubles. Livraisons de juin et juillet 1903 . . . . . 4 fr.

Méthode Charlière pour l'essai au choc des aciers lanimés. Livr. de juillet 1903. 2 fr.

Fabrication du fer et de l'acier au four électrique. Livraisons de septembre, octobre, novembre et décembre 1904, et janvier 1905 . . . . . 10 fr.

Casse-fonte. Livraison de décembre 1908 . . . . . 2 fr.

L'acier au manganèse pour la fabrication des rails. Livraison de septembre 1909 . . . . . 2 fr.

Métallurgie des métaux autres que le fer.

Métallurgie des métaux autres que le fer. Plomb, cuivre, nickel et cobalt, zinc, étain, antimoine, bismuth, mercure, argent, or, platine, aluminium. Cours professé à l'École des mines de Saint-Étienne par U. LE VERRIER, ingénieur des mines, nouvelle édition revue et augmentée. 1 volume in-4° autographié, avec 44 planches hors texte . . . . . 18 fr.

Métaux autres que le fer.

Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Les progrès récents de la métallurgie, celle du fer exceptée, par C. SCHNABEL. Livraisons de septembre et d'octobre 1898 . . . . . 4 fr.

Préparation du chrome et du manganèse et production de très hautes températures, procédé Goldschmidt. Livraisons d'avril et mai 1900. . . . . 4 fr.

L'état de la métallurgie, celle du fer exceptée, à la fin du XIXe siècle par SCHNABEL. Livraisons de juillet, août, septembre et octobre 1900. . . . . 8 fr.

Traitement des minerais d'or par cyanuration dans les usines de Witwatersrand (Transvaal), livraison de juin 1901. . . . . 2 fr.

Les progrès de la métallurgie, celle du fer exceptée, en 1899-1900, livraisons de juillet, août, septembre et octobre 1901 . . . . . 8 fr.

Extraction du cuivre et fabrication de l'acide sulfurique concentré sans chambre de plomb, procédés Sebillot et Wenmakers, avec 3 planches, livraison de novembre 1901 . . . . . 2 fr.

Les récents progrès dans le travail chimique des métaux. Galvanoplastie et galvanostégie. Livraisons de mars et avril 1903 . . . . . 4 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Les progrès de la métallurgie, celle du fer exceptée, en 1901 et 1902. Livraisons d'octobre, novembre et décembre 1903, janvier, février et mars 1904 . . . 12 fr.
Le raffinage électrolytique du cuivre aux Etats-Unis. Livraisons de février, mars, avril et mai 1905. . . . . 8 fr.
Laverie des mines de zinc de Montolieu (Espagne). Livraison d'octobre 1905. 2 fr.
Les progrès de la métallurgie, celle du fer excepté, en 1903, 1904 et 1905 Livraisons d'octobre, novembre et décembre 1906. Janvier, février, mars, avril et mai 1907. . . . . 16 fr.

Congrès international des mines et de la métallurgie.

Congrès international des mines et de la métallurgie, tenu à Paris en 1900. *Extraits du Bulletin de l'Industrie minérale de Saint-Etienne.*

MÉMOIRES PUBLIÉS

La fabrication et le travail des aciers spéciaux, par L. Babu, ingénieur des mines. 1 brochure in-8° avec 18 figures dans le texte. . . . . 4 fr. 50
Emploi des explosifs de sûreté dans les mines de combustibles françaises, par M. Delafond, inspecteur général des mines. 1 brochure in-8°. . . . . 3 fr.
Phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux, par C. Hartmann. 1 brochure in-8°. . . . . 3 fr. 50
L'aluminium à bon marché, par M. Héroult. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.
Conditions d'exploitation à grande profondeur, par J. Hrabak. 1 brochure in-8° . . . . . 3 fr. 50
Utilisation directe des gaz de Hauts-Fourneaux pour la production de la force motrice, par H. Hubert, ingénieur en chef des mines. 1 broch. in-8°. . . . . 3 fr.
Composition de l'air des mines dans le bassin du Donetz, par N. Kotsowski, ingénieur des mines. 1 brochure in-8°. . . . . 2 fr.
Rapport sur l'établissement des dynamitières, par H. Le Chatelier. 1 brochure in-8° . . . . . 4 fr.
La préparation mécanique des minerais métalliques en Sardaigne par M. N. Pélati, inspecteur général des mines. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.
Dispositions capables d'étendre et de faciliter l'usage du fil hélicoïdal pour la taille du marbre en roche, par M. N. Pélati, inspecteur général des mines. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.
Etude sur l'aérage des travaux préparatoires dans les mines à grisou, par P. Petit, ingénieur en chef de la Société des houillères de Saint-Etienne. 1 fort volume in-8° avec figures dans le texte et 13 planches hors texte . . . . . 14 fr.
Conditions d'exploitation à grande profondeur, par L. Pocsseues. 1 volume in-8° contenant 5 planches hors texte . . . . . 7 fr. 50
Etat actuel de la fabrication du métal Thomas et ses conséquences sur le puddlage, par G. Rocour. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr. 50
Exposé du procédé Wetherill, par M. Smits, ingénieur des arts et manufactures. 1 brochure in-8° avec figures et 1 planche. . . . . 2 fr.
Conditions d'exploitation à grande profondeur en Belgique, par S. Stassart, ingénieur des mines. 1 volume in-8° avec 12 planches hors texte . . . . . 4 fr. 50
Krivoï-Rog et l'état actuel de l'industrie métallurgique dans le Midi de la Russie, par M. Szymanowsky, ingénieur des mines. 1 volume in-8° avec figures dans le texte et 2 planches. . . . . 3 fr. 50
Les explosifs dans les mines de houille de Belgique par V. Watteyne, ingénieur en chef des mines, et L. Denoel, ingénieur des mines. 1 volume in-8° avec figures dans le texte et tableaux . . . . . 3 fr. 50
La séparation magnétique des minerais de fer, par M. A.-H. Wedding, conseiller intime des mines à Berlin. 1 brochure in 8° avec 39 figures dans le texte. . . 3 fr.
L'électricité dans l'industrie minière, par W. Wendelin, ingénieur en chef des mines. 1 brochure in-8°. . . . . 3 fr. 50

Trempe de l'acier.

L'acier à outils, manuel traitant de l'acier à outils en général, de la façon de le traiter au cours des opérations de forgeage, du recuit, de la trempe et des appareils employés à cet effet, a l'usage des métallurgistes, fabricants et chefs d'atelier, par Otto Thallner, ingénieur en chef, chef de la fabrication aux aciéries à outils de Bismarkhutte, traduit de l'allemand par Rosambert, ingénieur des arts et manufactures, ancien ingénieur des aciéries Martin et au creuset de Resieza, chef de service aux aciéries de France. 1 volume in-8°. Relié . . . . . 8 fr.

Trempe de l'acier.

Théorie et pratique de la trempe de l'acier. Définition, classification, propriété, physiques et chimiques, dénomination des aciers, essais des aciers, trempe de l'aciers causes d'insuccès de la trempe, amélioration de l'acier altéré par le feu, soudage de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

l'acier, amélioration des pièces d'acier destinées aux machines et aux constructions par FRIDOLIN REISER, directeur de l'aciérie de Kapfenberg, 2e édition, traduit de l'allemand par BARRARY DE LANGLADE, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur civil des mines, maître de forges. 1 volume in-8°, Relié . . . . . 7 fr. 50

Presse à forger.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines*, et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Presse hydraulique à forger de 1 200 tonnes, système Breuer, Schumacher et Cie, avec une planche. Livraison de septembre 1893 . . . . . 2 fr.

Presse à forger de 8 000 tonnes, installée aux Vickers Works Sheffield avec 2 planches. Livraison de décembre 1898. . . . . 2 fr.

Essais de torsions.

Les essais de torsion considérés comme moyens de sélection des métaux. Relations entre la torsion et la traction par P. BREUIL, chef de la section des métaux du Laboratoire d'essais 1 brochure in-8° avec 1 planche . . . . . 1 fr. 75

Marteaux-pilons.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines*, et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Marteau-pilon de 80 tonnes et atelier de martelage des usines de Saint-Chamond, avec 1 planche. Livraison de janvier 1880 . . . . . 2 fr.

Nouveaux marteaux-pilons à air comprimé. Livraison de novembre 1908 . . 2 fr.

Fabrication des bandages de roues.

Laminoir à bandages de M. Munton; grue enclume et table de forge à lingots de M. Kennedy, avec 2 planches. Ce mémoire a paru dans la livraison de mai 1892 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Fabrication des poutrelles ou fers I.

Sur les conditions techniques et économiques actuelles de la fabrication des poutrelles ou fers I en Belgique : le minerai et le charbon étant pris comme points de départ, par H. WOLTERS. 1 vol. in-8° avec 2 planches. . . . . 6 fr.

Fabrication des tuyaux

Les tuyaux en fonte frettés d'acier, de la Société de Pont-à-Mousson. Ce mémoire a paru dans la livraison de Mars 1901 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Fabrication des roues en fonte.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Fabrication des roues en fonte coulée en coquille, avec 1 planche. Livraison de décembre 1882. . . . . 2 fr.

Fabrication des roues en fonte trempée. Livraison de février 1896 . . . . . 2 fr.

Casse-fonte.

Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 francs la livraison.

Casse-fonte de grande et de moyenne production, casse-fonte à masse tombante, à puits, etc. Livraison de décembre 1908 . . . . . 2 fr.

Pesage des lingots d'acier pendant la coulée.

Pesage des lingots d'acier pendant la coulée, avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de juillet 1881 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Séparation électromagnétique des minerais.

La séparation électromagnétique et électrostatique des minerais. Trieuses électrostatiques et électromagnétiques, propriétés magnétiques des minerais, théorie des séparateurs magnétiques. Champ magnétique, triage magnétique, substances paramagnétiques autres que le fer, par D. KONDA, ingénieur, 1 vol. in-8° avec 43 figures dans le texte et 2 planches . . . . . 6 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Grillage des minerais.

Traité théorique des procédés métallurgiques de grillage, par PLATTNER (traduit de l'allemand), annoté et augmenté, par ALPHONSE FÉTIS. 1 volume in-8° avec planches . . . . . 12 fr.

Laminage du fer et de l'acier.

Traité théorique et pratique du laminage du fer et de l'acier, par LÉON GRUZE, ingénieur principal à la Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Valenciennes. 1 volume grand in-8° relié et 1 atlas de 81 planches . . . . 25 fr.

Laminoirs.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Laminoirs et fours à réchauffer pour la fabrication des plaques de blindages, installés aux Vickers Works, à Sheffield ; avec 2 planches. Livraison de juillet 1909 . . . . . 2 fr.

Laminoir universel système Kennedy avec 2 pl. Livraison de mai 1908. . . 2 fr.

Calcul et étude du Haut Fourneau.

Calcul et étude du Haut Fourneau, exposé détaillé des calculs nécessaires pour l'étude de la marche du haut fourneau. Les matériaux de la fusion au haut fourneau, calcul du lit de fusion, calcul de la consommation de combustible, calcul de la quantité d'air insufflé et des gaz du gueulard, bilan thermique, calcul du profils, diagrammes, par CARL BRISKER, ingénieur, professeur à l'école supérieure des mines de Leoben, traduit de l'allemand par L. E. GRUNER, ingénieur civil des mines. 1 volume grand in-8° contenant 37 figures dans le texte et de nombreux tableaux. . . . . 7 fr. 50

Hauts fourneaux.

Construction et conduite des hauts fourneaux et fabrication de diverses fontes, par A. DE VATHAIRE, ancien directeur des hauts fourneaux de Bessèges, Saint-Louis, Marnaval, Forges de Champagne et Balaruc. 1 vol. grand in-8° et 1 atlas in-4° de 16 planches. . . . . 18 fr.

Utilisation des gaz des hauts fourneaux.

De l'utilisation directe des gaz des hauts fourneaux pour la production de la force motrice, par H. Hubert, ingénieur en chef des Mines, chargé de cours à l'Université de Liège (*Extrait du Congrès international des mines et de la métallurgie, tenu à Paris en 1900*). 1 brochure grand in-8° . . . . . 3 fr.

Influence des cendres sur la valeur des cokes.

De l'influence des cendres et de l'humidité sur la valeur métallurgique des cokes de hauts fourneaux, par CH. ROSAMBERT, ingénieur des arts et manufactures. 1 brochure in-8° . . . . . 1 fr. 50

Extrait du *Bulletin de l'Industrie minérale de Saint-Etienne.*

Pyromètres.

N. B. — Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent avec la livraison qui les renferme au prix de 2 fr. la livraison.

Appareils pour la mesure des hautes températures. Description des pyromètres Siemens, Tremeschini, Trampler, Decomet, Saintignon, Amagat, Boulier frères, avec 1 planche. Livraison d'avril 1884 . . . . . 2 fr.

Les pyromètres et la mesure des températures élevées. Livraison de janvier 1896 . . . . . 2 fr.

Nouveau pyromètre optique pour la mesure des hautes températures. Livraison de mai 1902. . . . . 2 fr.

Pyromètre.

Pyromètre actinométrique, par LATARCHE. 1 brochure grand in-8° . . . . . 1 fr.

Régulateurs de température.

Régulateurs de température système Dorian, avec 2 planches. Cette étude a paru dans la livraison de septembre 1899 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Précis de fonderie.

Précis de fonderie à l'usage des contremaîtres et des chefs d'industrie. Préliminaire sur la fonderie en général, étude des sables pour le moulage de la fonte et formation des gaz dans les moules, leur rôle, étude des fontes, retrait de la fonte, étude des cubilots et de leur fonctionnement, fonte trempée, acier coulé. *Alliages*. Principaux métaux et alliages utilisés dans l'industrie, fours de fusion, fours à réverbère. Cours professé à l'École des Arts et Métiers de Lille, par L. Goujon, ancien élève de l'École des Arts et Métiers de Châlons, chef de l'atelier de fonderie de l'École Nationale des Arts et métiers de Lille. 1 volume in-12 contenant 95 figures dans le texte. Relié . . . . . 6 fr. 50

Manuel du fondeur.

Manuel du fondeur-mouleur en fer. Etudes : 1° sur les fontes de moulage; analyses et mélanges; alliages industriels des bronzes; 2° l'installation et le matériel complet d'une fonderie de moyenne importance, pour moulages en pièces mécaniques et diverses; 3° le moulage en terre; 4° le moulage au trousseau ordinaire et à excentrique; 5° le moulage en fonte trempée, fabrication, etc.; 6° le moulage d'acier coulé. Le moulage et tracés des hélices de bateaux, turbines, engrenages et vis globiques. La fabrication des projectiles, tuyaux, etc., par E. Molerat, chef fondeur-mouleur. 3e édition. 1 vol. grand in-8° avec 91 planches. . . . . 15 fr.

Fonderie de cuivre actuelle.

La fonderie de cuivre actuelle. I. Métaux et alliages. Cuivre, métaux autres que le cuivre, laitons, bronzes, laitons et bronzes désoxydés. II. Modèles et procédés de moulage. Modèles. Sables et matériel de moulage. Outils et procédés de moulage. Machines à mouler et à démouler. Moulage en cire perdue des cloches, etc., etc. III. Fonderie. Etuves et outils du fondeur. Des fours. Machines diverses, par J. Buchetti, ingénieur civil, ex-fondeur constructeur, ex-directeur des fonderies de Romilly-sur-Andelle, ex-professeur suppléant à l'École centrale de Paris. 1 volume grand in-8° contenant 180 figures et 1 atlas cartonné de 20 planches . . . . . 30 fr.

Fonderie.

Préparation mécanique des sables de fonderie, avec 2 planches. Ce mémoire a paru dans la livraison de janvier 1910 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

L'Art du mouleur.

L'art du mouleur. Manuel pratique. Moulage des pièces dans le sable humide, confection des divers types de moules, disposition des coulées, canaux de dégagement des gaz, fabrication des petits noyaux. Moulage en sable séché. Moulage en terre et noyaux. Vocabulaire technique des termes employés chez les mouleurs, par A. Tesson, ancien chef d'atelier de fonderie, ancien élève des Ecoles nationales d'arts et métiers. 1 volume grand in-8°, avec 286 figures dans le texte. Relié . . . . . 20 fr.

Machines à mouler.

Les machines à mouler actuelles. Machines à mouler. Machines à démouler. Machines à compression. Machines à piston à plaque rotative. Machines à mouler les noyaux, par P. Avaurieu, ancien directeur de fonderies, professeur à l'École nationale d'Arts et Métiers de Lille. 1 volume in-8°, avec 123 figures dans le texte et 3 planches hors texte. . . . . 4 fr. 50

Machines à mouler.

N. B. Les études suivantes ont paru dans le *Portefeuille des machines* et se vendent, avec la livraison qui les renferme, au prix de 2 fr. la livraison.

Machines à mouler Schold et Neff, avec 1 planche. Livraison d'avril 1884 . . 2 fr.
Machines à mouler, avec 2 planches. Livraisons de juin et de juillet 1898. . . 4 fr.
Machines à mouler les tuyaux cintrés, avec 1 planche. Livraison de novembre 1904. . . . . 2 fr.
Machine à mouler les pierres artificielles en béton de ciment armé, avec 3 planches. Livraison de juillet 1906 . . . . . 2 fr.
Machine à mouler les tuyaux en ciment, avec 2 planches. Livraison de décembre 1909 . . . . . 2 fr.

Moulage en fer.

Traité du moulage en fer, propriétés physiques, électriques et chimiques du fer, alliages des fers, traitement des minerais. Fonderie, sablerie, etc., par J. Mailfert, membre de plusieurs sociétés savantes. 1 volume in-12 . . . . . 6 fr.

UNIVERSITÉ DE PARIS. GÉOLOGIE

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC

Moulage de l'acier.

Fabrication des voussoirs en acier moulé du pont Alexandre III à Paris, avec 2 planches. Ce mémoire a paru dans la livraison de mars 1900 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison. . . . . 2 fr.

Emploi de l'acier moulé.

Emploi de l'acier moulé pour la confection de différents organes de machine à vapeur et particulièrement des locomotives, avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de mai 1893 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison . . . . . 2 fr.

L'acier dans les constructions.

De l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques, par PÉRISSÉ. 1 volume grand in-8° . . . . . 3 fr.

Métallurgie de l'aluminium.

Notes sur la métallurgie de l'aluminium et sur ses applications par U. LE VERRIER, ingénieur en chef des mines, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers. 1 brochure grand in-8°. . . . . 2 fr. 50

Métallurgie du nickel.

Nouveau procédé pour le traitement des minerais de nickel système MOND, avec 2 planches. Livraison de novembre 1899 du *Portefeuille des machines*. 2 fr.

Aluminium et nickel.

L'aluminium et le nickel. Conférence faite devant l'Association française pour l'avancement des sciences, par JULES GARNIER. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr. 50

ÉVREUX, IMPRIMERIE PAUL HÉRISSEY

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu - UPMC