A. D'ARCHIAC

Géologie et Paléontologie

BADIOT

sciences de la terre
BIUS
JUSSIEU
CADIST

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE LA SORBONNE
1, Rue Victor Cousin
PARIS

8°Geol.

H-11-412

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

AVANT-PROPOS

Ce livre n'est point un *traité,* ni un *manuel,* ni un *abrégé* de la science, et encore moins la reproduction des leçons d'un *cours.* Ces sortes d'ouvrages, plus ou moins élémentaires, ayant pour objet d'exposer les principes et les règles, indiquent aussi les moyens de les appliquer et citent quelques exemples propres à faire comprendre la théorie générale. Ils n'ont pas à s'occuper de l'origine de ces principes posés sans discussion, car il serait superflu d'embarrasser ces premiers rudiments de l'enseignement par des recherches sur les développements et les modifications que les découvertes successives ont apportés aux idées dans la suite

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des siècles, comme sur la manière dont celles-ci sont arrivées à constituer enfin un corps de doctrine complet.

Un *traité de géologie*, quelque étendu qu'il soit, ne donne pas nécessairement un tableau fidèle de la science, parce qu'il reflète souvent des opinions personnelles, des traditions d'école, et qu'il porte l'empreinte trop accusée des études particulières de l'auteur. Suivant le pays que celui-ci habite, le public pour lequel il écrit, le but particulier qu'il se propose, son ouvrage ne reproduit que certaines parties, et, négligeant les autres, laisse çà et là des lacunes qui ne permettent pas de bien juger de l'ensemble, et font même quelquefois douter de la valeur des principes les plus fondamentaux. Enfin, par la multiplicité de certains détails pratiques et des expressions techniques comme par leur forme même, les *traités* sont peu accessibles aux personnes qui, ne voulant pas se livrer à une étude approfondie et suivie des sciences, désirent cependant juger de leurs progrès et ne pas rester étrangères à ce qu'elles ont de plus élevé et de mieux démontré dans leurs résultats, de plus essentiel et de plus général dans leurs théories, de plus utile dans leurs applications.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Nous avons donc cherché si, au double point de vue, d'une part, de l'origine et du développement de la science qui va nous occuper, et de l'autre de son état actuel dans ses diverses branches, il ne serait pas possible d'en simplifier l'exposition, tout en rendant celle-ci plus complète, plus homogène, mieux liée dans ses parties constituantes, en écartant ce qui n'est pas rigoureusement nécessaire à l'intelligence des faits et des idées, en évitant surtout que la diversité des détails ne fasse perdre de vue les principes sans lesquels le lecteur ne tarderait pas à s'égarer.

En restant dans les limites que nous avions tracées, il fallait cependant, sous peine de manquer notre but, faire voir que la science moderne ne repose pas sur quelques données recueillies çà et là en Europe, puis arrangées d'une manière plus ou moins systématique, mais au contraire sur une foule de documents apportés de tous les points du globe par de nombreux observateurs exercés à ce genre de recherches. Aussi avons-nous multiplié les exemples pris successivement dans les contrées les plus éloignées, pour que l'on puisse se bien rendre compte de la généralité des phénomènes, et avons-nous présenté les considérations théoriques qu'on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

en pouvait déduire toutes les fois qu'elles ressortaient naturellement de leur comparaison.

Avant de nous engager dans cette voie, peu parcourue de nos jours, nous avons aussi cherché quels avaient pu être nos prédécesseurs, et les noms imposants que nous n'avons pas tardé à rencontrer étaient plus propres à nous intimider qu'à nous encourager[1]. Mais, malgré la présomption qu'il pourrait y avoir à tenter de marcher sur de pa-

1. Les écrits des hommes éminents auxquels nous faisons allusion ici, tels que les *Entretiens sur la pluralité des mondes,* la *Protogœa,* les *Époques de la nature*, la *Philosophie zoologique,* les *Lettres à une princesse d'Allemagne,* le *Voyage dans les Alpes,* l'*Exposition du système du monde*, les *Remarques sur la température du globe et des espaces planétaires,* le *Cosmos,* etc., peuvent justifier en outre l'absence, dans notre livre, de ces *illustrations* de toutes sortes dont on est si prodigue aujourd'hui, et dont les avantages ne nous sont pas bien démontrés, en ce qui concerne les corps organisés.

Si en effet, dans la pratique et même seulement pour l'intelligence des principes de la science, l'utilité d'ouvrages, tels que le *Traité de paléontologie* de M. Pictet, la *Lethœa geognostica* de Bronn, est de toute évidence, parce que les personnes peu versées dans la connaissance des corps organisés vivants y puisent les données les plus indispensables à l'étude des fossiles, le lecteur peu familiarisé avec les méthodes et les classifications d'histoire naturelle ne peut pas trouver les mêmes ressources dans ces représentations, toujours incomplètes et insuffisantes d'animaux et de végétaux, accompagnées de noms latins, disséminées çà et là dans le texte d'un livre de géologie. Il ne peut en résulter pour lui aucune instruction réelle, et il est probable que d'Aubuisson de Voisins, Alex. Brongniart et de la Bèche, qui appréciaient autant que qui que ce soit l'importance et l'intérêt de la paléontologie et nous ont laissé de si excellents traités, auraient regardé cette innovation comme n'offrant aucun caractère scientifique sérieux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

reilles traces, nous avons cru que, tout en restant loin de ces grands modèles, il était encore possible de rendre leur pensée en l'appliquant aux études qui nous occupent depuis longtems, et sans nous dissimuler que l'extrême complexité du sujet exigera toujours du lecteur des connaissances assez variées et assez étendues.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

INTRODUCTION

Ce qui importe d'abord, pour parcourir avec toute sécurité le domaine d'une science, c'est d'être assuré que les idées fausses qui ont pu s'y introduire et retarder ses progres ont disparu, et qu'il n'en reste plus de traces. Or, le meilleur moyen de la débarrasser d'erreurs, souvent consacrées par le temps, est de remonter à leur origine, de faire voir la cause de leur persistance et d'accumuler les preuves qui doivent enfin les déraciner. Il faut pour cela interroger l'histoire critique et comparée qui, seule, fait distinguer ce qui doit être rejeté de ce qui doit être conservé, et qui donne le bilan réel du passé comme l'exposition de la science actuelle donne celui du présent. C'est ce que nous nous sommes proposé de faire dans la *première partie* de ce livre.

La science est comme un fleuve : on ne la connaît bien qu'en remontant jusqu'à sa source. Omettre ici le tableau des spéculations et des recherches positives qui ont précédé celles de notre temps, ne pas indiquer les différentes voies

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

parcourues ou tentées avant qu'on ait su découvrir la vraie, ce serait renoncer à avoir une juste idée de cette science, et manquer du sentiment d'équité que nos devanciers ont droit d'attendre de ceux auxquels ils ont préparé la route.

Quiconque lira cette *première partie*, sujet sur lequel il n'a guère été jusqu'à présent donné que d'informes essais, copiés les uns sur les autres, sans qu'on ait consulté les textes originaux, se trouvera, nous l'espérons du moins, tout préparé à comprendre facilement la *seconde*. En assistant, pour ainsi dire, dans chaque pays à la naissance et au développement graduel de la géologie, il verra disparaître successivement aussi ce qui en masquait les principes. Il acquerra, sans contention d'esprit, des vues générales et d'ensemble auxquelles il ne s'agira plus ensuite que d'ajouter, en se conformant à la méthode d'exposition de la science moderne, tout ce qui la constitue réellement.

Ces deux parties doivent s'éclairer et se compléter. En lisant la seconde, on connaîtrait bien sans doute l'édifice actuel, on jugerait bien de son étendue, de ses proportions, de ses éléments constituants et de son but, mais c'est seulement par l'étude de la première que l'on peut se rendre compte de la solidité de sa base ainsi que du temps et des moyens employés pour l'élever. Enfin, dans un *résumé général* nous présenterons, sous une forme très-concise, ce que la science a fait connaître de plus important, et dans un court *épilogue* nous jetterons un coup d'œil sur son avenir.

Sans avoir à nous préoccuper encore de la classification ou des divisions de notre sujet, il est cependant nécessaire,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

avant d'aller plus loin et pour l'intelligence de ce qui va suivre, de bien définir l'objet de nos études, d'en tracer les limites et d'en marquer la place relativement aux sciences qui l'avoisinent.

La *Géologie* est l'histoire de la terre; c'est le tableau des phénomènes physiques et chimiques, organiques et inorganiques qui se sont succédé depuis son origine jusqu'à nous et dont sa surface a conservé les traces. Ce qu'elle offre à nos yeux aujourd'hui n'est que la période la plus récente de cette histoire; c'est l'expression dernière, sinon finale, de toutes les causes qui ont agi sur ses diverses parties et dont nous cherchons à retrouver les effets pour les ranger chronologiquement.

La *Minéralogie* considère les substances minérales ou les corps inorganiques en eux-mêmes, cristallisés et offrant les formes géométriques qui leur sont propres, ou bien amorphes, chimiquement simples ou composés, solides, liquides ou gazeux, comme des unités spécifiques, indépendantes les unes des autres et du rôle qu'elles jouent dans la nature.

La géologie, au contraire, les considère surtout par ce dernier côté, comme constituant, suivant leurs diverses associations, des masses plus ou moins considérables désignées sous le nom général de *roches*. Mais leur nombre étant comparativement assez restreint, et l'association ou la distribution des espèces étant insuffisante pour établir la chronologie des phénomènes de divers âges, on a dû avoir recours à d'autres moyens de détermination.

L'examen des roches ou substances pierreuses qui composent la partie de l'écorce terrestre accessible à nos inves-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tigations montre qu'elles peuvent être rangées dans deux grandes classes suivant leur origine, leur mode de formation ou leur provenance. Les unes se sont formées et se forment encore *au-dessous* de la surface du sol, émergé ou non, et qu'elles ont même constitué d'abord à elles seules; les autres se sont formées et se forment encore *au-dessus* de cette surface. Les premières se sont trouvées dans un état ou sous l'empire de circonstances qui ont permis une cristallisation plus ou moins complète de leurs éléments minéralogiques; elles n'affectent point de disposition en couches suivies, mais constituent des masses considérables plus ou moins irrégulières. Les secondes, dues en grande partie à la décomposition et à la désagrégation des précédentes, ont été déposées au fond des mers et des lacs, en couches horizontales, et comme des sédiments de diverses natures.

Les roches cristallisées ou d'origine ignée qui n'ont pas cessé de s'élever des profondeurs de la terre à la surface, pendant que les roches sédimentaires se déposaient sous les eaux, ne renferment aucune trace de la vie ou de débris organiques, tandis que ces dernières en offrent presque constamment.

La *Paléontologie* ou *l'étude des êtres organisés anciens*[1] nous fait connaître *la distribution des restes de végétaux et d'animaux dans leurs rapports avec l'âge des roches qui les*

1. De παλαῖων ὀντῶν λόγος, littéralement *Discours sur les êtres anciens.* La connaissance des animaux anciens prend plus particulièrement le nom de *paléozoologie,* et celle des végétaux celui de *paléophytologie.* Pour la commodité du langage nous désignons par le mot *fossile,* pris adjectivement ou substantivement, tous les corps organisés ou les traces reconnaissables de corps organisés trouvés enfouis dans les couches de la terre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

renferment, et non considérés en eux-mêmes, car ils rentreraient alors dans le domaine particulier du zoologiste ou du botaniste. En nous fournissant ainsi un moyen précieux pour déterminer cette même ancienneté relative sur les divers points du globe, elle se trouve l'auxiliaire naturel de toutes les recherches géologiques dirigées sur les roches sédimentaires et le seul chronomètre qui puisse nous servir à mesurer des périodes dont nous n'avons aucun autre moyen d'évaluer la durée.

Si à ces avantages, d'une application directe immédiate, on ajoute ceux de nous faire connaître, dans les deux règnes organiques, une multitude de formes et de types perdus dont la découverte vient combler chaque jour des lacunes plus ou moins considérables parmi les êtres vivants, de nous éclairer sur la composition de l'air et de l'eau, sur la température, la répartition des climats, l'étendue et la profondeur des mers et des lacs, la distribution et l'élévation des continents et des îles dans les temps anciens, on comprendra que la paléontologie soit devenue partie intégrante de la géologie générale, et qu'il y avait toute raison de la placer dans le titre même de ce livre.

Des diverses études qui ont pour objet l'observation directe de la nature, la géologie est, après l'astronomie, celle dont le champ est le plus vaste; mais elle ne se borne pas comme celle-ci à considérer les mouvements et les relations de position des corps dans l'espace, leur volume, leur densité, et à spéculer sur leur constitution; elle nous offre directement des faits beaucoup plus variés, se rattachant aussi bien aux lois de la physique et de la chimie qu'aux effets météorologiques produits par ces dernières; elle nous

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dévoile l'origine des caractères géographiques et orographiques de notre planète se liant au dehors à tous les phénomènes de la vie animale et de la vie végétale, comme au dedans à toutes les actions dynamiques qui y prennent leur source.

Elle fournit à l'homme, pour ses besoins, le développement de ses diverses industries et la prospérité des États, les ressources les plus fécondes. L'agriculture, l'exploitation des substances minérales de toutes sortes, le forage des puits artésiens, l'architecture, l'exécution des grands travaux d'utilité publique, y puisent des données d'une haute valeur et les principes les plus sûrs de la pratique. Dans toutes ces directions, vers lesquelles l'homme civilisé dirige son activité, il n'est plus livré aux hasards, aux incertitudes, aux lenteurs, à la routine et aux mécomptes qu'entraînait nécessairement le manque de connaissances suffisantes et raisonnées des faits[1]. La géologie est donc à la fois comme la synthèse philosophique des sciences naturelles et la base d'une multitude d'arts et d'industries auxquels elle apporte ou des matériaux ou des indications précieuses.

Quant à la manière de traiter notre sujet, nous adop-

1. Par suite de la destination première de notre livre, ces diverses applications, ainsi que la météorologie, la géographie physique, le métamorphisme des roches, l'origine des dépôts sédimentaires, les produits éruptifs de diverses sortes, la théorie des filons, celle des phénomènes dynamiques (soulèvements et abaissements), les aérolithes et la sélénologie, ayant dû être confiés à d'autres plumes très-compétentes, ne sont point entrés dans notre plan, ce qui expliquera pour le lecteur des omissions qui sans cela seraient d'impardonnables lacunes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

terons, dans l'énumération des faits, un ordre naturel, en commençant par les plus anciens, ceux dont l'explication repose encore sur des données ou des hypothèses plus ou moins spécieuses, leurs causes premières, depuis longtemps détruites ou placées au delà de l'observation directe, étant demeurées fort obscures. En partant de l'hypothèse la plus probable, celle qui se fonde sur les données de la physique et de la mécanique céleste, nous prenons la terre à l'état de vapeur cosmique pour établir ses relations de commune origine avec les autres corps du système planétaire dont elle fait partie.

Les bases les plus rationnelles que nous fournissent les sciences physiques nous serviront ensuite à nous rendre compte des phénomènes qui se sont produits jusqu'à ce que l'eau ait pu se maintenir à l'état liquide à la surface de notre planète. Alors seulement commence pour elle l'ère de l'histoire, parce qu'alors seulement elle nous offre des dates relatives que l'on peut comparer.

Les couches sédimentaires qui, à partir de ce moment, se déposent les unes sur les autres, les animaux et les végétaux qui naissent, vivent et meurent dans les eaux et sur les terres émergées, sont pour nous des chronomètres dont la marche excessivement lente, mais continue, à travers des milliers de siècles, permet de reconstruire méthodiquement l'histoire de notre globe, de même qu'à l'aide des chroniques, des traditions et autres documents légués par les divers peuples qui nous ont précédés, l'historien reconstruit celle de l'humanité.

En nous appuyant constamment sur les observations les mieux faites et si nombreuses de nos jours, nous pré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

senterons le tableau varié des actions physiques et chimiques internes, réagissant incessamment sur l'enveloppe terrestre, et celui des animaux et des végétaux, suivant à l'extérieur des lois qui leur sont propres, se succédant par d'innombrables chaînons dont la nature actuelle nous offre, sinon le dernier anneau, celui du moins qu'il a été donné à l'homme de contempler et d'admirer. Nous admettons d'ailleurs toutes les conséquences logiquement déduites des faits bien constatés, la science n'ayant à répondre que de l'exactitude de ce qu'elle avance, sans avoir d'autres limites que celles de la vérité même.

Malgré la nécessité de donner à chaque partie l'importance relative qu'elle doit avoir par rapport à l'ensemble, il y en a cependant qui ne seront pas traitées avec tous les détails qu'elles méritent, faute de pouvoir mettre les objets sous les yeux du lecteur pour en être bien compris. Telles sont, entre autres, la description et la classification des roches, que nous avons dû exposer sommairement.

D'un autre côté, le manque d'espace ne nous permettant pas non plus de traiter d'une manière assez développée toutes les parties de la géologie descriptive, nous nous sommes attaché de préférence à celles qui ont fait le plus de progrès dans ces derniers temps et dont les ouvrages généraux, publiés surtout en France, ne donnent pas encore une idée en rapport avec l'état actuel de la science.

Au moment où s'arrête notre *Histoire comparée*, le lecteur trouve déjà définies et caractérisées les principales divisions des *terrains secondaire* et *tertiaire*, mais il n'en est pas de même du *terrain de transition*, qui est encore resté longtemps après dans une obscurité profonde. Nous avons

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

donc, dans l'*Exposé de la science moderne*, donné plus de détails sur ce terrain que sur les autres, pour lesquels il nous aura suffi d'une esquisse à grands traits. Ajoutons qu'en France, où il n'offre pas en général de séries aussi régulières, aussi complètes et aussi bien caractérisées par leurs fossiles que dans d'autres pays, sa connaissance se trouve par cela même moins avancée que celle des dépôts secondaires, crétacés, jurassiques et triasiques dont les zones symétriques nous entourent. Il y avait ainsi nécessité de rétablir pour le lecteur l'équilibre ou l'importance relative des diverses roches sédimentaires, surtout lorsque l'on considère le laps énorme de temps que représente à lui seul le terrain de transition.

Ce qui devait encore nous faire insister à cet égard, c'est que, dans une publication assez considérable où nous avons présenté les progrès de la géologie pendant ces vingt-cinq dernières années, publication à laquelle nous devrons souvent renvoyer le lecteur pour de plus amples détails, l'histoire du terrain de transition est restée complétement à faire, et que nous n'aurions su alors comment renseigner les personnes auxquelles la brièveté de nos descriptions actuelles ne suffirait pas. Cette lacune devait donc être comblée autant que le permettaient la nature et le but de ce livre. Les additions apportées depuis quinze ans à nos connaissances sur le *terrain tertiaire* et les changements que sa classification a éprouvés dans certains pays ont aussi exigé des développements particuliers.

Quant au *terrain quaternaire*, dont nous nous étions, il est vrai, spécialement occupé dans l'ouvrage précité, les découvertes récentes sont venues lui donner un tel intérêt

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'actualité que nous ne pouvions nous dispenser d'y revenir afin de répondre à une curiosité bien naturelle, tandis que pour le *terrain moderne*, les sujets qu'il comprend étant déjà plus ou moins familiers à la plupart des lecteurs, un *tableau* qui les présente et les résume dans un ordre systématique, suivi de quelques explications et de vues générales se rattachant à l'histoire de l'homme, devait suffire pour atteindre notre but.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

GÉOLOGIE

ET

PALÉONTOLOGIE[1]

PREMIÈRE PARTIE

HISTOIRE COMPARÉE

CHAPITRE Ier.

ANTIQUITÉ.

Les opinions des peuples anciens sur l'origine de la terre étaient plutôt spéculatives que le résultat d'observations directes et suivies, et elles se rattachent pour la plupart aux dogmes religieux de chaque nation, soit que le pouvoir sacerdotal eût intérêt à relier les croyances aux phénomènes de la nature, pour leur donner plus de force et d'autorité, soit qu'il voulût relever l'homme à ses propres yeux en lui assignant dans la création un rôle particulier qui devait le flatter.

1. Pour les développements plus particuliers relatifs à la paléontologie, pour la justification des opinions que nous avons émises, des critiques que nous avons faites, comme pour l'indication bibliographique des sources où nous avons puisé, nous renverrons le lecteur à la première partie du *Cours de paléontologie* professé au Muséum d'histoire naturelle (*Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. I, 1862).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Suivant les uns, le globe aurait été d'abord à l'état de vapeur, suivant d'autres, tels que les Égyptiens, à l'état de fluidité aqueuse, toutes les substances qui entrent dans sa composition ayant été dissoutes dans l'eau ; enfin les mages lui attribuaient une origine ignée. Tous s'accordaient néanmoins pour admettre que les eaux avaient autrefois recouvert sa surface entière, et cette croyance était répandue chez les Indous, chez les Égyptiens aussi bien que chez les Phéniciens.

La théorie de la terre que nous professons aujourd'hui ne serait donc en quelque sorte que la combinaison chronologique, conformément aux lois de la physique et à l'étude directe des faits, de ces trois hypothèses de l'antiquité.

Pour limiter ces recherches rétrospectives à ce qu'il y a de plus essentiel, nous rappellerons d'abord sommairement ce que l'on trouve dans les auteurs grecs et latins, dont les écrits nous sont parvenus soit directement, soit par l'intermédiaire des commentateurs, des lexicographes et des scholiastes [1]. Ces recherches ne sont pas, comme on pourrait le croire, chose futile ou de pure curiosité historique et scientifique ; pour quiconque veut y regarder de près, elles acquièrent un véritable intérêt philosophique dans l'étude du développement comparatif ou de la marche de l'esprit humain à des époques différentes, chez les nations les plus éclairées.

Elles font voir comment, chez celles où quelques-unes des plus hautes facultés de l'intelligence avaient atteint leur apogée, d'autres sommeillaient encore ou ne se manifestaient que par un sentiment vague des vérités générales. Ces dernières étaient le fruit d'observations incomplètes, de quelques vues intuitives dont certaines natures privilégiées sont parfois frappées, et souvent encore se trouvaient obscurcies par des préjugés, des rêveries imaginaires que l'époque de la Renais-

1. Nous nous abstiendrons, on le conçoit, de toute allusion aux données cosmogoniques de la Genèse. Les naturalistes qui entrent dans cette voie nous paraissent sortir complétement de leur domaine. C'est aux théologiens, aux hébraïsants, aux exégétistes qu'il appartient de traiter ces questions.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sance a vues se reproduire. Nous y trouverons, en outre, rapportés bien des faits propres à éclaircir des questions non résolues de nos jours, et souvent le germe de théories regardées comme nouvelles par nos contemporains.

§ 1. GÉOLOGIE DES GRECS AVANT ALEXANDRE[1].

Les philosophes grecs expliquaient les phénomènes volcaniques par l'hypothèse des feux souterrains. Eschyle, dans une de ses tragédies, leur attribuait la séparation de la Sicile de la Calabre, et Pindare, dans la première épiménice de ses *Pythiaques*, les relations intérieures de l'Etna et du Vésuve. La cause des volcans se trouve exprimée dans le *Périphlégéton* de Platon, et Empédocle, dans ce qui nous reste de son poëme sur *la Nature*, admet l'existence de torrents de lave à l'intérieur de la terre. Les pythagoriciens les plus instruits assignaient au feu central une action géogénique; ils le plaçaient à l'intérieur du globe, comme le créateur de la vie et de toutes choses, et comme une source de chaleur éternelle qui compensait le refroidissement général de la masse.

Tous les sectateurs de Pythagore ne s'accordaient point, à la vérité, relativement au feu central; mais ceux dont l'opinion était la plus plausible attribuaient les éruptions volcaniques, peut-être aussi les sources thermales, les tremblements de terre, à une masse ignée située au centre de la terre, et, comme celle-ci était également supposée placée au centre de l'univers, ce dernier, en même temps que l'enveloppe terrestre, décrivait son mouvement diurne autour de la

1. Pour les preuves et l'indication des sources et documents bibliographiques relatifs aux auteurs grecs et latins, nous renverrons le lecteur à ce que nous avons dit dans le premier volume de l'*Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique* (p. 6-12), et surtout au *Supplément* inséré à la fin du tome II de cet ouvrage, Supplément dont nous sommes redevable aux savantes études de M. J. Schwarcz, membre de l'Académie royale de Pesth.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

partie centrale incandescente. On sait d'ailleurs qu'Hicétas et Héraclide admettaient la rotation de la terre.

Empédocle, Leucippe et Démocrite n'ont pu attribuer la conflagration générale de l'univers (ἐκπύρωσις, *ecpyrosis*) qu'à des feux souterrains. Néanmoins, au point de vue géogénique, l'hypothèse du feu central était peu répandue en Grèce à l'époque dont nous parlons; seulement, les populations voisines des volcans cherchaient, on le conçoit, dans l'existence d'un feu intérieur, l'explication du phénomène dont ils étaient témoins.

La mythologie apportait aussi son tribut de renseignements, et les Grecs adoptèrent une idée que l'on trouve dans Homère et chez quelques naturalistes, tels qu'Anaxagore et Démocrite, celle de la présence de l'eau dans des cavités intérieures, supposition toute gratuite que nous verrons se perpétuer jusque dans les temps modernes.

Les phénomènes dus aux causes actuelles étaient étudiés dans l'antiquité grecque avec une attention toute particulière. Homère aurait connu le mode de formation du sol de la basse Égypte et l'aurait exprimé dans le vers 358 de l'*Odyssée;* Hésiode mentionne la réunion au continent de l'île d'Artémia, l'une des Échinades, par les dépôts du fleuve Achéloüs; Pindare a rappelé la sortie des eaux de l'île de Rhodes, et Ion de Chio l'ancienne jonction de l'Eubée à la Béotie. Ce que nous trouvons dans les paragraphes v à xv du IIe livre d'Hérodote prouve avec quelle sagacité et quel esprit d'observation le père de l'histoire jugeait les caractères physiques de la vallée du Nil et des chaînes de collines qui la bordent. Il regardait aussi la Thessalie comme ayant été recouverte par la mer.

Le mythe d'Alcméon, rapporté par Thucydide, n'est qu'une allégorie de ces dépôts d'alluvions modernes qu'ont observés les pythagoriciens, et dont nous verrons Ovide citer plus tard des exemples en reproduisant leurs doctrines dans le XVe livre des *Métamorphoses.* Cet autre mythe de l'Atlantis prouve aussi que Platon, ou celui à qui il l'avait emprunté, avait

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

remarqué les zones de dépôts apportés par le courant du détroit de Gadès et constatés plus tard par Straton de Lampsaque.

Dans le dernier chapitre du premier livre de sa *Météorologie*, Aristote suppose que ce ne sont pas toujours les mêmes parties de la terre qui restent émergées et immergées, mais qu'elles sont tantôt au-dessus, tantôt au-dessous du niveau de la mer, et que ces changements se produisent suivant un certain ordre périodique, comparable aux mouvements de la vie chez les animaux et les végétaux. Comme ceux-ci, l'intérieur de la terre aurait sa jeunesse et sa vieillesse; mais notre existence est trop courte pour que nous puissions apercevoir ces changements. Des nations entières disparaissent sans pouvoir conserver ni transmettre le souvenir de ce qui a eu lieu. Ces changements auraient ainsi leur cycle périodique, dont les hivers étaient caractérisés par l'abondance des pluies occasionnant un déluge comme celui de Deucalion aux environs de Dodone, et les étés par une extrême sécheresse. Partout le philosophe de Stagyre voit l'influence prépondérante des causes actuelles, dont plusieurs géologues de nos jours se sont faits de nouveau les défenseurs. Il semble aussi que pour lui la vie organique n'ait jamais éprouvé ni extinction dans ses principaux types, ni vu naître d'autres types complétement nouveaux, et il nie le desséchement final des mers soutenu par Démocrite.

Parmi les philosophes naturalistes antérieurs à l'époque d'Alexandre, ceux qui ont connu des fossiles, tels que Xénophon, Empédocle, Parménide, se sont montrés partisans des causes anormales ou des grandes catastrophes, tandis qu'Anaxagore, précurseur des idées de nos jours, soutint la continuité des faits sans interruptions temporaires ou périodiques. Il serait difficile de dire cependant, d'après les fragments qui nous sont parvenus, si ceux qui professaient l'apocatastasie, fondaient cette croyance de la destruction périodique du monde sur la considération des fossiles ou bien sur des changements ana-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

logues à ceux que nous voyons répétés pendant un laps de temps très-long. Thalès, Anaximène, Diogène l'Apolloniate, Pythagore, Héraclite, l'auteur du poëme sacré d'*Orphée*, Zénon, Platon et plusieurs autres, c'est-à-dire la majorité des philosophes, partageaient ces vues de destructions périodiques.

A l'exemple de Linus et d'Héraclite, qui admettaient une période cosmique de 10800 ans, plusieurs poëtes s'occupèrent de ce sujet. Celle d'Orphée, entre autres, était de 120000 ans. Le *Timée*, de Platon, reproduit les dogmes pythagoriciens, en parlant des *ecpyrosis* ou conflagrations, et des cataclysmes ou inondations, mais sans mentionner les fossiles, comme l'avaient fait Xénophon, Anaximandre et Empédocle. Suivant Plutarque, ce dernier aurait avancé que les pierres désignées actuellement sous le nom de roches cristallines avaient été élevées et soutenues par le feu de l'intérieur de la terre ; et, d'un autre côté, il semble bien prouvé que les Grecs connaissaient la nature et l'origine des roches sédimentaires avec des restes de corps organisés.

Toute l'antiquité a connu l'apophthegme de Xénophon qui repousse l'idée de diversité et de pluralité des mondes, mais qui, au rapport d'Origène, admettait une alternance continuelle de phénomènes entre la terre et la mer. L'eau devait un jour dissoudre la terre entière, comme cela avait eu lieu et était prouvé par la présence des coquilles à la surface des continents et même dans les montagnes. Dans les carrières de Syracuse, il indique des restes de poissons et de phoques, dans les rochers de l'île de Paros, des feuilles de laurier, et dans l'île de Malte, des formes de toutes sortes de produits marins. Chaque fois que la mer a ainsi recouvert les continents, les hommes ont péri, et ensuite recommence une nouvelle création, un nouvel ordre de choses, changements qui se reproduisent dans toutes les périodes cosmiques.

Xanthus ayant observé dans l'Arménie, la Phrygie et la Lydie, des pierres remplies de coquilles et des traces de poissons, en concluait que toutes ces contrées avaient été

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

recouvertes par la mer. Hérodote avait aussi mentionné les coquilles pétrifiées des collines de l'Égypte, et particulièrement celles des environs de Memphis, mais sans faire aucune réflexion sur cette circonstance, qui confirmait seulement l'opinion des prêtres, que la mer avait autrefois occupé tout le pays. Eudoxe parle des poissons fossiles de la Paphlagonie, des environs du lac d'Ascanie, qu'Aristote rapportait à des espèces vivant dans les profondeurs de la terre, où elles se pétrifient. Cette fréquence des poissons fossiles, cités dans l'Asie Mineure, où l'on n'en a point retrouvé de nos jours, doit faire penser qu'on prenait alors pour tels, comme dans beaucoup d'autres pays, des traces d'animaux marins, qui n'appartiennent point à cette classe, et qui n'étaient probablement que des mollusques.

Suivant Anaximandre de Milet, les premiers animaux se sont développés dans l'eau; ils étaient recouverts d'enveloppes épineuses, dont ils se sont dépouillés pour vivre sur la terre. Au dire de Plutarque, le même philosophe attribuait aux poissons l'origine des premiers hommes. Anaximandre aurait donc été le véritable précurseur de de Maillet, de Lamarck et des zoologistes de nos jours qui marchent sur leurs traces.

Quant aux idées théoriques relatives au développement des êtres organisés, on en trouve dans les fragments des poëmes didactiques d'Empédocle *sur la Nature* et dans les commentaires des lexicographes, des phlyacographes et des scholiastes des temps moins anciens. On y voit les animaux passant par diverses phases, se modifiant ou plutôt se complétant, car le philosophe d'Agrigente croyait qu'il n'y avait eu au commencement des choses que des membres séparés les uns des autres ou créés isolément, des têtes, des bras, des jambes, des pieds, des mains, etc. Il y aurait eu ainsi trois ou quatre périodes de développement, pendant lesquelles ces êtres, quoique incomplets ou monstrueux, offrant des bœufs à tête humaine, des hommes à tête de bœuf, des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

animaux à deux têtes, d'autres à deux poitrines, etc., n'en auraient pas moins été doués d'une vie propre. Cette idée bizarre peut avoir été suggérée par la découverte d'ossements fossiles, disséminés dans les couches de la terre. Les plantes, suivant Empédocle, auraient aussi été créées avant les animaux, de sorte que, malgré l'absence de détails précis, malgré l'étrangeté de certaines croyances, on peut apercevoir l'idée du développement successif des êtres se faisant jour au milieu des ténèbres, par suite de l'observation de quelques faits géologiques.

Anaximandre s'était rattaché à cette idée, comme Démocrite et Archélaüs, et pour tous, Platon et Aristote compris, l'homme était le dernier être créé; son apparition, dans le système des philosophes naturalistes, complétait l'œuvre de la création, ce qui n'empêchait pas sa dégénérescence par la suite des temps.

§ 2. GÉOLOGIE DES GRECS PENDANT ET APRÈS L'ÉPOQUE D'ALEXANDRE.

Ce sont surtout les phénomènes dus aux causes actuelles qui ont été observés dans ces deux périodes de l'antiquité grecque, tels que la formation des deltas, les alluvions des fleuves, etc. Beaucoup d'écrivains se sont occupés de ces questions géologiques les plus simples, mais indispensables à connaître. Parmi eux, Strabon occupe le premier rang, et le IIIe chapitre du Ier livre de sa *Géographie* est un véritable traité systématique des changements survenus à la surface de la terre. Il y examine les ouvrages publiés avant lui sur ce sujet par Démétrius Collatinus, Démétrius de Scepsis, Callimaque, etc. Il rapporte l'opinion de Xanthus, dont nous avons déjà parlé, les hypothèses d'Ératosthène, d'Hipparque, de Posidonius et de Straton de Lampsaque.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ce dernier supposait que la Méditerranée et le Pont-Euxin étaient à l'origine sans communication, l'une avec l'Atlantique, l'autre avec la Propontide. Les sédiments apportés dans ces bassins par les fleuves déterminèrent le relèvement de leur fond, les changements de niveau observés sur leurs bords, et par suite occasionnèrent la rupture des isthmes de Gadès et de Byzance.

Strabon admet bien les changements survenus dans la disposition relative des terres et des eaux, mais il rejette l'explication de son prédécesseur. Il avait remarqué que les sédiments des rivières, au lieu de s'étendre sur tout le fond des mers, de manière à en relever le niveau, se déposent au contraire dans le voisinage de leur embouchure, et contribuent peu à peu à augmenter la surface des continents par la formation des deltas. Les motifs sur lesquels s'appuie le géographe d'Amasia sont judicieux et instructifs. C'est au mouvement propre de la mer, qui contribuait à sa purification, et que les anciens appelaient la *respiration de la mer*, que Strabon attribue la cause de l'impossibilité pour les sédiments de tomber et de s'étendre sur son fond, à une certaine distance des côtes; et, à cette occasion, il développe sa théorie des soulèvements.

L'auteur, qui était *vulcaniste*, comme on dirait aujourd'hui, suppose que le fond des mers éprouve de temps en temps des soulèvements et des abaissements, non par suite des sédiments qu'apportent les fleuves, mais par l'action des forces ignées qui existent au-dessous des mers. La Sicile n'a point été séparée de Regium par un tremblement de terre, mais elle a été élevée au-dessus des eaux par l'influence des feux souterrains.

Strabon mentionne aussi le soulèvement volcanique des îles de Prochyta (Procida), de Pythecoussæ (Pythécuse), de Capreæ (Caprée), de Leucosia, des Sirènes, des Énotrides, de l'île d'Automate (Hiéra), entre Théra et Thérasia.

Outre les recherches et les conséquences relatives aux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

phénomènes volcaniques, on trouve encore dans la *Géographie* une multitude d'observations qui se rapportent à la réunion de certaines îles aux continents voisins, au mode de formation des deltas, en un mot, à tous les changements de la surface de la terre dus au déplacement des eaux, et qui avaient été constatés alors sur le périmètre de la Méditerranée. Strabon conclut de tous ces faits que les terres actuellement habitées ont été couvertes une fois par la mer, et que le fond de celle-ci a fait partie à son tour des terres habitées. La première de ces deux propositions était plus généralement vraie que la seconde.

De tous les restes organiques signalés dans les roches par les anciens, on ne connaît aujourd'hui d'une manière incontestable que ces petits corps lenticulaires, que nous appelons *Nummulites*, et que Strabon a décrits de la manière la plus exacte, comme se trouvant très-répandus en Égypte, dans le voisinage des pyramides, et qu'il signale également dans son pays natal (Amasia), où de récentes observations ont confirmé l'assertion du géographe grec.

Un auteur de l'époque alexandrine, le poëte Callimaque de Cyrène, qui s'occupait de spéculations géologiques, composa un grand nombre d'ouvrages, dont il reste seulement six hymnes et soixante-cinq épigrammes. Dans les premières, dédiées à Jupiter, à Apollon, à Diane, etc., se trouvent des allusions à une multitude de phénomènes naturels, d'apparitions d'îles, d'extensions de rivages, etc.

Théophraste regardait l'ivoire provenant de défenses fossiles d'Éléphant, comme le résultat de forces plastiques de l'intérieur de la terre, et supposait aussi, avec son maître Aristote, que les poissons trouvés dans les pierres à Héraclée (Pont), dans la Paphlagonie et la Gaule Narbonnaise, n'étaient que des individus des espèces actuelles, vivant dans le sol. Ils provenaient soit d'œufs qui y auraient été laissés, soit de métamorphoses ou types terrestres, de ceux qui seraient venus originairement de la mer ou des rivières voisines et se

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

seraient introduits dans les couches. Le même naturaliste mentionne des empreintes de palmiers près de Munda en Espagne, d'autres dans le marbre de Ténare, puis au delà de Gadès, plusieurs sortes de charbon de terre dans la Ligurie, l'Élide, etc., mais sans émettre d'opinion sur son origine.

Polybe a admis pour les poissons fossiles les mêmes hypothèses fabuleuses, et Strabon les a mentionnées comme Athénée.

Quelques ossements de grands mammifères étaient pris alors, de même que par les observateurs de la période historique précédente, pour des restes de géants. Pausanias avait décrit une carrière de calcaire coquillier à Mégare, comme le seul exemple de cette sorte de pierre qui fût connu en Grèce, et après lui les écrivains latins ont parlé des énormes squelettes et des sarcophages anciens découverts à la suite des tremblements de terre et des fouilles exécutées sur divers points de la Grèce, de l'Asie Mineure, dans les grottes d'Artemis en Dalmatie, en Égypte, à Carthage, etc. Or toutes ces relations d'os fossiles gigantesques confirmaient l'idée de la dégénérescence du genre humain, et c'est ainsi que les restes des grands mammifères des derniers temps géologiques se trouvèrent si souvent, par suite d'observations superficielles, rattachés à l'histoire de l'homme.

La théorie du développement progressif des êtres organisés était encore enseignée comme avant l'époque d'Alexandre; nous en trouvons la preuve dans Lucrèce, qui reproduit les préceptes de plusieurs sectes grecques.

Ainsi les stoïques soutenaient qu'après chaque conflagration le même ordre de choses se reproduisait, et cela en rapport avec la même cause des astres, de la même manière et avec la même rotation de la vie humaine. Les mêmes nations, les mêmes villes, les mêmes guerres reparaissaient. Athènes, Troie, comme Socrate, Platon, Achille et les Argonautes, devaient revenir, et ce renouvellement de toutes choses devait se répéter dans un nombre de cycles infinis, ce qui n'empêchait

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pas d'admettre le développement progressif de la vie dans chaque cycle ou période considérée en elle-même.

§ 3. GÉOLOGIE DES ROMAINS.

Comme pour la littérature et la philosophie, les Romains ont marché sur les traces des Grecs dans leurs spéculations relatives au passé de l'univers. Mais moins hardis quant aux grands problèmes de la nature, ils ont rassemblé d'assez nombreux documents sur les phénomènes actuels. La poésie a revêtu de ses formes les plus élégantes et de ses couleurs les plus vives certains mythes devenus populaires.

Ainsi l'idée sur l'origine des fossiles, qui s'alliait à cette croyance si généralement répandue alors, que les surfaces occupées par la terre et par la mer changeaient constamment et réciproquement, a été rendue de la manière la plus claire dans ce passage du livre XV des *Métamorphoses :*

> . . . . . Vidi factas ex æquore terras,
> Et procul a pelago conchæ jacuere marinæ [1].

En reproduisant la doctrine de Pythagore, Ovide signale également les dépôts modernes et les changements physiques qui se produisent actuellement à la surface de la terre (v. 252), et, dit-il plus loin (v. 340), « l'Etna cessera un jour de rejeter des laves. »

Horace, dans son ode à Auguste, peint d'une manière charmante l'envahissement de la terre par la mer suivant les traditions de son temps :

« Les peuples ont tremblé! ils ont craint le retour de ces temps de colère et de prodiges où Pyrrha vit avec épouvante Protée chasser les troupeaux de Neptune sur le sommet des montagnes, les poissons s'arrêter dans les branches de l'orme

1. V. 201.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

où avait reposé le nid de la colombe, les daims tremblants nager sur les eaux qui couvraient la terre. »

Virgile, dans sa sixième églogue, met dans la bouche de Silène l'expression complète de nos idées cosmogoniques le plus généralement adoptées :

> Namque canebat uti magnum per inane coacta
> Semina terrarumque, animæque, marisque fuissent,
> Et liquidi simul ignis...

« Car Silène chantait comment les principes de la terre, de « l'air, de la mer et du feu, le plus subtil de tous, s'étaient « trouvés confondus dans le vide immense; comment de ce « principe sortirent les éléments du monde et se forma la « voûte même transparente du ciel; comment le sol commença « à se durcir, à renfermer Nérée dans ses humides limites, à « revêtir peu à peu la forme des objets; comment la terre « voit avec étonnement le soleil briller pour la première fois, « tandis que les nuages montent dans l'espace pour retomber « en pluie, que les forêts commencent à poindre et que les « animaux encore peu nombreux errent sur les monts nou- « veaux pour eux. »

Le poëte n'est pas moins explicite pour les phénomènes de nos jours lorsque, faisant participer toute la nature au deuil de la mort de César, il dit :

> . . . . Quoties Cyclopum effervere in agros
> Vidimus undantem ruptis fornacibus Ætnam,
> Flammarumque globos, liquefactaque volvere saxa [1] !

Tandis que Lucrèce, qui admettait l'infini dans l'espace et dans le temps, ainsi que la perpétuité de la matière incessamment changeante dans sa forme, avait énergiquement repoussé certaines hypothèses des philosophes grecs.

1. Combien de fois l'Etna, brisant ses arsenaux,
Parmi des rocs ardents, des flammes ondoyantes,
Vomit en bouillonnant ses entrailles brûlantes!
Géorgiques, liv. I, v. 472.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« C'est outrager la vérité, dit-il, que de reconnaître dans « le feu le principe et la base de la nature. Condamnons donc « les philosophes qui regardent l'air comme le principe de « tous les corps, ceux qui ont attribué le même pouvoir à « l'eau, ceux qui ont affirmé que la terre soumise à toutes « les métamorphoses revêtait la forme de tous les êtres, enfin « ces savants obscurs qui, doublant les éléments, unissent « l'air au feu, la terre à l'air, ou qui, les joignant tous quatre, « font éclore d'un tel mélange tous les êtres du monde[1]. »

Nigide Figule, l'ami de Cicéron et de Pompée, a essayé d'introduire le principe de l'école de Pythagore sur le sol du Latium, et Varron, dans ses livres sur l'agriculture, nous a conservé, sur la théorie de la terre, un grand nombre d'hypothèses grecques que les naturalistes romains ont commentées et même corrigées ou modifiées d'après leurs propres observations.

Ces derniers ont porté leur attention sur les phénomènes volcaniques, et plusieurs auteurs ont écrit sur les tremblements de terre. Sénèque, qui consacre tout le sixième livre de ses *Questions naturelles* à cette classe de phénomènes, mentionne l'enfouissement d'Herculanum et de Pompéi, la séparation de la Sicile de l'Italie et celle de l'Europe de l'Afrique par une action volcanique, en rappelant les vers (414-419) du IIIe livre de l'*Enéide*, mais il ajoute que c'est à un cataclysme ou déluge chanté par les poëtes que cette séparation doit être attribuée. Les Romains en général n'émettaient aucune vue théorique ou spéculative sur cet ordre de faits; c'est ainsi que Tacite, Suétone, Pline le Jeune, Martial, qui racontent la catastrophe de Pompéi et d'Herculanum, ne font aucune réflexion sur sa cause.

Pline, dans son *Histoire naturelle*, fait connaître beaucoup de volcans ou d'autres manifestations des forces internes du globe, et cela en si grand nombre qu'il dit dans le CVIIe cha-

1. *De rerum naturâ*, lib. I, v. 705-716.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pitre de son IIe livre : *Excedit profecto omnia miracula ullum diem fuisse quo non cuncta conflagrarent.* Dans ses *Lettres* Pline le Jeune donne une description élégante de la catastrophe de Stabia où périt Pline l'Ancien, et quant aux documents rassemblés dans l'*Histoire naturelle* sur les changements actuels survenus à la surface de la terre, ils y sont mentionnés avec un soin qui surpasse peut-être celui de Strabon.

Les fossiles ont peu attiré l'attention des écrivains latins; cependant Pline dit, en parlant des pyramides d'Égypte, qu'elles sont environnées de sables à gros grains, pareils à des lentilles, comme dans la plus grande partie de l'Afrique : *Arena late pura circum lentis similitudine, qualis in majori parte Africæ*[1]. Cette citation vient confirmer celle de Strabon sur le même sujet, mais rien ne prouve que le *Daphnia* du naturaliste latin, qui, dit-il, ressemble à une feuille de laurier et que Zoroastre croyait être un remède contre l'épilepsie, soit un de ces mêmes corps lenticulaires appelés aujourd'hui Nummulites.

La croyance que les anciens ont connu les coquilles fossiles que nous désignons aujourd'hui sous le nom d'*Ammonites* repose sur ce passage du même auteur : *Ammonis cornu, inter sacratissimas æthiopicas gemmas aureo colore arietis cornu effigiem reddens, præmittitur prædivina somnia repræsentare.* Or rien n'est moins explicite que ce texte; aucun voyageur moderne n'a signalé d'Ammonites dans cette partie de l'Afrique, et il faudrait supposer de plus que ces prétendues Ammonites étaient à l'état de fer sulfuré, fort petites, et d'une parfaite conservation pour qu'on pût les regarder comme des pierres précieuses ou gemmes. Le texte du *Polyhistor*, de Solinus, sur lequel on s'est aussi appuyé, ne fait que reproduire la pensée de Pline sans y rien ajouter.

Le *lyncurium* du grand écrivain latin, pierre de couleur

1. Pour Pline, l'Égypte était en Asie, chap. IX, liv. V.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'ambre, regardée comme une concrétion provenant du Lynx et ses *Idæi dactyli*, ou doigts du mont Ida, ne sont rien moins que des Bélemnites qui n'existent pas en Crète à ce que nous sachions. Les *Diphytes* ne sont pas davantage des empreintes ou des moules de coquilles que nous appelons *Spirifer* et auxquels les naturalistes de la Renaissance ont donné le nom d'*Histerolithes*.

On voit ainsi que parmi les corps organisés fossiles les plus répandus dans la nature, au moins dans les terrains secondaire et tertiaire, savoir : les Ammonites ou cornes d'Ammon, les Bélemnites, les brachiopodes et les Nummulites, qui d'ailleurs ne sont pas le produit d'un mollusque mais d'un animal bien inférieur, ces derniers sont les seuls qu'on puisse dire avec certitude avoir été connus des anciens et suffisamment désignés par eux, puisqu'on les retrouve précisément sur les lieux où ils les ont signalés, ce qui se conçoit d'autant mieux que les autres formes, dont on leur attribue la connaissance, sur des suppositions peu fondées ou des interprétations gratuites, manquent jusqu'à présent ou sont au moins très-rares dans les pays les plus civilisés et les mieux connus de l'antiquité.

Tite-Live n'ignorait pas qu'il y avait des poissons ou d'autres animaux marins pétrifiés; Sénèque, Apulée, Juvénal également; et cependant Pomponius Mela rejette ces citations comme reposant sur des fables. On a vu que Pline, Aulu-Gelle et Solinus parlent d'ivoire provenant de la terre et d'ossements de grands mammifères ou de reptiles, sans soupçonner leur véritable origine. C'est seulement Suétone qui, dans la biographie d'Auguste, mentionne les ossements réunis à Caprée et attribués à des géants, comme provenant au contraire de grands animaux : *Qualia sunt Capreis immanium belluarum ferarumque membra prægrandia quæ dicuntur gigantum ossa et arma heroum.* Apulée de Madaure, Numidien de naissance, mais de la secte platonicienne, disait que les poissons fossiles trouvés sur les montagnes dans l'inté-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rieur de la Gétulie étaient les restes du déluge de Deucalion.

La destruction périodique de l'ordre général de la nature par suite de conflagrations ou de cataclysmes, ou bien alternativement par les unes et les autres, était connue de Cicéron, qui en parle dans son ouvrage sur la *Nature des Dieux*. Mais il a relevé cette pensée de toute la force de son talent dans l'appendice du IVe livre *de la République* ou le *Songe de Scipion*. C'est une imitation du troisième chapitre du *Timée* de Platon. L'orateur romain y ajoute seulement cette idée, que toute gloire humaine, même celle d'un Scipion (l'Africain), va s'éteindre dans le cours d'une période cosmique ou, comme il l'appelle, du *magnus annus*. Car, dit-il, tous les monuments de la célébrité, toutes les œuvres de l'homme, seront détruits par la conflagration ou les cataclysmes qui arrivent à la fin de chaque période. L'auteur termine par les conditions où se trouvent les âmes qui s'élèvent dans les régions célestes après la mort, et à cet égard s'accorde avec la fin du traité de Plutarque intitulé *De facie Lunæ*. Sénèque pensait que la conflagration générale avait pour but la destruction de l'ordre actuel de choses et l'avénement d'un autre plus parfait. Julius Firmicus Maternus le Jeune, qui s'occupait d'astronomie, croyait à une période cosmique de trois mille ans, terminée par un *ecpyrosis* (ἐκπύρωσις), ou par un cataclysme, et prétendait trouver de l'analogie entre l'état de l'univers et celui du corps humain.

Beaucoup d'écrivains latins supposaient que l'univers était déjà vieux de leur temps et qu'il touchait à sa destruction; Columelle, au contraire, dit que la religion ne permet pas d'admettre que la stérilité de son époque soit le résultat d'une maladie, d'un amaigrissement ou de la vieillesse du globe. Ainsi cet élément de la confiance dans la Providence semble commencer à entrer dans les spéculations philosophiques, élément religieux qui défendit plus tard toute déduction cosmologique, géologique ou paléontologique appliquée à des bouleversements périodiques de la terre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CONCLUSION.

Comme résultat d'observations directes, les anciens ont donc acquis la connaissance de faits intéressants sur les phénomènes actuels dont l'origine est au-dessous ou au-dessus de la surface du sol, mais, s'ils n'ont pas été plus loin, si les Grecs surtout ne nous ont laissé aucune donnée géologique ou paléontologique plus ancienne de quelque valeur, ne nous hâtons pas de les accuser d'inaptitude pour ce genre de recherches. Aucun pays n'est moins propre que l'Attique et le Péloponèse à suggérer des idées nettes à cet égard. C'est, en effet, un réseau de petites chaînes de montagnes soulevées, se croisant dans diverses directions, dont les couches disloquées, redressées, modifiées dans leurs caractères minéralogiques et pénétrées par des roches ignées, rendent encore aujourd'hui, avec toutes les ressources de la science moderne, leurs relations et leur âge fort difficiles à saisir. La Grèce, si brillante dans les lettres, les arts et la philosophie, qui vit pousser assez loin les sciences exactes et leurs applications, où la médecine, la zoologie, la botanique et de nombreuses substances minérales trouvèrent des observateurs sagaces et éclairés, ne pouvait pas être le berceau de la géologie, car nulle part les couches de son sol ne présentent cet arrangement régulier et symétrique qui, dans l'Europe occidentale, révéla, bien tardivement encore, leur véritable chronologie.

Ce que nous disons du sol de la Grèce peut s'appliquer à celui des îles de l'Archipel et de la plus grande partie de l'Asie Mineure, aussi bien que de l'Italie, où, à l'époque romaine, les esprits n'étaient pas plus portés que chez les Grecs vers l'étude des phénomènes anciens. En outre, il a manqué au développement des sciences naturelles chez ces peuples des méthodes, des classifications, des nomenclatures

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

fixes, des collections, la ressource de la gravure pour reproduire les objets, le microscope simple et composé pour les amplifier, et, par-dessus tout, l'imprimerie, ce vulgarisateur et ce propagateur par excellence de toutes les connaissances humaines.

De même que nous verrons les bases fondamentales de la géologie moderne n'appartenir exclusivement à aucun des grands esprits de notre temps, de même que nous ne verrons aucune des nations de l'Europe occidentale pouvoir seule revendiquer le mérite de les avoir découvertes et appliquées, de même aussi nous reconnaissons que les idées les plus générales sur la nature et l'origine des choses doivent remonter jusqu'aux temps les plus obscurs de l'antiquité, avant d'avoir été formulées par les philosophes grecs antérieurs à Alexandre.

L'école de Pythagore professait la théorie du feu central, renouvelée, au XVIIe siècle de notre ère, par Descartes et Leibnitz; les idées si exactes de Léonard de Vinci et de Bernard Palissy, au XVe et au XVIe, sur les corps organisés fossiles, avaient été entrevues par plusieurs naturalistes et philosophes grecs, aussi bien que les rêveries du moyen âge sur l'origine de ces mêmes corps; car les mêmes vérités et les mêmes erreurs se sont reproduites à deux mille ans d'intervalle. Le développement progressif des êtres, leur renouvellement, par une cause ou par une autre, étaient encore des spéculations nées de l'observation de la nature, et nous pourrions trouver dans l'histoire des autres sciences des faits tout aussi positifs de la profondeur de vue des anciens.

Ce que l'on a appelé le génie moderne n'a donc point de date précise comme on voudrait le faire croire; il ne se manifeste pas à tel ou tel moment, avec tel ou tel esprit: il n'est, à proprement parler, que le réveil, après un long sommeil, de celui de l'antiquité, se dirigeant alors avec plus de sûreté, par d'autres voies et par d'autres moyens, vers le but mieux défini de chacune des branches des connaissances humaines.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE II.

TEMPS MODERNES.

Pendant cette longue nuit du moyen âge qui couvrit d'un voile épais toutes les sciences chez les nations de l'Occident, Avicenne, né à Chiraz vers 980, s'est occupé, dans son traité *De congelatione et conglutinatione lapidum,* de l'origine des montagnes et des vallées, qu'il attribue, sans se prononcer pourtant, soit à des soulèvements, soit à des dénudations par les eaux, et il ajoute que, sur beaucoup de roches, on voit des empreintes d'animaux aquatiques qui prouvent que ces pierres se sont déposées sous la mer, et peut-être, ajoute-t-il, proviennent-elles de l'ancien limon de celle-ci qui inonda autrefois le globe. Ferdoucy, dans son histoire de la Perse, parle également des montagnes qui s'élevaient et des cours d'eau qui en descendaient pour se rendre à la mer.

Les siècles suivants ne jetèrent en Europe aucune lumière sur le sujet qui nous occupe, et c'est à partir du XIVe que nous diviserons ce même sujet, en suivant des régions naturelles ou distinctes par leur position géographique, leurs sciences et leurs langues. Nous pourrons, sans inconvénient, les regarder comme des centres ayant eu peu de relations entre eux, et dans lesquels le mouvement scientifique se produisit d'une manière plus ou moins indépendante.

Cette marche est encore justifiée par cette circonstance, que les nations de l'ouest de l'Europe, où la géologie strati-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

graphique a pris naissance, sont aussi celles où la nature et des travaux industriels fort étendus mettaient les faits dans tout leur jour. On peut même dire qu'il y a une relation directe entre le caractère physique d'un pays et la direction que la géologie y a prise. C'est ainsi qu'en Italie, en Suisse, dans les diverses parties de l'Allemagne, en Angleterre et en France, l'histoire de la géologie et de la paléontologie reflète non-seulement le plus ou moins d'aptitude naturelle de chaque peuple pour ce genre de recherches, mais encore les caractères du sol, son orographie, son origine et les fossiles qu'on y trouve. Les diverses théories ont été aussi le plus souvent inspirées par les caractères du tableau que chaque auteur avait habituellement sous les yeux. C'est pourquoi, dans l'histoire rationnelle et philosophique de cette science, il faut d'abord considérer chaque unité régionale en elle-même, puis l'importance relative du rôle qu'elle a joué dans le mouvement général, sans quoi celui-ci ne peut être bien compris, et la part de chaque nation n'y peut être appréciée avec équité. En suivant une voie différente et plus simple en apparence, on ne peut manquer d'arriver à des conclusions fausses où incomplètes, comme la plupart de celles que l'on a formulées jusqu'à présent sur ce sujet.

§ 1. ITALIE.

Dans le domaine de l'intelligence, l'Italie fut encore au XVe siècle l'héritière de Byzance, comme elle l'avait été une première fois de la Grèce. Les lettres, les sciences et les arts y fleurirent de nouveau, et l'histoire de la géologie nous y présente tout d'abord deux noms célèbres à des titres bien différents, sans que ni l'un ni l'autre rappelle un naturaliste.

Boccace et Léonard de Vinci. — Le premier est Boccace, qui, vers le commencement du XIVe siècle, habita Certaldo, près

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de Florence, pays où le sol est rempli de coquilles fossiles, et mentionna celles-ci, dans son roman de *Filocopo*, écrit en 1341, comme une preuve du séjour de la mer sur les continents.

Quinzième siècle. — Le second est Léonard de Vinci, dans les manuscrits duquel on lit que la mer change l'équilibre de la terre et que les coquilles entassées dans les différentes couches ont nécessairement vécu sur le lieu même que la mer occupait. Les grandes rivières, dit-il, charrient dans l'Océan les débris des terres, et les bancs ainsi formés ont été recouverts par d'autres d'épaisseurs différentes; enfin, ce qui était le fond de la mer est devenu le sommet des montagnes.

A partir de cette époque jusqu'au commencement du XIXe siècle, les recherches sur les corps organisés fossiles ont constamment occupé les naturalistes italiens et l'on pourrait citer plus de quatre-vingts auteurs qui ont traité ce sujet à divers points de vue. En signalant ici seulement les plus marquants, nous rappellerons qu'Alessandro degli Alessandri (1460-1523) mentionna les coquilles pétrifiées des montagnes de la Calabre dont la mer aurait recouvert les sommités, soit par un soulèvement de son lit, soit par un changement de l'axe de rotation de la terre qui aurait déplacé les eaux à sa surface. Cette dernière hypothèse, dont l'astronomie a démontré le manque absolu de fondement, n'en a pas moins été renouvelé jusque dans ces derniers temps.

Seizième siècle. — Vers 1517, la construction de la citadelle de Saint-Félix, à Vérone, ayant amené la découverte d'un grand nombre de coquilles fossiles, Fracastoro démontra qu'elles ne pouvaient être attribuées au déluge de Moïse, qu'il était absurde de recourir à l'action des forces plastiques de la nature ou des générations équivoques d'Aristote, pour expliquer leur existence en cet endroit, et que les animaux dont elles provenaient y avaient vécu dans la mer, qui s'était ensuite retirée. En 1554, Mattioli appela le premier l'attention sur les poissons fossiles du mont Bolca, dans le Vicentin,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mais il attribuait aussi leur origine à certaines influences occultes, tandis que Fallope regardait comme de simples concrétions les défenses d'Éléphant trouvées dans la Pouille. André Césalpin reconnut, au contraire, que les os d'Éléphants découverts à San-Giovanni, dans le val d'Arno, étaient des corps organisés déposés par la mer, et le XVIe siècle fut clos en Italie par l'ouvrage de Ferrante Imperati, où l'auteur traite des zoophytes, moins connus alors que les coquilles.

Dix-septième siècle. — F. Colonna. — Dans le siècle suivant, Fabio Colonna, qui se rapproche de Linné par sa sagacité, s'occupa des pétrifications des environs d'Andria dans la Pouille et de Campo Chiaro. On lui doit la première description scientifique de cette grande famille de mollusques brachiopodes que nous verrons jouer un rôle si important dans toutes les faunes marines, depuis les plus anciennes jusqu'à celles de nos jours. Un des premiers il distingua dans les fossiles du test propre des coquilles, leurs moules, leurs empreintes et leurs contre-empreintes. Il reconnut que toutes n'étaient point marines, mais qu'il y en avait d'eau douce, et prouva que les corps appelés *Glossopètres* n'étaient pas des langues de serpent pétrifiées, mais bien des dents de poissons du genre *Carcharias*.

Vers ce temps, l'emploi du microscope, qui s'était répandu. permettait déjà une étude plus approfondie de la structure intime des êtres organisés. En 1640, D. Sala rassemble les pétrifications des collines du Vicentin, puis on voit se former de nombreuses collections, telles que celles d'Aldrovande, de Moscardi, de Setteliano, qui ne parviennent point néanmoins à détruire les préjugés, par la crainte qu'on avait de froisser les opinions générales ou les opinions intéressées toujours opposées à la manifestation de la vérité. Ce dernier motif a été certainement le plus puissant pour comprimer l'essor naturel de l'esprit humain pendant le XVIIe siècle, comme pendant le précédent.

Sténon. — Ainsi publiant, en 1667, l'anatomie de la tête

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'un Squale, et en déduisant que les Glossopètres provenaient de poissons voisins, Sténon crut devoir mettre tant de réserve dans cette opinion qu'il ne convainquit personne. Il a constaté ensuite les rapports des fossiles avec les couches de sédiment qui les renferment et la véritable origine des uns et des autres. Il a distingué le premier les couches formées dans la mer de celles déposées dans les eaux douces, ainsi que les caractères particuliers de leurs coquilles. Son explication du mode de formation des dépôts de sédiment est très-juste au point de vue mécanique et physique, comme sous celui de leur position relative et de leurs formes normales. Il en conclut que les couches qui sont actuellement perpendiculaires ou inclinées à l'horizon lui étaient parallèles à l'origine. La première cause qui les aurait ainsi placées sur la tranche aurait été une violente secousse imprimée de bas en haut, soit par l'effet de vapeurs qui tendaient à se dégager de l'intérieur, soit par la chute des strates après l'enlèvement de ceux qui leur servaient d'appui. Ces effets rendaient compte des inégalités de la surface terrestre, telles que les montagnes, les vallées, etc.

Ces changements dans la position des couches, cause première des reliefs extérieurs, non-seulement constituent l'idée fondamentale de la théorie de Sténon, mais encore sont devenus la base de celles de nos jours le plus justement en faveur, et il a fallu un siècle et demi pour faire triompher une vérité aussi simple en apparence.

Les dislocations des bancs de pierre, continue-t-il dans son *Prodrome d'une dissertation sur le solide contenu dans un autre solide*, ont frayé le passage aux sources des montagnes, à des courants d'air, à des exhalaisons fétides, à des produits de combustion, à tous les contenus des filons, tels que les minéraux déposés sur les parois et à l'intérieur des fentes, produits qui sont tous postérieurs aux roches qui les renferment et résultent de la condensation des vapeurs provenant de l'intérieur.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Après avoir ainsi exposé une théorie presque complète des phénomènes géologiques les plus essentiels, Sténon en fait l'application à la Toscane, où il distingue six périodes ou six états différents de sa surface, puis, voulant étendre ces considérations à la terre entière, il s'efforce de faire coïncider ces périodes avec le texte de la Genèse et se livre alors à des hypothèses purement gratuites qui ont seulement pour but, comme il le dit lui-même, d'empêcher qu'on ne s'effraye d'une manière de voir si nouvelle.

Scilla. — Dans sa *Vana speculazione disingannata dal senso* (1670), Scilla stigmatise les préjugés et les erreurs de son temps. Il y rassemble et représente une grande quantité de fossiles : coquilles, bivalves et univalves, oursins, polypiers, poissons, etc., en attribuant le tout, comme F. Colonna, au déluge de Noé. G. Quirini, au contraire, nie ouvertement que le déluge ait été universel et que les coquilles aient pu être ainsi transportées par les eaux sur les montagnes. Elles n'auraient pu d'ailleurs vivre dans de pareilles conditions. En 1688, d'énormes ossements ayant été découverts à Vitorchiano, sur le territoire de Viterbe, Campini, qui avait fait mouler les pièces correspondantes d'un squelette d'Éléphant de la galerie de Médicis, à Florence, s'assura que ces os ne provenaient point de races de géants, comme on le prétendait, mais bien d'un Éléphant fossile, et qu'il en était sans doute de même de tous les restes des grands mammifères cités dans diverses localités. Ce fut la première observation d'anatomie comparée appliquée à la connaissance des vertébrés fossiles. Vers la fin de ce siècle, Ramazzini assignait aux sédiments de la plaine du Pô la même origine que les prêtres de Memphis attribuaient au delta du Nil.

Pendant le XVe siècle, les erreurs avaient été moins systématiques peut-être, moins généralement soutenues que dans les deux suivants, où le petit nombre d'idées justes qui se font jour çà et là sont impuissantes pour combattre la masse des erreurs qui prenaient leur source dans des textes mal

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

interprétés. La principale occupation des savants d'une de ces périodes était de combattre les préjugés de ceux de la précédente, puis de leur en substituer d'autres qui étaient attaqués à leur tour. Les uns luttaient, Aristote à la main, les autres en s'appuyant sur la Bible. L'autorité régnant partout, son contrôle tenait lieu de faits, d'observations et de démonstrations. Les phénomènes de la nature s'expliquaient par des causes surnaturelles, c'est-à-dire qu'on n'expliquait rien.

Dix-huitième siècle. — Vallisnieri, Zannichelli, Spada, etc. — Avec le XVIIIe siècle, l'étude des fossiles commence à prendre une meilleure direction, et Vallisnieri (1721), portant ses vues plus loin, s'occupe de la géologie de l'Italie. Il trace la disposition générale des dépôts marins, fait voir comment ils s'étendaient dans le Frioul, le Vicentin, le Véronais, les territoires de Reggio, de Modène, de Bologne, le long de la Romagne, puis au midi dans les environs de Messine, sur le versant méridional le long de l'Apennin, en Toscane, etc. L'auteur conclut de tous ces faits qu'à une certaine époque la mer occupait cette surface, qu'elle y séjourna longtemps et que cette circonstance fut tout à fait indépendante de la catastrophe passagère du déluge de Noé. D'autres recherches du même naturaliste suivirent celles-ci, et Zannichelli et Spada marchèrent sur ses traces. Ce dernier, dans un dessin du mont Bolca, fit voir les relations qui existaient entre les couches à poissons et celles à Nummulites, de même que Piccoli publia une carte (1739) où se trouvaient indiquées les localités les plus riches en pétrifications variées, comme on disait alors. Ainsi commence à se manifester le besoin de relier entre elles les données paléontologiques et naissent les premières indications de cartes géologiques.

Coquilles microscopiques. — Beccari, Plancus, Soldani. — Nous aurons souvent occasion de revenir sur l'un des résultats les plus remarquables que nous ait fait connaître l'étude des fossiles des diverses classes, comparés relativement à leur importance dans la composition des couches de sédiment,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

savoir : que, parmi les végétaux comme parmi les animaux, ce sont les plus inférieurs qui jouent constamment le plus grand rôle; on conçoit dès lors tout l'intérêt que les êtres microscopiques ont aux yeux du géologue. Or, c'est dans la période qui nous occupe que les animaux marins, dont la petitesse permet à peine la distinction à la vue simple, ont trouvé en Italie leurs premiers historiographes. Cette branche si importante des sciences naturelles s'y est développée en même temps pour les animaux vivants et pour les fossiles, par suite de cette circonstance : que les sables des plages de l'Adriatique, autour de Rimini, en sont presque exclusivement composés et que les marnes sableuses tertiaires des collines sub-apennines en renferment une prodigieuse quantité. Trois naturalistes ont consacré une partie de leur vie à cette étude toute spéciale et nous ont laissé dans leurs ouvrages de vrais modèles de patience. Ce sont Beccari, Plancus et Soldani.

Le premier, vers 1729, fut le créateur de cette nouvelle conchyliologie, en décrivant d'abord une petite coquille cloisonnée, à laquelle Linné donna le nom de *Nautilus Beccarii*. L'enroulement de sa spire dans un même plan et ses divisions transverses lui donnaient une certaine ressemblance avec les coquilles de mollusques céphalopodes, telles que les Ammonites et les Nautiles, et, pendant plus d'un siècle, ce rapprochement fut admis. Beccari en compta plus de 1500 dans deux onces de sable.

Dix ans après, G. Bianchi, plus connu sous le nom de Plancus, annonça qu'il avait trouvé, sur la plage de Rimini, l'analogue vivant de la petite corne d'Ammon fossile, et que ses dimensions étaient telles qu'il en fallait 130 pour faire un poids égal à celui d'un grain de blé. Il en détermina un grand nombre d'autres espèces toujours classées avec les Nautiles et les autres céphalopodes cloisonnés. Plus tard, Soldani, appliquant aussi la loupe à l'examen des argiles, des tufs et des sables du Volterrais, du val d'Arno, de Cosentino, de la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Maremme, des environs de Florence, d'Arezzo, etc., y trouva les éléments de deux ouvrages importants sur ce sujet : l'un publié en 1780, accompagné de 25 planches, l'autre, de 1789 à 1797, avec 179 planches. Il fait remarquer que ces petits corps ne sont point les jeunes d'espèces qui grandissent avec l'âge, mais sont parfaitement adultes. Il n'a point, d'ailleurs, assigné de noms particuliers à ces formes si variées, décrites et représentées avec soin, et même groupées suivant certaines analogies assez naturelles. Les diverses espèces occupent en outre des profondeurs différentes, ce qui explique, ajoute-t-il, pourquoi celles qui sont fossiles ne se trouvent pas non plus mélangées indifféremment dans toutes les couches.

Théories de Lazzaro Moro et d'Arduino. — La géologie reçut en Italie, vers le milieu du XVIIIe siècle, une assez vive impulsion, par suite des idées théoriques de Lazzaro Moro, et plus encore par les observations d'Arduino.

Dans son système publié en 1740, Ant. Lazzaro Moro attribue à des explosions sous-marines, fréquemment répétées, la formation des montagnes et des plaines, ainsi que celle des îles, et combat les hypothèses diluviennes des anglais Burnett et Woodward. L'apparition des petites îles de Santorin semble avoir servi de point de départ à cette théorie. Suivant l'auteur, le globe fut primitivement entouré d'eau. Le troisième jour de la création, la croûte qui constituait le fond de la mer fut soulevée çà et là, et les montagnes primitives résultèrent de ces mouvements. Leurs roches ne renferment point de fossiles. Plus tard, il s'éleva de l'intérieur de la terre des torrents de lave et d'autres substances qui s'accumulèrent au fond de la mer et qui furent à leur tour soulevés par les mêmes agents. Avec ce second phénomène furent apportés le sel, le soufre, le bitume, etc. Par suite, les eaux devinrent salées, les animaux s'y développèrent, la terre se peupla vers le même temps, et les éruptions ignées, continuant à se produire, donnèrent lieu aux alternances de dépôts sédimentaires et pyrogènes, que l'on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

observe en effet dans le voisinage des volcans. Ces idées, malgré leur peu de vraisemblance et le petit nombre de faits qui pouvaient les appuyer, eurent un grand retentissement.

En 1759, G. Arduino divisa les montagnes du Padouan, du Vicentin et du Véronais en *primitives*, *secondaires* et *tertiaires*, suivant la nature de leurs matériaux constituants, leur position inférieure ou supérieure et les différentes époques de leur formation.

Les *montagnes primitives* sont composées de schistes, qui s'étendent sous les montagnes calcaires, et sont par conséquent plus anciennes. Ces schistes micacés, quelquefois luisants, traversés par des veines de quartz, sont par places flexueux et ondulés. Cette dénomination de *primitive* est ici purement relative au pays observé; car si, comme Arduino le supposait lui-même, il y avait du granite au-dessous, c'est à ce dernier qu'elle devrait être réservée.

Les *montagnes secondaires* sont formées pour la plupart de calcaires compactes, en couches suivies, et renfermant des restes de corps organisés. Ces couches diffèrent les unes des autres par leur dureté, la finesse de leur grain, leur composition, leur teinte, et par les espèces de corps marins qu'elles recèlent, car, suivant l'auteur, il n'y en aurait que d'une seule dans chacune d'elles.

On reconnaît dans les Alpes secondaires cinq lits distincts ou divisions principales surmontées par la *scaglia*. Cette dernière est un calcaire rempli de cailloux de diverses couleurs, irrégulièrement disséminés, qui s'enfonce d'un côté sous les montagnes tertiaires et s'appuie de l'autre sur les pentes des montagnes volcaniques du Padouan. Elle semble avoir été soulevée par les éruptions de roches ignées, qui se sont fait jour à travers, et, ayant été détruite çà et là, elle manque par places à la surface des Alpes calcaires.

Arduino a remarqué sur ces dernières et à leur sommet des blocs plus ou moins volumineux de granite, de quartz

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et de talcschistes, provenant des véritables montagnes primitives du Tyrol, situées au nord-ouest, et complétement étrangers aux roches des environs. Ces blocs sont à une grande élévation au-dessus du niveau de la mer, et l'auteur insiste sur l'impossibilité qu'ils aient été transportés et déposés par l'action des cours d'eau actuels. Il ne propose d'ailleurs aucune explication de leur présence et de leur position si loin de leur origine. Ce sont des *blocs erratiques* que nous retrouverons de l'autre côté des Alpes et dont le mode de transport a si souvent exercé la sagacité des géologues.

Les *montagnes tertiaires* ou collines peu élevées, formées de petites couches de pierres à chaux, qui renferment des fossiles et des lits de sable et d'argile, sont plus récentes que les secondaires et reposent en partie dessus et en partie à côté. Elles remplissent d'anciennes vallées et sont encore placées à des hauteurs considérables. Leurs matériaux proviennent des montagnes secondaires, et, comme celles-ci, elles ont éprouvé des bouleversements et des changements occasionnés par les volcans, dont les produits ont enveloppé des fragments de roches avec des fossiles. Les monts Berici, près de Vicence et les collines de Montecchio, sont célèbres par leurs débris organiques. Arduino donne des détails très-circonstanciés sur la colline de Brendola, non loin de Vicence, sur la vallée de Ronca, où les fossiles s'observent dans les calcaires, au milieu des produits volcaniques, sur les plantes, les coquilles et les poissons des environs du mont Bolca, etc.

Dans les *montagnes volcaniques*, les alternances de produits ignés et de dépôts sédimentaires coquilliers ont été parfaitement observées et décrites, « et, ajoute l'auteur, cette « succession de révolutions dues au feu et à l'eau a, sans « contredit, occasionné une grande confusion et un mélange « surprenant de dépôts sous-marins et de produits volcani- « ques, comme dans les montagnes des environs de Ronca. »

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Si l'on trace actuellement, du N.-O. au S.-E., une coupe des Alpes du Vicentin aux monts Euganéens, en y introduisant les données fournies par Arduino, non-seulement cette coupe sera très-facile, mais encore on sera frappé de l'analogie du résultat avec celui que l'on obtient d'après les observations les plus récentes, ce qui est la meilleure démonstration de la sagacité de l'auteur, qui appliquait ainsi, en 1759, au nord de l'Italie, des principes plus justes encore et plus précis que ceux de Sténon relativement à la Toscane, un siècle auparavant. Ces principes sont tout à fait conformes à ceux que nous suivons aujourd'hui, de sorte que la géologie stratigraphique, dans ce qu'elle a de plus important, avait été parfaitement comprise de ce côté des Alpes à l'époque dont nous parlons.

Ferber. — Vers le même temps, Ferber, minéralogiste suédois, les appliquait également dans sa description des différents massifs de terrains observés pendant ses voyages de Venise à Inspruck et de Vienne à Venise. Il remarqua très-bien que la série des roches calcaires, schisteuses et granitiques vers l'axe de la chaîne, se reproduisait dans le même ordre sur ses deux versants.

Matani, Schiavo, Donati, Targioni. — D'autres travaux moins importants succédèrent à ceux-ci vers le commencement de la seconde moitié du XVIIIe siècle. Matani s'occupe des environs de Pistoie, Schiavo de la Sicile, et Donati de la formation des dépôts dans les mers actuelles, des fossiles de l'Istrie, des ossements de mammifères de Rogosniza, de Sebenico, etc. Targioni, dans ses voyages en Toscane, s'occupe aussi des fossiles de ce pays et signale les nombreux ossements de grands mammifères (ruminants, solipèdes, carnassiers et pachydermes) du val di China, du val Ombrosa et surtout du val d'Arno inférieur et supérieur. Baldassari reconnaît que dans les couches du Siennois les restes organiques ne sont pas mélangés confusément, mais au contraire distribués suivant un certain ordre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Allioni, Odoardi, etc. — Dans son oryctographie piémontaise, C. Allioni a, le premier, traité de la conchyliologie fossile restreinte à une partie déterminée de l'Italie. J. Odoardi a traité des fossiles marins du Feltrino, mesuré les montagnes à l'aide du baromètre, distingué les débris organiques des marnes cendrées de ceux du calcaire rouge rempli de cornes d'Ammon, etc. De la différence de direction des bancs calcaires et des bancs de grès il conclut leur différence d'âge, et attribue les déplacements du lit de la mer à un changement survenu dans la position de l'axe de la terre, opinion déjà ancienne, comme on l'a vu. Vito Amici, en démontrant le peu de fondement de l'hypothèse de Lazzaro Moro, signale, à la base de l'Etna, du côté de Catane, sous d'anciens courants de lave, des dépôts marins avec des cailloux roulés. Ferrara ajoute de nombreux faits du même genre observés dans ce pays, de sorte que les alternances de produits ignés et de sédiments marins se trouvent constatées dans les dépôts plus anciens du nord de l'Italie, à peu près en même temps qu'elles l'étaient au sud dans des roches plus récentes.

Nous ne pouvons que mentionner ici les noms de Zannoni, de Bastiani, de Passari, de Bartolini, de G. de Viano, d'Alloati, de Gualandria, etc., qui s'occupèrent des fossiles du nord de la péninsule, de Schilling, de Ricomanni, de Callisto Benigni et de Cermelli, qui s'occupèrent de ceux des environs de Rome, de Spallanzani, qui décrivit les côtes de la Ligurie, les calcaires des environs de Messine, les fossiles de plusieurs autres provinces, et signala de nombreux ossements enveloppés dans un ciment marneux rougeâtre, constituant une brèche dans l'île de Cérigo (l'ancienne Cythère). Boccone et Volta, puis l'Amoretti, ont dirigé leurs recherches dans le Plaisantin et le Parmesan.

A. Fortis. — De 1764 à 1802, Albert Fortis a publié de nombreux mémoires sur la géologie et les fossiles du nord de l'Italie et des contrées voisines; mais le manque de méthode dans ses recherches, la légèreté de ses conclusions et les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

idées paradoxales émises çà et là, ont ôté à ses études, aussi multipliées que variées, une partie du mérite qu'elles auraient pu avoir si elles avaient été dirigées dans un meilleur esprit.

L'examen des collines de Montegalda dans le Vicentin porta Fortis vers la théorie des *vulcanistes*, ou des *plutonistes*, comme on disait alors. Il croyait que les coquilles du calcaire de ce pays y avaient été ensevelies par suite d'éruptions volcaniques sous-marines. Plus tard il étudia les collines du Vicentin, de Brendola, de San-Vito, de Gramona, de Creazzo, de Ronca, du val d'Astico, et partout constata la fréquence des débris organiques dans les couches. Une édition française des *Mémoires* de Fortis, publiée en 1802, renferme aussi un travail particulier sur les *Discolithes*, nom par lequel il désignait les pierres numismales ou lenticulaires connues de l'antiquité et avec lesquelles il associe sans motifs les corps les plus dissemblables.

S. Volta. — Comme plusieurs de ses prédécesseurs, Fortis s'était occupé des poissons fossiles des environs du mont Bolca, et leur avait trouvé, avec des espèces des mers du Sud d'où il les faisait provenir, des analogies qui furent niées par Testa. Mais Séraphin Volta, en reprenant ce sujet intéressant avec des matériaux infiniment plus nombreux, publia en 1788, sous le titre d'*Ittiologia veronese*, un magnifique ouvrage, où sont représentées, toutes de grandeur naturelle, cent vingt-trois espèces de poissons, et qui est encore la plus belle monographie ichthyologique locale qui existe dans la science. Les conclusions zoologiques déduites de l'étude de ces espèces, savoir que douze seulement sont aujourd'hui inconnues et que toutes les autres se retrouvent dans les mers actuelles des diverses parties du globe, n'ont pas été admises par les naturalistes les plus spéciaux de nos jours, qui ne reconnaissent pas qu'aucune de ces espèces ait son analogue vivante.

Ossements de grands mammifères. — Les ossements fossiles de grands mammifères attirèrent particulièrement l'attention

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de J. Cortesi. Il fit connaître ceux des pachydermes et des cétacés découverts dans les sables jaunes supérieurs et les marnes bleues sub-apennines. Des restes d'Éléphant, qui avaient été recueillis dans le voisinage de Rome, furent découverts aussi sur le mont Pulgnasco, à quelques lieues au nord de Plaisance. Les os fort nombreux et dont on chargea six mulets étaient d'ailleurs presque à fleur du sol, et une tête de Rhinocéros trouvée tout à côté, dans les mêmes conditions, vint à propos protester contre la supposition que l'on aurait pu faire que l'Éléphant était un de ceux qu'Annibal avait amenés dans le pays, cette localité étant en effet peu éloignée du point où le général carthaginois passa la Trébia.

Les restes de cétacés ont été trouvés généralement à un niveau plus bas et dans des couches différentes, celles de marnes bleues, dans la colline de Torazza, voisine de la précédente. C'étaient un squelette presque entier de Dauphin, et sur la pente du mont Pulgnasco, à deux cents mètres au-dessous de son sommet, dans une argile bleue remplie de coquilles marines, un squelette, aussi presque entier, du sous-genre des Rorquales. Des dents de Mastodontes ont été aussi rencontrées sur divers points du Frioul, du Vicentin, dans le district du Tanaro et dans celui du Bacchiglione. Les ossements de grands pachydermes du Val d'Arno furent encore l'objet des recherches particulières de Nesti.

A la fin du XVIIIe et au commencement du XIXe siècle, deux savants très-distingués viennent clore cette longue liste de naturalistes italiens qui avaient concouru aux progrès de la géologie et de la paléontologie de la péninsule : ce sont Breislak et Brocchi.

S. Breislak. — Le premier, né à Rome en 1748 et mort en 1826, s'est beaucoup plus occupé dans ses recherches des phénomènes d'origine ignée que des dépôts formés au fond des eaux, mais il n'a pas laissé que de donner sur ces derniers des observations intéressantes. Ses voyages physiques et lithologiques dans la Campanie, suivis d'un mémoire sur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la constitution physique de Rome, la description des anciens champs phlégréens, de leurs produits minéralogiques, etc., sont remplis de faits précieux pour l'histoire de la science et témoignent de la sagacité et de l'instruction profonde de l'auteur.

Dans son *Introduction à la Géologie ou à l'Histoire naturelle de la terre,* travail écrit dans un excellent esprit, Breislak dit (p. 97) : « La surface extérieure du globe, en se conso-
« lidant par le refroidissement et en se resserrant dans un
« moindre volume, comprimait la masse interne encore fluide
« qui devait réagir de son côté, et, étant une matière plus
« homogène et plus dense que celle qui formait la couche
« superficielle, elle a dû la soulever et la déchirer : voilà donc
« l'ordre détruit! voilà donc la fin de toute régularité. Les
« couches nouvellement consolidées et qui étaient contiguës,
« parallèles et horizontales, sont soulevées et déchirées;
« quelques-unes deviennent inclinées, d'autres perpendicu-
« laires; beaucoup se détachent et se séparent entre elles;
« la matière interne encore fluide, s'étant ouvert un chemin
« par les déchirures, s'insinue dans les intervalles formés par
« l'éloignement réciproque des couches, et, si son dégorge-
« ment eût été assez abondant, elle pouvait se répandre même
« à la superficie. Il n'est pas possible de déterminer les acci-
« dents et les combinaisons qui peuvent arriver dans cette
« opération dirigée uniquement par le hasard; et, si l'hypo-
« thèse n'explique pas les grands phénomènes de la super-
« ficie du globe, il me paraît qu'elle peut au moins suffire
« pour les représenter. »

Ce passage et le suivant (p. 101) expriment bien nettement les idées qui ont servi de base à une théorie beaucoup plus récente. Malheureusement Breislak ne les a appliquées qu'à la première période du refroidissement de la terre, et n'ayant pas songé, ou les études et les connaissances d'alors ne lui ayant pas fourni les données nécessaires pour les appliquer à des périodes subséquentes, il n'a point tiré parti

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de tout ce qu'elles avaient de fécond pour expliquer la formation des rides moins anciennes de l'écorce terrestre, et par suite la théorie stratigraphique et chronologique des chaînes de montagnes. Quant aux accidents et aux combinaisons résultant de ces phénomènes dynamiques et qu'il croyait dirigés au hasard, on s'est attaché depuis à en retrouver les lois.

Comme dans la plupart des ouvrages généraux du commencement de ce siècle, Breislak énumère dans celui-ci tous les fossiles connus alors depuis les Éléphants, les Mastodontes, le *Megatherium*, le *Megalonyx* jusqu'aux polypiers; mais comme, dans ces traités aussi, il mentionne à peine les restes d'invertébrés et cite seulement quelques végétaux, ce qui prouve qu'il ne comprenait pas encore toute l'importance de ces débris organiques relativement à la géologie. Ses réflexions sur leur distribution et les hypothèses qu'il émet à ce sujet, après avoir rappelé celles de ses prédécesseurs et de ses contemporains, montrent bien aussi que Breislak, observateur exact, fort instruit et d'un jugement droit, n'était pas, à bien des égards, plus avancé que les naturalistes de son temps, et que les idées déjà répandues en Allemagne, en Angleterre et dans son propre pays, n'avaient pas réagi efficacement sur ses vues théoriques.

G.-B. Brocchi. — Né à Bassano en 1772, G.-B. Brocchi, visita plusieurs fois l'Italie dans ses diverses parties, ainsi que les îles qui en dépendent, et il publia dans de nombreux mémoires les résultats de ses recherches. Il visita l'Égypte et le Liban en 1823, fut attaché en qualité d'ingénieur au roi du Sennaar et mourut à Chartum des suites de fatigues et de l'influence du climat, le 23 septembre 1826, la même année que l'Italie perdait Breislak.

L'ouvrage le plus important de Brocchi, celui qui renferme l'ensemble de ses recherches, est sa *Conchyliologie fossile sub-apennine*, accompagnée d'observations sur les Apennins et les contrées adjacentes. L'auteur y sépare et distingue, par leurs caractères à la fois stratigraphiques ou de super-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

position, pétrographiques et paléontologiques, les roches de l'Apennin proprement dit, que l'on pouvait regarder toutes alors comme *secondaires*, ainsi que l'avait remarqué de Saussure en 1776, des *dépôts tertiaires* plus récents qui les bordent de part et d'autre de la chaîne.

Après un excellent discours sur les progrès de l'étude de la conchyliologie fossile en Italie, discours auquel nous avons fait de nombreux emprunts dans ce qui précède, Brocchi donne, dans le premier chapitre, une esquisse générale de la structure du haut Apennin; dans le second il traite de la constitution physique des collines sub-apennines, et le troisième est consacré à montrer l'analogie du sol des autres pays avec celui de ces mêmes collines, ainsi qu'à une digression sur la plaine de la Lombardie, avec la preuve de l'accroissement du littoral le long de la péninsule.

En traitant ensuite des coquilles fossiles des dépôts subapennins, il fait remarquer leurs associations et la distribution particulière des espèces, les analogies, les différences qu'elles présentent avec les coquilles vivantes soit de la Méditerranée, soit des mers éloignées. Parmi les espèces fossiles qui ont encore leurs analogues vivants, Brocchi reconnut qu'il y en avait beaucoup plus dans la Méditerranée et dans l'Adriatique que dans les mers extérieures, et en comparant cette faune des collines sub-apennines avec celles du bassin tertiaire de la Seine, surtout en considérant certains genres particuliers, tel que celui des Cérites, et l'absence de certains autres, il fait ressortir les différences profondes que montrent ces diverses associations de fossiles. Mais le vrai motif de ces dissemblances lui échappe encore, et, au lieu de les attribuer à la différence des temps, il les attribue à la différence des lieux géographiques ou d'*habitat*.

Les dépôts d'origine lacustre ou d'eau douce ont aussi été l'objet d'études particulières. Tels sont ceux du mont Carlo, dans le val d'Arno supérieur, de Stagia, non loin de Sienne, de la plaine de Sarteano, dans le val di Chiana, où un tuf

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rempli de coquilles d'eau douce recouvre les marnes marines.

Dans le chapitre v, l'auteur s'occupe des autres fossiles marins, puis des restes de grands mammifères terrestres, de cétacés et de poissons, rappelant toutes les localités où ont été trouvés des débris d'Éléphants, de Mastodontes, de Rhinocéros, d'Hippopotames, d'Urus, d'Élans, de Cerfs, etc.

Le chapitre vi, consacré à des remarques sur la disparition des espèces, mérite surtout de fixer l'attention par les vues philosophiques qu'on y trouve exposées avec autant d'élégance que de profondeur. Ainsi Brocchi fait voir que les espèces de coquilles ou d'autres animaux inférieurs ont disparu, aussi bien que celles des organismes les plus élevés. Il démontre facilement que les hypothèses de catastrophes, du retrait brusque des mers, que toutes ces machines à effet, dues à l'imagination des anciens auteurs, bien plus qu'à l'observation attentive de la nature, n'expliquaient rien en réalité, c'est-à-dire l'extinction de certaines espèces, la persistance de certaines autres pendant que de nouvelles formes apparaissaient à leur tour.

« Quant à moi, dit-il (p. 409), je crois qu'il est tout à « fait superflu de faire tant de frais d'invention et de sup- « poser tant de causes accidentelles et particulières pour « expliquer un fait qu'on peut croire dépendre d'une loi géné- « rale et constante (*da una legge generale e costante*). Pour- « quoi donc, continue-t-il, n'admettrait-on pas que les espèces « s'éteignent, comme les individus, et qu'elles ont, comme « ceux-ci, une période fixe pour la durée de leur existence? « Rien n'est permanent sur la terre, et la nature y conserve « son activité dans le même cercle, mais avec des modifica- « tions incessantes. »

Un laps de temps déterminé a dû être assigné à la vie de l'individu, et ce temps, très-variable dans ceux d'une même espèce, l'est plus encore lorsque l'on considère des espèces différentes, animales ou végétales. L'accroissement et la durée

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des corps organisés sont prévus, limités, restreints à une certaine quantité de force développée. Que ce principe s'applique à une Monade ou à un Éléphant, à un cryptogame ou à un Baobab, la loi est partout et pour tous la même.

La nature suit toujours des proportions de grandeur et de temps dont elle ne s'écarte pas dans un sujet donné. S'il y a quelques déviations apparentes au principe, c'est plutôt pour abréger que pour étendre les limites posées. Aussi Brocchi suppose-t-il que l'espèce a dû être douée, dans l'origine, d'une certaine quantité de forces vitales qui, après avoir acquis son maximum de développement, s'est graduellement affaiblie jusqu'à ne pouvoir plus se reproduire dans les derniers germes.

Il y a, dans ces idées du savant italien, un rapport frappant avec ce que nous offre l'étude des faunes anciennes; mais il s'appuie sur des preuves contestables, en prenant pour des espèces en voie de décroissement et d'affaiblissement des animaux réellement distincts, et, sous ce rapport, sa théorie serait précisément l'inverse de celle du perfectionnement graduel qu'on soutient encore de nos jours, malgré tant de preuves contraires.

Brocchi établit la distinction fondamentale des fossiles contenus dans les calcaires solides des pays de montagnes, et dont toutes les espèces sont inconnues aujourd'hui (Bélemnites, Ammonites, Gryphites, Dicérates, Térébratules, etc.), d'avec ceux des dépôts meubles plus récents des collines et des plaines, dont un grand nombre ont encore leurs analogues vivants, et dont les espèces perdues conservent néanmoins une grande ressemblance avec celles de nos jours.

Qu'il y ait, dit plus loin l'auteur (p. 418), une relation entre l'âge des couches et la nature des espèces, et que les premières soient d'autant plus anciennes qu'elles renferment un plus grand nombre de coquilles, différentes de celles que nous connaissons, c'est un fait évident qui a déjà été attesté par beaucoup de naturalistes. Or ce fait, évident pour Brocchi

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et sur lequel repose un des principes de la science moderne, était, en réalité, bien moins répandu qu'il ne le croyait et parfaitement ignoré de ce côté des Alpes, comme nous le dirons en exposant les doctrines professées alors dans nos grands établissements publics.

Volcans et tremblements de terre. — Les phénomènes volcaniques de l'Italie n'ont pas laissé non plus que d'attirer l'attention des observateurs et de donner lieu à de nombreuses publications. Ainsi Sorrentino donna, en 1734, une histoire du Vésuve, comme de la Torre, de 1755 à 1768; Gioeni, sa lithologie vésuvienne; sir W. Hamilton, des notes sur les champs phlégréens, de 1776 à 1779; Ferber, des lettres au chevalier de Born, 1772; de Dolomieu, ses voyages aux îles Lipari en 1783, aux îles Ponces en 1778; L. de Buch, ses voyages géognostiques en 1809, où l'illustre géologue traite des volcans du Latium et de la Campanie avec cette clarté et cette élévation de vues qui caractérisent son talent; la formation du *Monte Nuovo*, le 29 septembre 1538, avait aussi donné lieu à plusieurs publications particulières, telles que la relation de Marco Antonio delli Falconi à la marquise della Padula, 1538; celle du père G. de Toledo, Naples, 1539, etc.

Les phénomènes volcaniques de la Sicile, qui avaient tant préoccupé les naturalistes de l'antiquité, n'ont pas moins intéressé ceux du siècle dernier. Ainsi Brydone, dans son voyage publié en 1774, de Borch, dans sa minéralogie sicilienne (1780) et ses lettres sur la Sicile et Malte, Spallanzani (voyages dans les deux Siciles), Recupero, dans son histoire naturelle de l'Etna (1815), Ferrara, Gemmellaro, Moricand, Brocchi, etc., ont apporté de nombreux matériaux, mais sans avancer beaucoup la théorie de ces phénomènes; aussi ne nous y arrêterons-nous pas davantage.

Il en sera de même, malgré leur intérêt descriptif, des données historiques sur les tremblements de terre de la péninsule, publiés par Vicenzo, en 1688, de celles de Viven-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

zio, relatives aux commotions de la Calabre, en 1783 et 1787, de Dolomieu, sur le premier de ces phénomènes, etc.

RÉSUMÉ.

Tel est le tableau succinct des recherches et des idées apportées dans le domaine de la science par les naturalistes italiens, depuis la Renaissance jusque vers 1815; elles sont nombreuses, et la masse des données vraiment utiles qui en résulte est très-considérable. Bien que le dernier des représentants de la paléontologie stratigraphique, dont nous venons de parler, ait certainement saisi le principe de la théorie des terrains de sédiment, l'application en était encore trop vague et trop peu arrêtée pour qu'on pût le regarder comme réellement établi.

Mais, comme pour leurs prédécesseurs, ne nous en prenons pas au manque de sagacité des savants de ce pays; ils ont fait tout ce qu'ils pouvaient faire alors avec ce qu'ils avaient sous les yeux. Distinguer plusieurs formations tertiaires et secondaires, séparer celles-ci des dépôts plus anciens encore, c'était à ce moment une tâche impossible et qui devait échoir à des régions mieux favorisées, où ces distinctions se présentent en quelque sorte d'elles-mêmes à l'observateur un peu attentif. Or ces circonstances ne se trouvaient point dans la péninsule italique, surtout dans ses régions montagneuses où l'on ne pouvait, nous le répétons, voir autre chose que ce qu'avaient vu Brocchi et ses prédécesseurs.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE III.

§ 1. DES ALPES ET DE LA SUISSE.

Les Alpes orientales des provinces Illyriennes, de la Carniole, de la Carinthie et de l'Istrie ont été l'objet d'un travail considérable, publié, de 1778 à 1789, par Balthasar Hacquet, et accompagné de nombreuses planches de coupes et de cartes. Cet ouvrage, particulièrement technique, est consacré à l'exploitation et à la recherche des mines du pays plutôt qu'à son histoire naturelle proprement dite. Aussi n'y trouve-t-on mentionnés que peu de fossiles, et le petit nombre de ceux qu'on y a figurés, peu reconnaissables d'ailleurs, semblent provenir de terrains anciens.

Sur le versant opposé au nord-ouest des Alpes, la Suisse a été dans les derniers siècles, comme elle l'est encore aujourd'hui, une terre féconde en naturalistes. La variété et la richesse de ses productions végétales et minérales, la grandeur et la magnificence des tableaux que la nature y déploie, stimulant sans doute l'esprit naturellement investigateur de ses populations, ont inspiré ces nombreux ouvrages qui, dès 1716, ont fait dire à Scheuchzer, l'un de ses enfants les plus dévoués, l'un de ses écrivains les plus laborieux : *Dignissima est præ multis aliis terris Europæis Helvetia nostra, quæ curiosorum naturæ lustretur oculis physicorum et historicorum exerceat pennas.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

C. Gesner, Wagner, Langius. — Dès 1565, Conrad Gesner, l'une des plus grandes et des plus majestueuses figures de la Renaissance, dont l'immensité du savoir et l'énergique volonté, unies à la profondeur et à la variété des vues, imprimèrent nécessairement une forte et vive impulsion aux idées de son temps, C. Gesner, disons-nous, publie ses remarques sur les pétrifications, mais sans se prononcer sur leur origine. Il figure divers fossiles, tels que des crinoïdes, donne le premier dessin d'un corps que nous verrons Agricola désigner sous le nom de *Bélemnite*, mentionne les *pierres judaïques* (baguettes de Cidaris), des *Glossopètres* (dents de Squales), etc.

Peu après, J. Wagner réunit les matériaux connus alors sur l'histoire naturelle de la Suisse, et Lang, Langy ou Langius, fait représenter un assez grand nombre de fossiles des environs de Lucerne, accompagnés d'observations peu propres à en faire connaître les vrais caractères. Mais personne plus que Jean-Jacob Scheuchzer n'eut le droit d'exprimer la pensée que nous avons rapportée plus haut.

J.-J. Scheuchzer. — Né à Zurich en 1672, il ne cessa, pendant près de cinquante ans, de publier ses observations sur les diverses parties de l'histoire naturelle d'un pays qu'il avait exploré en tous sens et sous tous les points de vue. Précurseur de Bénédict de Saussure, il eut le même dévouement et la même constance dans ses recherches, mais tous deux étaient arrivés avant le temps où elles pouvaient réellement porter leurs fruits. Ni l'un ni l'autre, avec des mérites différents et une instruction en rapport avec l'époque où ils vécurent, ne trouvèrent la raison des phénomènes contre lesquels leur obstination se heurtait en vain. Nous verrons qu'il fallait chercher à se rendre compte de la règle avant de vouloir expliquer l'exception, et que les caractères physiques du pays qui les entourait les influencèrent à leur insu sans leur apporter aucune lumière propre à les éclairer.

L'ouvrage de Scheuchzer qui le fit le plus connaître est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

celui qu'il publia en 1708, sous le titre de *Piscium querelæ et vindiciæ*. Dans cette sorte de prosopopée allégorique, l'auteur fait parler les poissons fossiles pour se plaindre d'avoir été victimes du déluge universel, bien que fort innocents des crimes qui l'avaient motivé. Ils se plaignent aussi de l'injustice des hommes qui ne veulent pas les reconnaître aujourd'hui pour les ancêtres des poissons actuels et qui les rabaissent au point de les reléguer parmi les *pierres brutes*. Ce travail, à part la forme, que justifient les idées du temps, avait un intérêt réel par ses planches qui représentent, d'une manière très-reconnaissable, les poissons ou ichthyolites de la plupart des localités les plus célèbres aujourd'hui, tels que ceux des schistes cuivreux du Mansfeld, des couches jurassiques supérieures de Pappenheim, en Bavière, ou d'Altdorf, ceux du groupe nummulitique du mont Bolca, de Glaris, des couches plus récentes d'OEningen, etc. Ce livre a été traité légèrement par les zoologistes de nos jours, qui l'ont jugé au point de vue de la science moderne. Sans doute, la méprise de Scheuchzer sur la Salamandre fossile d'OEningen, qu'il décrivit sous le titre d'*Homo diluvii testis*, et que Cuvier remit à sa vraie place, est peu excusable de la part d'un médecin, mais cela ne doit pas faire méconnaître tout ce qu'on lui doit à d'autres égards, ni les idées sous l'empire desquelles il écrivait.

C'est ainsi qu'au milieu d'expressions diffuses et de cette phraséologie qui caractérise l'époque, on trouve des remarques judicieuses et originales sur des sujets traités souvent depuis avec beaucoup moins de sagacité. Dans son *Specimen lithographiæ Helvetiæ curiosæ* et dans ses *Miscellanæa curiosa*, par exemple, il s'est beaucoup occupé des *pierres lenticulaires* ou *numismales* des cantons de Schwitz, d'Uri et de Lucerne. Or, depuis un siècle et demi que près de deux cents naturalistes ont décrit ces corps, aucun d'eux ne l'a fait d'une manière plus exacte. Le catalogue raisonné de sa collection, publié en 1716, est disposé tout aussi méthodiquement qu'on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pourrait le faire aujourd'hui. Les cornes d'Ammon, entre autres, au nombre de 149 formes distinctes, sont rangées pour la première fois dans un certain ordre. Ce travail est bien supérieur à la longue dissertation qu'avait donnée sur le même sujet Reiskius, en 1689. Les Bélemnites sont placées, par Scheuchzer, après les Astéries et les Entroques, méprise bien excusable alors. En un mot, ce catalogue a pour le temps un mérite presque égal à celui de Luidius, d'ailleurs beaucoup plus ancien et dont nous parlerons ci-après.

Dans son *Herbarium diluvianum*, ou recueil de plantes fossiles, sont énumérées et figurées une multitude d'empreintes de plantes provenant de diverses localités, et particulièrement celles du terrain houiller d'Angleterre, des dépôts lacustres d'OEningen, près de Constance, du mont Bolca, etc., sans d'ailleurs qu'il ait cherché à établir entre elles aucune différence d'âge. Ce fut en présentant cet ouvrage à l'Académie des sciences, en 1712, que Fontenelle, alors secrétaire perpétuel, dit : *Voilà de nouvelles espèces de médailles dont les dates sont, et sans comparaison, plus importantes et plus sûres que celles de toutes les médailles grecques et romaines*, phrase souvent répétée depuis et dont on a fait honneur à des naturalistes de nos jours.

J. Gesner. — Jean Gesner continua l'œuvre de Scheuchzer. On lui doit cette curieuse observation, qui n'a jamais été démentie, que les restes fossiles de radiaires (Oursins, Étoiles de mer et Encrines) se brisent toujours, en présentant dans la cassure les plans du rhomboèdre de la chaux carbonatée.

L. Bourguet. — Quoique né à Nîmes, en 1678, Louis Bourguet passa presque toute sa vie à Neuchâtel; aussi son *Traité des pétrifications* et ses *Lettres philosophiques* se rattachent surtout à l'histoire naturelle de son pays d'adoption. Dans le premier de ces ouvrages, qu'il regardait comme un complément de ceux de Langius et de Scheuchzer, il traite de tous les fossiles, depuis les éponges jusqu'aux poissons, mais sans distinction de terrain ou d'âge. Il décrit particulièrement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des crustacés de la côte de Coromandel et des poissons pétrifiés rencontrés soit en Europe, soit en Asie. La faible importance zoologique de ce travail est compensée par d'autres documents utiles. On trouve dans la préface une appréciation fort juste de l'infériorité où était la France en 1741, relativement à la connaissance des fossiles de son propre sol. Une bibliographie scientifique par nation confirme ensuite ce jugement, et l'indication de près de 400 localités des diverses régions du globe où des fossiles avaient été recueillis jusqu'alors n'est pas non plus sans intérêt.

On doit à Bourguet des remarques sur la correspondance des angles rentrants et saillants des vallées, sujet auquel on a voulu donner plus tard une importance qu'il est loin d'avoir, puis sur la composition des roches, la constance de l'épaisseur des couches dans les plissements et les redressements qu'elles ont éprouvés, enfin sur la présence, le long des pentes calcaires du Jura, de blocs de roches cristallines, semblables à ceux qu'Arduino signala quelques années après sur les sommités secondaires du versant méridional des Alpes. Mais ni l'un ni l'autre n'émet d'opinions particulières sur les traces d'un phénomène qui devait, un siècle plus tard, exercer la sagacité des géologues et donner lieu à de si vives discussions et à des hypothèses si variées.

La ville de Zurich, qui, pendant si longtemps, semble avoir eu le privilége presque exclusif d'être le centre des naturalistes suisses, et d'où sortaient leurs publications les plus importantes, commence à perdre, vers l'époque à laquelle nous arrivons, une partie de ces prérogatives au bénéfice de Genève, qui nous montre encore aujourd'hui, avec un juste orgueil, les représentants de ces familles où, depuis plus d'un siècle, la science et l'esprit sont héréditaires. Bénédict de Saussure, qui naquit dans cette ville en 1740, et J.-André de Luc, en 1727, s'avancent d'un pas plus ferme dans le champ des études de la nature en y joignant des connaissances plus étendues.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

B. de Saussure. — Par la persévérance et la multiplicité de ses recherches pétrographiques, minéralogiques, physiques et botaniques, par leur exactitude et leur précision, comme par la droiture et la modestie de son caractère qui se reflètent si bien dans ses écrits, de Saussure est une figure à part dans l'histoire des sciences naturelles; c'est une individualité qui se détache noblement de toutes celles qui l'entouraient vers la fin du XVIIIe siècle.

Le *Voyage dans les Alpes*, publié de 1786 à 1796, n'est point une œuvre de génie; cette longue et consciencieuse étude n'a point suggéré à l'auteur de ces idées fécondes qui servent de base à toute une science; mais c'est un de ces livres rares qu'on lit à tous les âges, avec intérêt et profit, et qu'on lira dans tous les temps. La pensée et les faits y sont toujours rendus dans un style naturel, simple, concis, sans digressions superflues. On sympathise avec le voyageur; on le suit avec son savant ami A. Pictet au milieu de scènes alpestres qu'il décrit toujours avec une sobriété d'expression qui n'est pas pour cela dénuée de charme ni d'élégance.

Condenser dans quelques pages le résultat de trente années d'études n'était pas une tâche sans quelques difficultés, et ces difficultés, dues à la grande quantité des matériaux accumulés dans quatre volumes in-4°, étaient encore augmentées par leur disposition même. Néanmoins, pénétré de la nécessité d'un examen approfondi si nous voulions nous rendre compte de la valeur scientifique réelle de tant d'éléments divers, nous n'avons point reculé devant la longueur de cette analyse, et nous avons exposé avec quelques détails les réflexions qu'elle nous avait suggérées[1]. Ne pouvant reproduire ici les motifs des jugements que nous avons portés, nous nous bornerons à rappeler quelques-uns des faits les plus importants et quelques-unes des idées qui montrent le mieux qu'elle était alors la direction des recherches géologiques.

1. *Cours de paléontologie stratigraphique*, première partie, p. 62, 1862.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

L'ouvrage de de Saussure se compose d'un certain nombre d'itinéraires de voyages, dirigés tantôt sur un point, tantôt sur un autre, et sans vues générales bien arrêtées. En outre, les opinions théoriques, exprimées dans les deux premiers volumes, sont assez différentes de celles qu'on trouve dans les deux derniers publiés dix ans après, car l'auteur observait et décrivait sans parti pris, sans idées préconçues, sans entêtement, et modifiait volontiers ses opinions au fur et à mesure que les faits lui en démontraient le peu de fondement. C'était le propre de son caractère; ce n'en était pas sans doute le côté le moins estimable, et, à cet égard, il est encore un très-bon modèle à suivre.

Dès les premières pages du *Discours préliminaire,* il justifie lui-même ce que nous disions tout à l'heure de Scheuchzer et de sa manière d'observer. « C'est surtout, dit-il, « l'étude des montagnes qui peut accélérer les progrès de « la théorie du globe. Les plaines sont uniformes; on ne peut « y voir la coupe des terres et leurs différents lits qu'à la « faveur des excavations, qui sont l'ouvrage des eaux et des « hommes. Or, ces moyens sont très-insuffisants, parce que « ces excavations sont peu fréquentes, peu étendues, et que « les plus profondes descendent à peine à deux ou trois cents « toises. Les hautes montagnes, au contraire, infiniment va- « riées dans leur nature et dans leurs formes, présentent au « grand jour des coupes naturelles d'une très-grande étendue, « où l'on observe avec la plus grande clarté, et où l'on em- « brasse d'un coup d'œil l'ordre, la situation, la direction, « l'épaisseur, et même la nature des assises dont elles sont « composées et des fissures qui les traversent. » On ne doit pas s'étonner qu'avec de pareilles vues, qui n'ont de spécieux que l'apparence, de Saussure ait obtenu de si faibles résultats, relativement à la chronologie générale des couches qu'il observait d'ailleurs avec beaucoup de soin.

Pour obvier à la distribution peu méthodique des matières du *Voyage dans les Alpes,* nous avons groupé les observa-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tions qui se rapportent à notre sujet, en rappelant d'abord celles qui traitent des environs de Genève et de la chaîne du Jura; puis, descendant au sud, nous les avons suivies à travers la Savoie, le long du versant méridional des Alpes, dans le Milanais, le Piémont, les environs de Gênes, de Nice, pour remonter dans la Provence et le Dauphiné. Prenant ensuite le massif du Mont-Blanc comme centre, nous y avons rattaché les parties les plus originales et les plus importantes des études de l'auteur; et, dans une troisième division, nous avons réuni les détails relatifs aux autres grands massifs de la chaîne centrale, le Saint-Gothard, le Mont-Rose et le Mont-Cervin. Cet arrangement différait peu d'ailleurs de l'ordre chronologique des excursions de de Saussure, et permettait d'apprécier les changements que l'observation de nouveaux faits apportait successivement dans ses idées.

C'est ainsi qu'après avoir admis que toutes les couches avaient été formées dans une position horizontale un peu inclinée, l'examen des strates du Mont-Salève et du Jura lui fit penser que la nature pouvait bien avoir formé des bancs très-inclinés et même perpendiculaires à la surface de la terre. Mais lorsque, retournant en 1784 pour observer de nouveau les environs de Valorsine qu'il avait vus rapidement huit ans auparavant, il remarqua les schistes gris et lie de vin remplis de cailloux arrondis ou anguleux, de diverses natures et de diverses grosseurs, disposés en couches verticales, il n'hésita plus à les regarder comme ayant dû être formés horizontalement et relevés ensuite après leur consolidation.

« Quelle est la cause qui les a redressés? se demande-t-il.
« C'est ce que nous ignorons encore; mais c'est déjà un pas,
« et un pas important, au milieu de la quantité prodigieuse
« de couches verticales que nous rencontrons dans nos Alpes,
« que d'en avoir trouvé quelques-unes dont on soit parfai-
« tement sûr qu'elles ont été formées dans une situation
« horizontale. La masse entière de cette montagne, dit-il plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« loin, élevée de 1181 toises au-dessus de la mer, a donc « été redressée par la même révolution, car toutes ses cou- « ches ont à peu près la même situation que nos poudingues « enclavés au milieu de la montagne, et dont l'épaisseur « n'est pas moins de 100 toises. »

A partir de ce jour, les idées de l'auteur furent sensiblement modifiées, mais sa manière d'observer resta la même quant à l'âge relatif des diverses roches de la vallée de Chamouni.

On sait que de Saussure atteignit le sommet du Mont-Blanc dans la matinée du 3 août 1787; il y resta quatre heures pour les diverses expériences de physique qu'il s'était proposé d'y faire, en détermina l'altitude à 2,450 toises, comme moyenne des observations trigonométriques et barométriques, et résuma ainsi les caractères géologiques du splendide panorama que son regard embrassait de ce point culminant de l'Europe. Nous reproduirons ici les réflexions de l'illustre auteur, parce que nous ne sachions pas que, depuis lui, les grands aspects stratigraphiques et orographiques de cette région aient jamais été plus habilement tracés. En effet, parmi les 281 personnes qui jusqu'en 1863 ont fait l'ascension du Mont-Blanc, nous ne trouvons pas le nom d'un seul géologue connu.

Les montagnes environnantes, surtout celles qui sont situées au nord, dans la Suisse et la Savoie, paraissent être assez reliées entre elles et former des espèces de chaînes; « mais les montagnes primitives n'ont pas cet aspect; elles « paraissent distribuées en grandes masses ou en groupes de « formes variées et bizarres, détachés les uns des autres, « ou qui du moins ne paraissent liés qu'accidentellement et « sans aucune régularité.

« Des observations faites dans toute la hauteur de ces « massifs, il résulte une propriété bien remarquable des mon- « tagnes en couches verticales, c'est que leur nature est la « même depuis leur base jusqu'à leur cime, quelle que soit

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« l'élévation de cette dernière. Dans celles, au contraire, où « les couches sont horizontales ou à peu près, on voit la « nature de la même section verticale changer à mesure « qu'on s'élève, circonstance qui tient à la différence de la « cause qui a donné à ces diverses montagnes leur situa- « tion et leurs formes. Dans celles qui sont composées de « tranches verticales, chaque tranche est une seule et même « couche dans le sens propre du mot, et non le résultat de « quelques fissures accidentelles, comme on l'a prétendu. « Ces couches étaient originairement horizontales, et n'ont « été redressées que par une révolution de notre globe. Il est « donc bien naturel que chacune d'elles ait conservé, dans « toute sa hauteur, la nature identique qu'elle avait lors de « sa formation.

« Au contraire, les montagnes divisées en tranches hori- « zontales ne se sont élevées que par une accumulation de « différentes couches composées de cristallisations ou de « dépôts dont la nature variait à raison de la diversité des « matières que contenaient les eaux où elles ont été formées. « Il suit de cette théorie que les rochers du centre d'une « masse comme le Mont-Blanc, toute composée de couches « verticales, ont dû être originairement enfouis dans la terre « à une très-grande profondeur, etc.

« Enfin de ce bel observatoire je saisissais d'un coup d'œil, « ou du moins sans changer de place, l'ensemble du grand « phénomène que j'avais observé pour ainsi dire pièce à « pièce, celui du relèvement des couches des montagnes du « côté du Mont-Blanc. De quelque côté que mes yeux se « tournassent, je voyais les chaînes secondaires et même les « chaînes primitives du second ordre relever leurs couches « contre le Mont-Blanc et les autres cimes de son voisi- « nage. Telles étaient au nord les montagnes du Reposoir, « celles de Passy, de Servoz, et le Buet; au midi, celles « du col de Ferret, du Grand-Saint-Bernard, puis celles de « la chaîne du Cramont, dont la cime ne se voit pas de ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« point, mais dont on aperçoit le prolongement bordant « l'Allée-Blanche pour aller se joindre aux montagnes de « la Tarentaise.

« La structure du Mont-Blanc, remarque encore de Saus- « sure, lors de son séjour au col du Géant, l'année suivante, « ne se manifeste nulle part aussi distinctement que du côté « qui regarde ce col. On voit, jusque sous sa cime, les coupes « des tranches verticales de granite dont cette masse énorme « est composée, et, comme ces tranches se montrent là de « profil et coupées par des plans qui leur sont perpendicu- « laires, leur régularité, qui ne se dément nulle part dans « le nombre immense que l'œil en saisit à la fois, ne permet « pas de douter que ce ne soient de véritables couches. On « voit ces couches se répéter jusqu'au pied méridional du « Mont-Blanc qui repose sur l'Allée-Blanche; mais, comme je « l'ai observé ailleurs, ces couches deviennent graduellement « moins inclinées à mesure qu'elles s'éloignent de l'axe de « la montagne. On peut les comparer à des planches appuyées « contre un mur, et auxquelles on donne plus de pied à « mesure qu'elles en sont plus éloignées. On ne voit donc « rien de ce côté de la chaîne qui réponde aux couches ren- « versées qui flanquent son côté septentrional. »

Si l'on considère l'œuvre de Saussure dans son ensemble, on remarquera que l'idée de la succession normale des phénomènes, déduite de la série chronologique des faits constatés, y est à peine indiquée. Nulle part l'application un peu en grand de la discordance ou de la concordance des couches n'apparaît nettement. Les poudingues de Valorsine, les poudingues du Rigi et ceux qui résultent de phénomènes plus récents sont à peine distingués quant à leur âge relatif; il en est de même des calcaires, des schistes ardoises, des grès, etc. Hormis les détails pétrographiques et orographiques, tout reste indéterminé, comme si, à l'époque où il écrivait, ce que nous appelons aujourd'hui la *stratigraphie* n'avait encore été compris nulle part.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Quant aux fossiles, quels qu'ils soient, leur présence ne lui sert qu'à classer, sous la dénomination vague de *roches secondaires*, celles où l'on en rencontre. L'expression de *couches tertiaires* se trouve, il est vrai, quelquefois, mais on n'aperçoit point ce qui les caractérise et les différencie des secondaires. On remarque cependant dans l'*Agenda* une recommandation fort utile relativement aux coquillages fossiles; mais nous n'avons point dans tout l'ouvrage rencontré l'application de ce précepte, qui peut-être n'aura été suggéré à de Saussure que tardivement, à la suite de quelques lectures, telles que celle de Buffon.

J.-A. de Luc. — Jean-André de Luc, compatriote et contemporain de de Saussure, parcourut d'autres pays que ce dernier, écrivit beaucoup, mais presque toujours sous une forme peu scientifique, prétendant à de grandes vues théoriques et dominé par des idées soit préconçues, soit étrangères à son sujet, qui ont dû singulièrement nuire à la valeur de ses travaux. Il lui a manqué, comme à la plupart des géologues du XVIIIe siècle, précisément ce qu'il fallait pour arriver à des déductions positives, à la fois théoriques et pratiques sur la structure et la composition du sol, savoir : l'examen continu et détaillé d'une surface donnée, suivi dans des directions convenablement choisies, et la construction ou la représentation graphique du résultat de ces études. Ainsi jamais nous ne voyons les observations de de Luc, non plus que celles de de Saussure et de la plupart de leurs contemporains, projetées sur un plan vertical ou horizontal, même de quelques lieues d'étendue, pour montrer les relations stratigraphiques des roches ou leurs affleurements à la surface. Ce sont toujours des études sans suite, superficielles, énoncées et délayées dans des descriptions vagues, interminables et où le désir d'expliquer tout avec des données incomplètes laisse le lecteur incertain ou aussi ignorant après avoir parcouru le livre qu'il l'était auparavant.

Nous avons cherché à justifier notre opinion sur la valeur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des travaux de de Luc[1] par un examen attentif de ses premières *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme*, adressées à la reine de la Grande-Bretagne (1778), ouvrage dont le titre seul suffirait pour montrer l'incohérence des idées qu'il renferme, et où l'on retrouve exprimée cette croyance si stérile pour les progrès de la géologie, que c'est dans les montagnes que l'on doit principalement étudier l'histoire du monde, puis par l'examen de ses secondes *Lettres physiques et morales* (1779), et de ses *Lettres à Blumenbach* publiées vingt ans après, mélanges indigestes de toutes sortes de données incomplètes, empruntées aux sciences physiques et d'observations avec addition d'idées théologiques ou mystiques. Enfin, pour asseoir définitivement et sans prévention notre jugement sur le correspondant si fécond de la reine d'Angleterre, de Blumenbach, de la Métherie et de tant d'autres célébrités contemporaines auxquelles ses lettres s'adressaient, nous avons cherché, dans un ouvrage plus récent encore, son *Traité élémentaire de Géologie*, dont le titre essentiellement scientifique promettait un exposé plus méthodique, si l'auteur avait modifié ses idées et la manière de les exprimer. Le premier paragraphe du discours préliminaire placé en tête de ce traité promettait beaucoup, car rien n'est plus clair et mieux pensé; mais bientôt reparaît la théologie, et notre rôle de critique finit, car l'auteur ne fait que reproduire, sous une forme plus condensée, ce qu'il avait déjà dit dans ses *Lettres*.

Ayant eu connaissance de la théorie de Hutton et de l'explication qu'en a donnée Playfair, il la commente à son point de vue, invoque tour à tour de Saussure et de la Métherie, les combat pour revenir à sa propre idée sur l'existence des cavernes, dont l'origine, dit-il, tenant à la constitution primitive du globe, devient un guide sûr pour la

1. *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. I, p. 92, 1862.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

déterminer. La suite du livre comprend encore, sous la forme de *lettres* adressées à Hutton, de véritables paraphrases de celles de 1778 à 1798, et auxquelles quelques noms propres fréquemment répétés donnent seulement une apparence de nouveauté.

De Luc a publié aussi, toujours sous forme de *lettres*, une multitude de mémoires insérés pour la plupart dans le *Journal de Physique*. Dans celui où il traite du mont Salève, il revient au système de l'affaissement des continents anciens lors du déluge, déjà émis dans ses lettres précédentes, et combat le système opposé, celui des soulèvements. « C'est donc « aux affaissements qu'il faut toujours revenir, dit-il, pour « se rendre raison des montagnes sous leur rapport d'émi- « nences élevées à la surface du globe, c'est-à-dire que les « parties qui faisaient suite aux couches qui les composent se « sont affaissées, les unes brusquement et ont laissé debout « ces faces abruptes, les autres en bascule ont donné aux « couches cette inclinaison rapide. » Il est évident que l'auteur, de même que tous ceux qui avant et depuis lui se sont rattachés à cette hypothèse comme phénomène général, n'ont jamais considéré que les montagnes *monoclinales* dont les couches ne présentent qu'une inclinaison dans le même sens, et non les montagnes *anticlinales* dont les mêmes couches s'abaissent en sens inverse de part et d'autre de l'axe, ou bien encore celles d'une vallée de soulèvement ou d'écartement, sans quoi ils eussent été frappés de la généralité des faits en opposition avec leur hypothèse.

Dans son *Mémoire sur la Lenticulaire de la perte du Rhône, sur la Lenticulaire numismale et sur la Bélemnite*, de Luc considère les Nummulites comme des corps analogues à l'os de la Seiche, mais ses observations sur la structure intérieure de ces corps sont parmi les meilleures que l'on ait encore faites à ce sujet. Dans un second mémoire, il fait connaître des Nummulites provenant des montagnes de Lahore au nord du Bengale, et, après les avoir comparées avec cer-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

taines espèces du Véronais et des environs de Bayonne, il est frappé de leur identité; « c'est un fait intéressant en géologie, dit-il, qu'un même fossile se trouve à d'aussi grandes distances et sous des latitudes si différentes. » Cette remarque, faite en 1802 et dont l'exactitude a été confirmée depuis, a donc posé un premier jalon dans cette voie non encore parcourue et qui a tant contribué à donner à ces corps organisés une importance qu'on ne leur soupçonnait pas.

Sans doute le génie de Buffon est trop au-dessus des attaques de de Luc pour avoir besoin d'être défendu; cependant nous ne pouvions passer sous silence cette partialité et ce dénigrement si voisin de l'envie que le naturaliste physicien de Genève manifeste à l'égard du savant français toutes les fois qu'il en trouve l'occasion[1].

RÉSUMÉ.

Si, pour résumer actuellement l'état et la direction de la science en Suisse, nous la personnifions en quelque sorte dans Bénédict de Saussure et Jean-André de Luc, ces deux *citoyens de Genève*, comme ils se qualifiaient, placés tous deux dans une condition sociale élevée et s'étant occupés des mêmes sujets, nous trouverons en les comparant les différences les plus prononcées.

Le premier sort rarement du champ de l'expérience et de l'observation attentive des faits, concentrant ses recherches dans un espace bien limité et glorieusement parcouru. Esprit judicieux, sobre jusqu'à la timidité de toute déduction théorique et d'hypothèses, il préfère rester en deçà de ce qu'il sait que de courir le risque de s'égarer au delà. Quand il parle des opinions qu'il ne partage pas, il s'exprime toujours

1. Voy. d'Archiac, *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, première partie, p. 107.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

avec une convenance parfaite. Son livre restera comme un modèle d'exactitude et un tableau toujours vrai, simple et animé de cette nature dont il décrit et représente les scènes imposantes et variées.

Le second, toujours sous l'empire d'idées préconçues ou de relations nécessaires entre des sujets d'ordre très-différents, a parcouru des pays assez divers. Esprit aventureux, se montrant dans ses relations épistolaires critique partial et sans élévation, croyant ne marcher qu'avec l'expérience et s'en écartant à chaque pas pour tomber dans le domaine des spéculations imaginaires, mêlant, sans s'en apercevoir, le vrai et le faux, ce qui est démontré avec ce qui ne l'est pas, associant les résultats scientifiques avec les croyances, les récits et les dogmes religieux, il a pu attacher à son nom par le bruit de ses publications multipliées une popularité momentanée que le temps ne doit pas sanctionner.

Ni de Saussure ni de Luc n'ont construit d'édifice, mais l'un a rassemblé et laissé après lui de nombreux matériaux bien préparés qui ont pu être utilisés; l'autre n'a le plus ordinairement laissé que des opinions hasardées, sans fondement et sans application possible.

Enfin ces résultats si différents obtenus par ces deux enfants de la docte cité de Genève se traduisent encore par la forme même que chacun d'eux a donnée à ses ouvrages[1].

§ 2. BAVIÈRE, WURTEMBERG, COBOURG, AUTRICHE ET HONGRIE.

La Bavière septentrionale, le Wurtemberg et le duché de Cobourg ont fourni à la paléontologie, pendant le cours du

1. Depuis la publication de notre *Précis sur l'histoire de la paléontologie stratigraphique*, M. Studer a donné un travail excellent et complet sur ce sujet en ce qui regarde la Suisse et les Alpes, travail auquel nous ne pouvons que renvoyer le lecteur.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

XVIIIe siècle, un contingent d'iconographie plus considérable encore que la Suisse, et la seule ville de Nuremberg a vu publier dans ses murs plus de planches de fossiles qu'aucune des grandes cités de l'Europe.

J. Bauhin, J. Jacob et Ferd. Bajer. — Après là description des coquilles recueillies aux environs des bains de Boll par J. Bauhin, après E. Camerarius qui croyait encore que les fossiles étaient le résultat de forces germinatives répandues dans les roches par la nature, nous voyons en 1712 J.-Jacob Bajer publier son *Oryctographia Norica* ou description succincte des corps organisés fossiles du territoire de Nuremberg. L'auteur y traite méthodiquement et dans des chapitres séparés, comme on le ferait aujourd'hui, des divers sujets qui se rapportent à la géologie de son pays et plus particulièrement aux fossiles, ayant soin d'en distinguer les corps qui n'ont que l'apparence de formes organiques et ne sont, comme on dit, que des *ludi* ou *jeux de la nature*. Il distingue également des corps eux-mêmes leurs moules et leurs empreintes, mentionne surtout les Bélemnites et les cornes d'Ammon, qu'il rapproche des Nautiles. Le *Supplément*, publié vingt-deux ans après, contient, outre de nouvelles planches, des catalogues de sa bibliothèque et de ses collections de minéraux, de roches et de fossiles, et une édition donnée par son fils en 1757 ajoute encore de nombreux matériaux aux précédents. On n'aurait rien publié depuis, sur ce pays, que l'œuvre des Bajer nous donnerait une idée très-satisfaisante de sa faune jurassique, depuis le lias jusqu'au calcaire de Portland, et il n'y a aucune autre partie de l'Europe dont on aurait pu en dire autant à cette époque. Cependant, quoique les couches soient très-régulières, bien suivies, faciles à distinguer les unes des autres par leurs caractères pétrographiques, l'idée qu'il pouvait exister un rapport entre leur position relative et leurs fossiles particuliers n'est pas venue aux naturalistes dont nous venons de parler.

Auteurs divers. — David Spleiss décrivit, au commence-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ment du siècle (1701), les nombreux ossements de mammifères fossiles découverts dans les dépôts de transport peu anciens des environs de Canstadt, non loin de Stuttgard, et J. Sam. Carl démontra, par leur composition chimique, leur origine organique encore contestée. F. Gemlin, J.-S. Schroter, Joh. Purruker et Grœfenhahn, Bauder et plusieurs autres ajoutèrent encore aux recherches des Bajer, et Nuremberg vit paraître, de 1755 à 1778, le plus grand ouvrage qui ait encore été publié sur le sujet qui nous occupe, celui de G. Wolfgang Knorr, intitulé : *Lapides diluvii universalis testes*, formant 4 volumes in-folio, avec 275 planches. Il dessina, grava et coloria celles-ci avec beaucoup de soin et d'exactitude, mais le texte qui les accompagne, travail d'un mérite remarquable, est dû à J.-Ern.-Em. Walch.

G. W. Knorr et E.-Em. Walch. — Le premier volume traite d'abord d'une multitude de détails fort instructifs sur les divers caractères des pétrifications, détails qui annoncent une observation aussi attentive que judicieuse, puis des modifications de diverses sortes qu'elles ont éprouvées et de leurs causes probables. Dans chaque volume, Walch, en s'occupant d'une division zoologique, en reprend l'historique avec la plus vaste érudition, avec une simplicité, une bonne foi et une absence de tout sentiment personnel qui font singulièrement estimer l'auteur. C'est ainsi que l'on peut encore consulter aujourd'hui fort utilement la classification des crustacés et tout ce qui s'y rapporte dans le vol. I, l'histoire de la classification des échinodermes dans le vol. II, celle des grands mammifères dans le vol. III, celle des poissons (*ib.*), des diverses sortes de dents ou *Glossopètres* qui en proviennent (vol. II), des Bélemnites (*ib.*), et le chapitre des trilobites (vol. IV), où Walch, après avoir fait l'historique de ces corps, les désigne sous ce nom, en disant : « Nous lui « donnerons la dénomination la moins étudiée en la nommant « une *trilobite*. Les trois lobes du dos et de la queue sont des « caractères par lesquels ce corps se distingue de tous les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« autres, et, comme ces caractères sont visibles, nous les « jugeons convenables, etc. » La description qui suit est très-complète et incomparablement supérieure à tout ce qui avait été dit jusque-là sur ces animaux, qui ont joué un si grand rôle dans les faunes les plus anciennes du globe.

Dans cet ouvrage, le manque de méthode qui vient de la manière dont les planches avaient été faites et que Walch comprenait très-bien, est racheté par des *tables systématiques* qui permettent de retrouver facilement tout ce qui se rapporte à un sujet donné.

Ainsi, non-seulement les planches de l'immense travail de Walch et Knorr nous représentent presque tout ce qui était connu alors sur les fossiles ou les pétrifications du règne végétal, comme du règne animal, mais encore le texte renferme tous les documents bibliographiques et historiques qui s'y rapportent; il reproduit, avec un luxe prodigieux de citations précises, exactes et complètes, tous les faits, toutes les idées, les opinions, les théories ou systèmes émis depuis l'antiquité jusqu'en 1778. C'est donc un véritable monument, expression fidèle de la science du temps, monument dont on doit recommander l'étude à quiconque s'occupe sérieusement de paléontologie générale; il y trouvera, sans aucun doute, des enseignements précieux de plus d'une sorte.

Esper, Rosenmüller, etc. — Quelques autres naturalistes ont encore apporté des documents pour la paléontologie de cette partie de l'Allemagne méridionale. Ainsi, en 1774, Esper décrit les cavernes à ossements du Margraviat de Bayreuth, et particulièrement celle de Gailenreuth, où l'abondance extraordinaire des restes d'une grande espèce d'Ours, avec quelques autres provenant de l'Hyène et d'un *Felis* ont, plus tard, provoqué les recherches de J.-C. Rosenmüller. En 1795 et 1804, ce dernier a publié deux mémoires sur ce sujet, traité encore après lui par Hunter, Sœmmering, Goldfuss, G. Cuvier et W. Buckland.

Duché de Cobourg. — J.-Séb. Albrecht, J.-C.-M. Reinecke. —

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Plus au nord, J.-Seb. Albrecht a signalé les pétrifications des deux règnes observées dans le duché de Cobourg, et J.-C.-M. Reinecke, dans son travail sur les Nautiles et les Argonautes, vulgairement appelés *cornes d'Ammon*, a fait connaître la distribution de ces fossiles dans les diverses couches de ce pays. Il en décrit quarante espèces, toutes fort bien représentées dans quinze planches, les meilleures peut-être que l'on ait encore données de ces coquilles.

Les divers ouvrages publiés sur les fossiles de la Bavière, du Wurtemberg et du duché de Cobourg nous font donc connaître particulièrement les faunes que nous appellerions aujourd'hui quaternaire, jurassique et du muschelkalk, mais sans que leurs rapports avec l'âge des couches qui les renferment paraissent avoir été soupçonnés.

Hesse électorale. — Des recherches faites dans une autre direction étaient concentrées sur les produits ignés de la Hesse, particulièrement des groupes montagneux du Rhönegebirge, du Volgelsgebirge et du Thuringerwald. Ce sont celles de Raspe[1], de Reiss[2], de Becher[3], de Heller[4], de Voigt[5], de Jacob et Hoff[6], de Sartorius[7] et de beaucoup d'autres auteurs plus récents.

Autriche. — Quelques publications relatives au règne minéral de l'Autriche n'eurent guère d'influence sur le développement de la géologie dans ce pays. Tels sont : l'Essai sur

1. *On some German volcanos.* Londres, 1776. Ces observations sont relatives au groupe du Habichtwald, près Cassel.

2. *Beobacht. über einige Hessische Gebirgsgegende.* Berlin, 1790.

3. *Ueber Nassauische Gegende*, 1786. L'auteur y donne des détails sur les porphyres associés au schiste argileux des environs de Dillenbourg.

4. Sur le Rhöngebirge. *Möll's Annal. der Berg. und Huttenkunde*, vol. I.

5. Sur le même sujet. *Beschreibung des Hochstifts fuld*, 1783. — *Mineralogischen Reisen von Weimar über den Thuringerwald, Rhöngebirge*, etc. 2 vol. in-8°, 1802. — Basaltes de la Hesse (*Klein miner. Schriften*, Weimar, 1802).

6. *Der Thuringerwald für Reisende geschildert.* 2 vol., Gotha, 1807-1812. L'auteur y décrit les basaltes du côté sud-ouest de Thuringerwald.

7. *Die Basalt von Eisenach*, 1802. On y trouve la première mention des dykes curieux de cette localité. — Voy. aussi *Geognostische Beobachtungen.* Eisenach, 1823. — *Nachtrag*, 1823, mémoires sur le même sujet.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'histoire minéralogique de l'Autriche, publié par Stütz, en 1783; son Manuel de minéralogie, contenant une orycto-graphie de l'Autriche inférieure; les merveilles de la nature en Autriche, par Sartori; le voyage en Autriche, en Tyrol et en Dalmatie, par E.-F. Germar; un court exposé de la minéralogie du Steyermark, par Anker; plus tard, les observations minéralogiques sur les environs de Vienne, par Rasoumowski, etc. Quant à l'*Essai sur la constitution physique du bassin de Vienne*, par Constant Prévost, il doit être regardé comme un des premiers jalons que la géologie moderne ait posés dans le bassin du Danube. Nous nous en occuperons donc en traitant du terrain tertiaire de ce pays.

Hongrie. — Brückmann, P. Hayen, Wollgnad. — Si nous continuons à nous avancer vers l'est, nous trouverons qu'en Hongrie, Fr.-Em. Brückmann, dans ses *Lettres de voyage*, a décrit quelques pierres figurées de ce pays, et le premier reconnut les vrais caractères des os fossiles de l'*Ours des cavernes*, figurés par J. Paterson Hayen dès 1672, comme provenant des cavernes des Carpathes, et d'autres mentionnés en Transylvanie, par Wollgnad.

J.-E. et Léop. de Fichtel. — J.-E. de Fichtel, dans son rapport sur les pétrifications des principautés comprises dans les Siebenbürgen, indique avec soin toutes les localités où il a recueilli des fossiles, particulièrement dans le bassin de la Maros, dans la vallée de la Deva, etc. Parmi les corps qu'il figure et que l'on trouve aussi dans l'ouvrage de Walch et Knorr, sont deux espèces de grandes Huîtres, les plus caractéristiques, l'une de la formation tertiaire moyenne, l'autre de la formation inférieure, dans une grande partie de l'Europe méridionale et en Asie. Le Traité des pétrifications de la Transylvanie, publié aussi à Nuremberg en 1780, peut encore être consulté utilement aujourd'hui.

Léop. de Fichtel et J.-Cor. de Moll, marchant sur les traces de Beccari, de Plancus et de Soldani, ont décrit et fort bien représenté, sous les noms génériques de *Nautilus* et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'Argonautes, plusieurs espèces de Nummulites et d'autres coquilles microscopiques vivantes et fossiles.

J.-J. Ferber, Clusius, Frenzel, Delius, etc. — J.-J. Ferber a publié ses recherches sur les montagnes et les mines de la Hongrie, D. Frenzel, un *Index* des pierres précieuses, des fossiles et des pétrifications des environs de Chemnitz; Clusius, dans son *Nomenclator Pannonicus*, rattache les Numismales aux légendes historiques du roi Ladislas, et C.-F. Delius, d'après l'examen des Carpathes, qui étaient les plus hautes montagnes qu'il eût observées, croyait que toutes les grandes chaînes du globe, et le noyau même de notre planète, devaient être composés de roches calcaires. Le *voyage minéralogique et géologique en Hongrie*, exécuté par Beudant, en 1818, et publié en 1822, rentre, comme le mémoire de C. Prévost, dont nous parlions tout à l'heure, dans le domaine de la science moderne.

La Hongrie et les provinces qui l'avoisinent sont une des parties de l'Europe où les phénomènes ignés des divers âges se sont manifestés avec le plus d'intensité, et, comme les exploitations des mines y ont donné lieu à des travaux considérables, on conçoit que les roches pyrogènes y ont été l'objet de recherches et de descriptions particulières. Aussi trouve-t-on de nombreux documents sur ce sujet dans les publications de Fridwalazky[1], de Scopoli[2], de Born[3], sur le Bannat et Temeswar, de Fichtel[4], de Ferber[5], de Bredetzki[6], de Buchholz[7], de Townson[8], d'Esmark[9], qui regardait les trachytes de ce pays comme ayant une origine aqueuse,

1. *Mineralogia magni principatus Transylvaniæ Claudiop.*, 1767.
2. *Cristallographia Hungarica*, 1776.
3. *Briefe*, Dresde, 1774. Traduction française.
4. *Min. Beiträge Siebenbürgen*, 1780. — *Bemerkungen über den Karpathen* 1791.
5. *Abhandlungen über die Gebirge in Ungarn*, 1780.
6. *Beiträge zur Topographie von Ungarn*, 3 vol. in-8°.
7. *Reise auf die Karpatischen Gebirge* (*Ungrisches Magaz.* vol. IV, 1787).
8. *Travels in Hungary*, in-4°, 1797.
9. *Beschreibung einer Reise durch Ungarn*, 1798.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'Asboth[1], qui a traité des basaltes du lac Balaton, dans le *Taschenbuch*, de Leonhard[2] et surtout l'ouvrage de Beudant[3], beaucoup plus complet que les précédents et sur lequel nous aurons occasion de revenir.

§ 3. POLOGNE, SILÉSIE ET BOHÊME.

Pologne. — Au nord des Carpathes, le bassin de la Vistule, qui comprend la plus grande partie de la Pologne, a été l'objet de quelques recherches de la part des naturalistes. Rzaczynski a donné plusieurs renseignements utiles dans son *Historia naturalis curiosa Poloniæ*, et notre compatriote Guettard a publié, en 1764, un mémoire sur les caractères des terrains de la Pologne et des minéraux qu'ils renferment. La carte qui l'accompagne présente trois divisions géologiques ou zones qui expriment la nature du sol, et les fossiles secondaires et tertiaires figurés sur les planches sont assez reconnaissables. Plus tard, Stasica a écrit aussi sur la géognosie des Carpathes et des plaines de la Pologne, et Geusau a fait connaître une petite série de fossiles des environs de Sandomir. Tels furent les précurseurs de G.-G. Pusch, dont les travaux multipliés ont tant contribué depuis à faire connaître les richesses paléontologiques de son pays natal.

Silésie. — Si du bassin de la Vistule nous passons dans celui de l'Oder supérieur, nous verrons que, dès le commencement du XVIIe siècle, C. Schwenkfeld donnait un catalogue des plantes et des fossiles de la Silésie, T. Kretschmer traitait des montagnes et particulièrement de celles des Sudètes, au

1. *Reise von Keszthely nach Vesprim.* Vienne, 1803.

2. 1816, p. 413, et divers mémoires de Zipser dans les années 1813, 15, 16, 17, 19, 20.

3. *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie,* 3 vol. in-4°, et un vol. de planches et de cartes, 1822.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

point de vue minéralogique, J. Prœtori, du Riesengebirge, ainsi que de Charpentier, en 1804. La *Silesia subterranea*, de Volkmann, nous indique le gisement d'un certain nombre de pétrifications. Les lettres de Zöllner sur la Silésie, Cracovie, Wielikska et le comté de Glatz, ainsi que ses voyages exécutés en 1791, et l'ouvrage de Raumer sur la Silésie inférieure, sont des documents encore utiles à consulter. Dans son Essai d'une description minéralogique des environs de Landeck (1797), L. de Buch a donné la mesure de cette sagacité qu'on retrouve dans tous ses ouvrages. L'auteur ne décrit point les différents objets au fur et à mesure qu'il les rencontre, et, comme on le faisait encore presque partout à cette époque, mais, après avoir bien étudié les masses minérales qui constituent le pays, il fait successivement l'histoire de chacune d'elles, décrit leur nature, leur structure, leur étendue, leur position respective, d'où résulte une connaissance exacte de la constitution géologique de la contrée.

Bohême. — Malgré le vif intérêt que présentait la Bohême sous le point de vue qui nous occupe, les ouvrages publiés sur ce pays pendant le XVIIe et le XVIIIe siècle ont eu peu de retentissement et peu d'influence sur les progrès de la science. Nous les avons indiqués ailleurs[1] et nous nous bornerons à rappeler ici les plus importants.

Vers 1770, Franz Zeno montre la véritable origine des fossiles recueillis aux environs de Prague. Ceux qu'il mentionne provenaient du terrain de transition, et un petit nombre de la craie. Les caractères zoologiques des trilobites sont complétement méconnus par l'auteur, qui ne fait aucune distinction d'âge entre les fossiles qu'il indique. Il attribue au déluge leur dispersion dans la terre et donne des coupes exactes des carrières ouvertes le long de la Moldau, mais sans en déduire aucune vue théorique sur la succession de leurs couches.

1. *Cours de paléontologie stratigraphique*, Ire partie, p. 117, et *nota*, p. 122.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

De Born décrit, peu de temps après, les trilobites des environs de Prague, constate leur analogie avec ceux de Dudley, en Angleterre, que Linné désignait par l'expression d'*Entomolithus paradoxus*, et classe dans les *formations primaires* les schistes qui renferment ces crustacés. J.-C. Lindacker, en 1791, expose avec une certaine précision la composition des terrains des environs de Prague, admet leur origine sédimentaire, les alternances des diverses roches, la présence de pétrifications plus ou moins nombreuses, et signale celles des grès surtout, comme étant les plus remarquables. Ce sont les trilobites des bords de la Moldau, de la grotte de Saint-Procope et de Wraz. Dans son mémoire sur le territoire de Mies, il décrit les schistes gris avec des veines de quartz et reposant sur le granite; dans un autre, sur les couches de charbon du cercle de Pilsen, il montre les dépôts à combustible et les schistes avec empreintes de plantes reposant sur les schistes argileux anciens, verticaux, et, plus tard, il démontre que les grès, ou quartzites, les grès argilo-schisteux, avec leurs fossiles déjà signalés, servent de base à d'autres couches que caractérisent des fossiles différents, tels que les Ammonites.

F.-Amb. Reuss, dans son Essai sur la minéralogie des environs de Prague, constate la même succession de schistes argileux, de calcaire, de grès et de marne et en mentionne les débris organiques. Dans sa description des seigneuries de Königshof et de Tocznik, il s'occupe des montagnes de Kosow, composées de grunstein, de calcaires compactes, argileux et de grès divers, puis il en indique les fossiles, mais sans tracer les limites des couches non plus que leur ordre de superposition normale. Reuss a étudié encore le petit bassin houiller de Zébrak, et F. Riepl, dans son coup d'œil sur le terrain houiller de la monarchie autrichienne (1820), s'est occupé des bassins des cercles de Béraun, de Pilsen, de Rakonitz, placés sur le terrain de transition et paraissant avoir été déposés dans les dépressions des schistes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les roches ignées de la Bohême ont été aussi l'objet des études de Reuss[1], de Lindacker[2], qui a montré l'origine volcanique des basaltes de Wolfsberg, dans le cercle de Pilsen, de Selb[3], du comte Rasoumowsky[4], qui le premier reconnut l'origine volcanique des sphærolithes d'Hegau, etc.

§ 4. CENTRE ET NORD DE L'ALLEMAGNE.

Pour exposer les idées et les faits qui se rattachent à l'histoire de la géologie et de la paléontologie du centre et du nord de l'Allemagne proprement dite, nous indiquerons d'abord les premières pensées qui ont germé dans l'esprit des naturalistes, même avant la renaissance, puis nous mentionnerons quelques observations du XVIe siècle, pour arriver enfin aux théories plus importantes du milieu et de la fin du XVIIIe. Nous nous occuperons ensuite des publications iconographiques et des descriptions locales de la même période.

Albert le Grand, G. Agricola. — Celui que l'on a nommé l'Aristote du moyen âge, Albert le Grand, n'a point méconnu, comme on l'a souvent fait depuis, la véritable origine des fossiles. Dans son chapitre VIII, *de Lapidibus*, il s'occupe des différentes pierres représentant des empreintes ou des traces d'animaux, et suit en cela, comme sur beaucoup d'autres sujets, l'école d'Avicenne. George Agricola ou Bauer, regardé comme le père de la métallurgie au XVIe siècle, n'était point étranger non plus aux sciences naturelles. Il possédait également les auteurs anciens, rappela que le *Daphnia* de Pline était regardé comme désignant une coupe transverse de Nummulite, donna le nom de *Bélemnite* aux fossiles qui, depuis,

1. *Orograph. d. Nordw. Mittelgeb.*, Dresde, 1790. — *Sammlung naturhist. Aufsatze*, 1796. — *Miner. und Bergmann Bemerk. über Bohmen.* Berlin, 1801.
2. *Sammlung phys. Aufsatze von Mayer*, 1791.
3. *N. Schrift. d. Ges. Naturf.* Berlin, vol. IV, p. 395.
4. *Alpina*, vol. III, p. 313.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ont continué d'être appelés ainsi, et repoussa l'assimilation qu'on en avait voulu faire avec le *lyncurium* de Pline.

Leibnitz. — Bien qu'en général nous évitions de nous appesantir sur les vues théoriques qui ne se rattachent directement ni à des calculs ni à des faits observés, il en est cependant que nous ne pouvons passer sous silence, et, de ce nombre, sont les hautes spéculations de Leibnitz sur l'origine du globe. Une première esquisse de sa *Protogæa* fut insérée dans un journal de Leipzig en 1693, mais le livre ne fut publié en entier que seize ans après la mort de son auteur, en 1749, l'année même où, par une singulière coïncidence, parut la *Théorie de la terre* de Buffon.

Leibnitz regarde, comme une première donnée fondamentale, la séparation de la lumière d'avec les ténèbres, ou celle des *choses actives* d'avec les *passives*, et, parmi ces dernières, ce qui est un peu plus intelligible, la séparation des liquides d'avec les solides. Il pense que, dès l'origine, la terre a été un globe régulier, et que, de liquide qu'il était d'abord, il est devenu solide. Ses aspérités ou les montagnes se formèrent à la surface consolidée. Conformément à l'idée de Descartes, la masse liquide se refroidissant, la chaleur s'est concentrée à l'intérieur. L'état de liquidité originaire était d'ailleurs due à l'action du feu, et les caractères cristallins des roches anciennes confirment cette hypothèse.

Recherchant ensuite l'origine des eaux douces et salines, Leibnitz suppose qu'avant la séparation de la lumière du chaos, alors que la terre était incandescente, le feu fit dégager l'humidité de la masse; par suite de l'abaissement de la température, elle se condensa sous forme de vapeurs, lesquelles, au contact de la surface refroidie du globe, ne tardèrent pas à se résoudre en eaux. Celles-ci se rassemblèrent dans les dépressions, où elles entraînèrent les substances solubles et constituèrent les mers. Un autre résultat du refroidissement fut la formation d'énormes bulles ou d'ampoules à enveloppes solides, renfermant des masses d'air ou d'eau,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tandis que d'autres portions de la matière s'étendaient sous forme de couches. La diversité des substances et l'inégale distribution supposée de la chaleur ont occasionné aussi des fractures, des affaissements ou des vallées d'un côté, tandis que de l'autre les portions restées en place ou debout ont produit les montagnes. Cette hypothèse de cavités intérieures, engloutissant les eaux de la surface ou les rejetant, a toujours été une grande ressource et une invention commode à l'appui des systèmes, et nous la verrons reproduite avec ténacité, sans la moindre raison, jusqu'au commencement de notre siècle.

« Il ne faut pas croire, dit plus loin l'auteur, que les pierres proviennent toutes de la matière fondue. C'est pour les premières masses et la base du sol que j'admets ce mode de formation, car les eaux se sont plus tard étendues à sa surface, ont déposé une grande quantité de matériaux enlevés à la partie extérieure des premières roches consolidées, et ont contribué à former différentes sortes de terrain; puis, diverses couches superposées annoncent des ordres de précipitations différentes et en différents temps. »

En recherchant d'où provenaient les eaux qui couvrirent la surface de la terre, ce qu'elles devinrent et les diverses causes du déluge, Leibnitz admit, conformément à la Bible, que la terre entière en avait été couverte, et regarda les fossiles comme en étant la preuve. Déjà Tertullien avait dit : *Adhuc maris conchæ et buccinæ peregrinantur, cupientes Platoni probare etiam ardua fluitasse*, et l'illustre philosophe allemand rappelle cette opinion, que nous avons vue remonter jusqu'à Anaximandre, savoir que les animaux qui peuplent aujourd'hui la terre étaient alors aquatiques, devinrent amphibies à mesure que les eaux se retiraient, et que leurs descendants quittèrent enfin tout à fait leur premier élément. Mais cette opinion, ajoute-t-il, est contraire aux saintes Écritures dont on ne doit pas s'écarter, et, en outre, l'hypothèse présente en elle-même de très-grandes difficultés.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

De même que nous allons voir Descartes éviter de dire par quelle suite de calculs il avait été amené à considérer la formation de la terre, craignant que l'on ne pût croire qu'il y attachait une grande importance, de même nous voyons Leibnitz subordonner ses spéculations scientifiques à tel ou tel passage de la cosmogonie de Moïse. Rejetant le déplacement du centre de gravité de la terre, il revient à l'idée de vastes cavités intérieures pour engloutir l'excès des eaux, dont la chute aurait soulevé celles qui s'y trouvaient déjà, etc.

Il s'est aussi occupé de l'origine des sources, des gisements des métaux, des filons, de la formation des substances minérales, à laquelle la chimie pouvait fournir des explications, et des fossiles qu'il mentionne à plusieurs reprises. Ainsi, il compare les poissons des schistes cuivreux d'Eisleben et d'Ostérode aux espèces vivant encore dans les eaux douces ou de la mer; il donne des figures d'Ammonites, que nous connaissons aujourd'hui, pour caractériser le muschelkalk, les calcaires jurassiques et la craie, représente les *Glossopètres*, qu'il attribue fort bien à d'anciens poissons, et mentionne les Bélemnites. Enfin, la recherche des ossements fossiles enfouis sous les stalagmites des grottes de Bauman et de Scharzfeld, et les coquilles extraites d'un puits profond à Amsterdam, ont également occupé Leibnitz.

Passons actuellement aux géologues, que nous appellerons volontiers *réalistes* par opposition, et que l'on doit regarder comme les vrais fondateurs de la science en Allemagne.

Lehmann. — Vers 1756, Lehmann distingua nettement les roches dites *primitives*, cristallines et sans fossiles, constituant les éléments de la croûte originaire du globe, et les roches *secondaires*, qui, ayant été déposées ensuite dans les eaux avec les débris des précédentes, renferment des restes de végétaux et d'animaux. Cette division fondamentale, qui complète celle de Sténon, et qu'appliquait vers le même temps Arduino sur le versant sud des Alpes, avait été suggérée à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Lehmann par l'étude attentive des roches carbonifères et cuprifères du Harz et de l'Erzgebirge. Ces roches, disposées de bas en haut, inversement à l'ordre naturel, mais d'après celui que les anciens auteurs adoptaient généralement, sont :

1. Formation primaire et à filons.
2. Vieux grès rouge.
3. Dépôts houillers.
4. Grès rouge secondaire (*Rothe todte*).
5. Argile et calcaire bleu.
6. Schistes cuivreux.
7. Calcaire schisteux.
8. Zechstein, rauchwacke, calcaire fétide, albâtre.

Cette classification géologique d'une partie de la Saxe et des pays voisins est certainement très-remarquable et repose sur les vrais principes stratigraphiques ; mais Lehmann eut, comme de plus grands maîtres, le tort de croire que toute la terre devait être modelée sur son pays, et qu'il pouvait raisonner sur la structure générale de l'une d'après la connaissance qu'il avait de l'autre.

Fuchsel. — Les travaux de Fuchsel, qui remontent à 1762, ne nous ont été révélés que soixante ans après par Keferstein. L'examen du Harz, du Thuringerwald et des environs de Rudolstadt avait conduit leur auteur à la détermination suivante dans la position relative des roches de cette région :

1. *Rothe todte Liegende* (grès rouge secondaire).
2. Schistes cuivreux.
3. Zechstein.
4. Grès bigarré.
5. Muschelkalk.

Il donne ainsi, de plus que Lehmann, la position du muschelkalk, du grès bigarré et de ses marnes, ou des deux groupes inférieurs du trias, comme nous dirions aujourd'hui, par rapport au zechstein sous-jacent.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les idées théoriques de Fuchsel peuvent se réduire à cette proposition : la terre a toujours offert des phénomènes semblables à ceux qu'on observe actuellement. Ainsi, ce que l'on a appelé dans ces derniers temps la *théorie des causes actuelles*, et qui n'en est point une, puisque c'est la simple supposition que ce que nous voyons a toujours été ou à peu près, pensée déjà aussi renouvelée d'Aristote, était également professé en Allemagne il y a un siècle.

Fuchsel aurait en outre reconnu que certaines couches étaient caractérisées, non-seulement par leur structure et leur nature minéralogique, mais encore par les débris organiques qu'elles renferment. Dans la formation des dépôts, la nature a suivi les lois actuelles; chacun d'eux a donné lieu à une couche, et la réunion d'un certain nombre de celles-ci a produit une formation qui représente une époque dans l'histoire de la terre. Si l'on ajoute à ces principes, que les dépôts, formés d'abord horizontalement, ont pu être inclinés ensuite par des tremblements de terre ou des oscillations du sol, et qu'une carte géologique était jointe au mémoire de l'auteur, on reconnaîtra qu'il avait compris et appliqué dès lors tous les principes essentiels de la science moderne.

A.-G. Werner. — Abraham-Gottlob Werner, né à Wehlan (Prusse) en 1750, fut professeur à l'École des mineurs de Freyberg, et publia en 1787 un exposé très-succinct de sa méthode, qu'il a constamment modifiée et améliorée depuis, mais sur laquelle il n'a jamais été rien donné de complet.

L'auteur y traite successivement : 1° des roches primitives (*uranfänglichen Gebirgsarten*), comprenant le granite, le gneiss, le schiste micacé ou micaschiste (*Glimmerschiefer*), le schiste argileux (*Tonschiefer*), le schiste porphyrique, le porphyre, le basalte, le mandelstein, la serpentine, le calcaire primitif, le quartz, la roche de topaze; 2° les montagnes en couches (*Flötz Gebirgsarten*), comprenant des calcaires, des grès, des couches de houille, de craie, de sel, de gypse et de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

fer; 3° les roches volcaniques (*vulkanischen Gebirgsarten*) ou produits volcaniques de diverses natures, et les roches pseudo-volcaniques; 4° les produits d'alluvion, plus récents que le numéro 2, et les produits des phénomènes actuels.

Cette méthode s'est plutôt répandue par ses nombreux élèves, qui y ajoutaient le fruit de leurs propres recherches, que par des publications; et, au fond, ce n'est réellement que la pensée de Sténon, d'Arduino, de Lehmann et de Fuchsel, appliquée d'une manière plus générale et plus systématique. Werner mit en outre, dans l'exposition de sa méthode, plus de précision et une forme plus régulière, qui contribuèrent à en faire mieux saisir les résultats et à en faciliter l'application sur le terrain; mais, d'un autre côté, il se concentrait volontiers dans ses propres idées et ses observations personnelles; aussi cette classification donnée à l'âge de vingt-sept ans est-elle inférieure à ce qu'elle eût été, s'il eût pris en considération ce que Lehmann et Fuchsel avaient publié vingt ou trente ans auparavant.

Werner observa qu'entre les roches primitives à filons ou *terrain granitique* et celles désignées sous le nom de *terrain secondaire* ou à couches, il y avait encore une série de roches participant un peu des caractères minéralogiques des premières, mais renfermant aussi quelques restes organiques comme les secondes, et il les désigna sous le nom de *roches de transition* ou *intermédiaires*. Il appliqua celui de *Flötz-rocks* aux roches secondaires proprement dites, parce qu'il les croyait toujours en couches horizontales, tandis que les précédentes étaient plus ou moins inclinées. Mais cette expression dut être abandonnée lorsqu'on reconnut que, dans le Jura, sur les flancs des Alpes, etc., ces mêmes roches étaient inclinées et redressées comme celles de transition. Enfin, les disciples de Werner adoptèrent aussi l'expression de *neu Flötz*, pour désigner ce que nous appelons aujourd'hui le *terrain tertiaire*. L'ensemble de sa classification peut donc se résumer par les quatre termes suivants, dans les trois

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

derniers desquels il distinguait, en outre, des séries particulières, calcaires, argileuses et siliceuses :

1. Roches primitives à filons ou terrain granitique.
2. Roches intermédiaires ou de transition.
3. Roches secondaires.
4. *Neu Flötz* (roches tertiaires).

Werner appliqua le nom de *géognosie* à l'étude directe et positive des roches ou des couches de la terre, laissant volontiers celui de géologie à la partie spéculative et théorique où allaient s'égarer tant d'esprits de ce temps-là.

Comme Lehmann, il n'avait guère étudié que la Saxe, et il établit son système sur des bases trop étroites, avec des connaissances géographiques de géognosie trop restreintes. Aussi croyait-il que presque toutes les roches s'étaient formées dans l'eau, d'où le nom de *neptunistes*, donné à ses élèves par opposition à ceux de *vulcanistes* et de *plutonistes*, donné aux disciples de Hutton, géologue écossais contemporain, qui attribuait au contraire au feu l'origine et la consolidation de la plupart des roches.

On a attribué à Werner ce principe qui guide les mineurs dans leurs travaux : savoir que, dans un même district, tous les filons de même nature doivent leur origine à des fentes parallèles entre elles, ouvertes en même temps et remplies ensuite, durant une même période, par les mêmes substances minérales. Dans sa *Nouvelle théorie de l'origine des filons*, publiée en 1802, Werner critique celle de Lehmann, et peut-être trouverions-nous là l'explication de ce que nous disions tout à l'heure; mais si cette dernière, qui consistait à considérer tous les filons comme les ramifications d'un tronc principal placé vers le centre de la terre, n'était pas irréprochable quant à la forme, elle était cependant plus vraie en principe que celle de Werner, qui fait opérer le remplissage de tous les filons par en haut.

L'un des grands avantages de ce dernier fut d'avoir

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

fondé une école, dont les élèves appliquaient partout les principes et rapportaient ce qu'ils voyaient à ces mêmes principes, non pas d'une manière absolue ou même en les exagérant, comme cela se voit souvent, mais en les modifiant avec intelligence, suivant les résultats de leurs observations personnelles et de leur propre jugement, ce qui obviait aux inconvénients d'une subordination trop exclusive à la parole du maître, et ce qui leur était d'autant plus facile que la plupart de ses préceptes n'étaient pas écrits.

De Humboldt, L. de Buch, de Charpentier, d'Aubuisson, de Bonnard, de Schlotheim, Hoffmann, Eslinger, Ch. Friesleben, Jameson, Maclure, et aujourd'hui leurs continuateurs à Freyberg, appartiennent à cette école qu'ils ont tant contribué à illustrer. Loin de se faire les défenseurs obstinés des idées du professeur, c'étaient des esprits élevés qui s'en séparaient dès qu'elles ne leur paraissaient plus fondées, et ce fut encore un bonheur bien rare pour Werner que d'avoir eu pour disciples des hommes aussi éminents, qui n'ont ainsi propagé que ce qu'il y avait de vrai dans son enseignement sans jamais insister sur ce qu'il y avait de faux.

Si nous considérons actuellement Lehmann, Fuchsel et Werner comme les représentants d'une école positive et pratique, fondée sur l'observation attentive et la comparaison des faits, nous reconnaîtrons que, dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, cette petite région de l'Allemagne centrale, qui avait été le champ de leurs travaux, était entrée dans la véritable voie de la géologie stratigraphique, tandis que dans le même temps nous avons déjà vu, et nous verrons encore dans d'autres pays, des hommes de mérite sans doute, mais qui n'étaient pas éclairés par les mêmes principes, marcher presqu'au hasard, chacun de leur côté, sans méthode, et par conséquent sans résultats effectifs pour l'édification d'une science qu'ils cultivaient avec plus de dévouement que de réflexion.

Vers cette époque, quelques ouvrages généraux furent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

publiés en Allemagne; tel est celui d'Holmann sur l'origine des corps marins et des autres corps étrangers qui se rencontrent dans la terre, puis le *Specimen historiæ naturalis globi terraquis* de Rasp, où l'on trouve une relation complète des îles nouvellement apparues et de tous les systèmes de cosmologie émis jusqu'alors, enfin le livre de Gottlob de Justi sur l'histoire du globe déduite et prouvée par ses propriétés intérieures et extérieures. Ce livre, qui est de 1771, exprime des idées générales vraies, mais depuis fort longtemps adoptées ou proposées.

Roches ignées des provinces rhénanes. — Les roches ignées volcaniques des provinces qui bordent le Rhin ont aussi fixé l'attention des géologues allemands, surtout au point de vue minéralogique et pétrographique, mais nous nous bornerons à signaler les observations de Collini[1] sur ces mêmes produits volcaniques, sur les agates et sur les basaltes; celles de sir W. Hamilton[2]; l'esquisse orographique du Siebengebirge de Nose[3], ouvrage indigeste et prolixe, mais utile à consulter; le mémoire d'Alex. de Humboldt[4] sur les basaltes du Rhin, avec des recherches sur la syénite et le basanite des anciens; l'aperçu de Forster[5] sur le Rhin inférieur; un coup d'œil sur les anciens volcans éteints des rives de la Kill supérieure par Behr[6], et une note de Dettier[7] sur le même sujet. On trouve encore des documents sur les roches pyrogènes de ces provinces dans le *Taschenbuch* de Wurzer, sur le Siebengebirge[8], dans le voyage de Camper aux volcans des bords du Rhin[9],

1. In-8°, Manheim, 1781.
2. *Philos. Transact.* pour 1778, part. 1.
3. *Orographische Briefe über des Siebengebirge.* 2 vol. in-4°, 1789.
4. *Ueber die Basalt am Rhein,* etc. Berlin, 1790. — *Mineral. Beobachtungen,* etc. Brunswick, 1790.
5. *Ansichten des Niederrheins,* 1791.
6. In-8°, Paris, 1802.
7. *Sur les volcans de la Kill.* In-8°, Paris, 1804.
8. *Taschenbuch des Siebengebirge.* Koln, 1815.
9. *Reise nach den Vulkanen des Niederrheins,* publié par de Mark.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans les nombreuses publications de Keferstein[1], et dans celles de Steininger[2].

Paléontologie. — Auteurs divers. — Quant aux iconographes et aux naturalistes qui, dans la même région, ont contribué à la connaissance des fossiles, ils sont fort nombreux, et nous avons énuméré ailleurs la plupart de leurs ouvrages[3]; mais il serait peu utile de reproduire ici ces détails auxquels nous renverrons le lecteur, nous bornant à rappeler qu'en Saxe le catalogue des fossiles des environs de Dresde fut publié par J. Kentmann dès 1561; que G.-E. Tenzel soutint en 1696 que le squelette presque entier d'Éléphant, trouvé près de Burg-Tonna (Thuringe), était bien un corps organisé fossile et non un jeu de la nature, comme le soutenait le collége des médecins de Gotha, et que les reptiles ou Monitors des schistes cuivreux du même pays ont été décrits de 1710 à 1734 par Spener, Link et E. Swedenborg, qui les prenaient naturellement pour des Crocodiles. Hoppe décrivit sous le nom de *Gryphite pétrifiée* le premier *Productus* observé dans le zechstein de Gera. Büttner, Mylius, Buchner, Val. Alberti, Schüttie et plusieurs autres, jusqu'à Friesleben, ont apporté des documents plus ou moins importants sur ce sujet.

Région hercynienne. — La région qui s'étend au nord du Harz, le Hanovre, le Brunswick et la principauté de Quedlinburg, n'ont pas été non plus stériles en productions relatives aux fossiles. Dès 1669, Lackmann ou Lachmund, dans son *Oryctographie des environs d'Hildesheim*, a publié des restes organiques de ce pays; Reiskius a donné une longue dissertation sur les cornes d'Ammon, que J. Johnston ne croyait pas être de véritables coquilles. Bruckmann, Ritter, G. Henning, Beherens, Krüger, et une multitude d'autres

1. *In Schriften der Naturforsch. Gesellsch. zu Halle,* 1819. — *Teutschl. Geol. dargestellt* (divers numéros).

2. *Geognostische Studien,* 1819. — *Erloschenen Vulkane in der Eifel,* 1820. — *Geognostische Bemerkungen,* etc., 1820.

3. D'Archiac, *Cours de paléontologie stratigraphique,* Ire partie, p. 136 et suivantes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

naturalistes, dont nous avons rappelé les noms et les ouvrages, prouvent jusqu'à quel point les recherches paléontologiques étaient suivies au nord et à l'est du Harz dans la première moitié du XVIIIe siècle.

Prusse. — Au nord et au nord-est, dans la Prusse actuelle et les provinces baltiques, les mêmes études ont laissé des traces tout aussi nombreuses et plus profondes encore. J. Phil. Breyn ou Breynius traite en 1732 de la structure des coquilles chambrées ou divisées en plusieurs loges, que nous plaçons aujourd'hui parmi les mollusques céphalopodes. Les caractères des Orthocératites et des Ammonites y ont été bien saisis.

En même temps que les coquilles microscopiques avaient leurs historiographes en Italie et dans le sud de l'Allemagne, le nord de ce dernier pays vit naître l'étude, jusque-là fort négligée, des *oursins fossiles*. Ainsi Breyn, dans son *Schediasma de Echini*, range ces échinodermes dans 7 genres, d'après la position relative des ouvertures anale et buccale de leur enveloppe solide. Deux ans après, J.-T. Klein publia son tableau des échinodermes, travail le plus étendu qui ait encore paru sur ce sujet, et qui est la base, utile à consulter aujourd'hui, de tout ce qui a été écrit sur cette classe de corps organisés. Il proposa 14 genres, sans faire aucune mention de ceux de Breyn, qu'il ne connaissait probablement pas.

L'ouvrage de Rosinus sur les radiaires crinoïdes, qui suivit de près le mémoire de Harenberg, peut être regardé, pour le temps, comme un modèle de ce genre de recherches, de même que celui de J.-H. Link sur les Étoiles de mer, qui vint ainsi compléter les premières études sérieuses sur la classe des animaux radiaires.

Les environs de Lunebourg, de Wittenberg, la Marche électorale, le Mecklenbourg et la Poméranie, ont eu aussi leurs iconographies paléontologiques, et les insectes, enfermés et conservés si merveilleusement dans le succin qu'on retire des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

lignites ou bois fossiles des bords de la Baltique, ont été décrits et figurés dans la première moitié du XVIIIe siècle par Sendel, Bock, etc.

Blumenbach. — Enfin, si nous cherchons quelque représentant de la science des fossiles en général vers la fin de ce même siècle et le commencement du nôtre, nous trouverons Blumenbach et de Schlotheim. Le premier, dans son *Specimen archeologiæ Telluris*, rangeait les fossiles dans quatre classes qui, suivant lui, correspondaient à autant de révolutions du globe, tandis que, dans son *Manuel d'histoire naturelle*, il n'en admet plus que trois : la première comprenant les fossiles dont les analogues vivent encore; la seconde, ceux dont les analogues sont douteux, et la troisième, ceux dont les analogues sont inconnus, arrangement qui n'est ni plus naturel ni plus conforme aux faits qui le précèdent. Si nous remarquons que Blumenbach était un des naturalistes les plus éminents non-seulement de l'Allemagne, mais encore de l'Europe, on pourra se faire une idée de l'état où était encore la science relativement à la succession chronologique des faunes et des flores fossiles.

De Schlotheim. — De Schlotheim vient clore la liste bien longue, comme on le voit, des paléontologistes iconographes de ce pays. Il donna, en 1804, une description des empreintes de plantes et des pétrifications animales les plus remarquables avec 27 planches. En 1820, il commença son *Petrefactenkunde* ou les pétrifications sous leur point de vue actuel, et description des débris d'animaux et de plantes fossiles ou pétrifiés de l'ancien monde. Il y énumère les animaux vertébrés, en commençant par l'Éléphant, le Rhinocéros, le Bœuf, le Cerf, etc.; puis il passe aux oiseaux, aux poissons, aux insectes, aux trilobites, aux mollusques univalves et bivalves, traite des Bélemnites, des Orthocératites et de 38 espèces d'Ammonites, avec la synonymie de chacune et l'indication du lieu d'où chaque fossile provient. 65 Térébratules sont également mentionnées et figurées, et, dans un *Supplé-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ment, publié deux ans après avec 21 planches, les ossements des environs de Kostriz, des crustacés, des plantes et des polypiers du terrain de transition sont encore représentés. Enfin parut, en 1823, un dernier fascicule consacré à des trilobites, à des Astéries, à des Ophiures, à des crustacés et à d'autres fossiles du muschelkalk de la Thuringe.

§ 5. SCANDINAVIE.

Islande. — Olafsen et Povelsen. — Le voyage en Islande, exécuté vers la fin du siècle dernier par Olafsen et Povelsen[1], d'après les ordres du roi de Danemark, comprend à peu près tout ce que l'on savait alors sur cette île, longtemps regardée comme la Thulé des géographes et des historiens de l'antiquité. Ces deux savants, qui ont fait un long séjour dans cette île, ont décrit successivement, dans chaque district, tout ce qui concerne l'histoire naturelle. Leur description des roches, suivant une terminologie ancienne et même locale, serait difficilement comprise aujourd'hui; néanmoins les détails très-nombreux et très-circonstanciés sur les divers glaciers, sur les sources thermales, les geysers, les volcans en activité et les données historiques qui s'y rattachent, sur les amas de bois fossiles ou *Surturbrand*, et ceux de coquilles récentes, situés non loin de la côte actuelle et à peu d'élévation au-dessus de la mer, sont des sujets traités avec soin, mais sur lesquels il serait superflu de nous appesantir ici[2]. Il serait assez difficile, d'un autre côté, de se prononcer sur l'authenticité de cette dent d'Éléphant changée en silex, que T. Bartolin envoya à Resenius, comme provenant de cette même île, ainsi que sur le crâne et une dent gigantesque,

1. Traduction française par G. de la Peyronie. 5 vol. in-8°, atlas, 1802.
2. Voy. d'Archiac, *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 486, 1847.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

citée par Ström et Pontoppidan, comme ayant la même origine.

Stevart Mackensie. — Sir G. Stevart Mackensie[1], qui fit un voyage en Islande vers 1810, distingua, parmi les roches ignées de la partie sud-ouest de l'île, celles qui avaient été en fusion au contact de l'air extérieur et celles qui reproduisent les caractères des roches non stratifiées des environs d'Édimbourg. Ces dernières diffèrent des laves par la présence de nodules de calcaire spathique et de zéolithes qui eussent été détruites par le feu à l'air libre et ne peuvent avoir été produites dans ces conditions. Toutes celles qui ont coulé au contact de l'air ont un aspect âpre et rugueux très-reconnaissable; la surface des courants est accidentée, plus ou moins vésiculaire et très-poreuse; l'intérieur est plus ou moins compacte. La lave de l'Hékla est semblable à certaines variétés de basalte, et celle du Snœfells-Jokull offre les mêmes caractères. Beaucoup de laves de ce pays renferment du feldspath, du péridot et quelques-unes du pyroxène.

L'obsidienne et la pumite se rencontrent autour de l'Hékla; un courant tout entier est même formé par ces deux pierres; la seconde, généralement placée au-dessus de la première, joue, par rapport à celle-ci, le rôle des scories d'un courant par rapport à sa masse intérieure.

De nombreux cônes sont entièrement composés de matières

1. *Travels in the island of Iceland.* In-4°, 1811, 2e éd., 1812, p. 353. — Voy. aussi Von Troil, *Letters,* Londres, 1770, où se trouve une relation du voyage de Banks. — Anderson, *Histoire nat. de l'Islande,* publiée en français par Sellim, 2 vol. in-12. — Hurrebows, *Nouv. descript. phys. histor. de l'Islande.* Traduction française, 2 vol. in-12. Le volcan de l'Hékla n'aurait rejeté des laves que dix fois dans l'espace de 600 ans, c'est-à-dire depuis que l'île est habitée, de 1104 à 1693. Au XIVe siècle, il y eut quatre éruptions considérables (1300, 1341, 1362, 1389), et il y a eu un repos de 169 ans, jusqu'en 1558. A l'époque où écrivait Hurrebows, il n'y avait aucune manifestation du foyer volcanique, mais d'autres bouches ont fait éruption dans la première moitié du XVIIIe siècle. — Hooker, *Recollections,* 2 vol. in-8°, 1813. — Henderson, *Residence in Iceland,* 2 vol. in-8°, 1819. — Garlieb, *Island rucksichtlich seiner Vulkane.* In-8°, Fribourg, 1819.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

volcaniques meubles, et il en est ainsi de l'Hékla; mais le caractère le plus remarquable du pays consiste dans des collines de tufs qui accompagnent toujours les laves et qui ressemblent à ceux de l'Italie et de la Sicile. Près de Krisewik l'auteur décrit la montagne de soufre et les vapeurs qui s'en dégagent.

Les trapps amygdaloïdes n'offrent point de traces extérieures du feu; comme les laves précédentes, ils renferment beaucoup de zéolithes, de calcédoines et de calcaire spathique. Dans l'île de Vidoë sont des *greenstones* et des basaltes massifs en nappes, en filons et souvent colonnaires.

La structure des montagnes est généralement facile à observer. Les strates de *greenstone* et d'amygdaloïde ont fréquemment de 6 à 10 mètres d'épaisseur. Les couches de tufs alternent avec les autres roches. Le plus remarquable de ces tufs, dans l'île de Vidoë et sur le chemin de Reikiavik à Haone-fiord, est une masse composée principalement de perlite noire enveloppée dans une pâte d'un vert noirâtre foncé. On y trouve aussi des amygdaloïdes, quelques pyrites recouvertes de substance bitumineuse, roches qui ont leurs analogues dans le comté de Dumfries, en Écosse.

Outre les *greenstones*, les basaltes, les amygdaloïdes, quelques variétés de *claystone* (phonolite) et de schistes porphyriques, il y a encore, suivant Mackensie, toute une classe de roches, fort importantes en ce qu'elles servent d'anneau pour relier les phénomènes extérieurs des volcans avec cet état des roches modifiées par la chaleur, qui est la base de la théorie d'Hutton, dont l'auteur se montre zélé partisan. Il décrit particulièrement la montagne d'Akkrefall, dont on peut étudier la composition dans une fente de 600 mètres de hauteur. Les strates plongent au N.-E., sous un angle très-prononcé, et, sur une hauteur de 250 mètres, ces strates de 3, 6 et quelquefois 12 mètres de puissance, sont composés de diverses variétés d'amygdaloïdes et de tufs. Ils alternent plusieurs fois avec de véritables coulées de laves dont la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

face inférieure est scoriacée et celluleuse; c'est le résultat d'éruptions sous-marines dont les caractères viendraient tout à fait à l'appui des idées de l'école d'Hutton, dont nous parlerons plus loin, et cela indépendamment des filons de basalte et de *greenstone* qui traversent tout le système.

Après de nombreux et fort intéressants détails sur les relations des tufs, des laves et des trapps et sur les massifs qu'ils constituent, ainsi que sur les filons qui les traversent, Mackensie donne, d'après le docteur Black, la composition des eaux du grand Geyser et de Reikum, parmi les substances minérales desquelles domine la silice; puis viennent le muriate de soude, le sulfate de soude, la soude et enfin l'alumine.

Norwége. — L'ouvrage de Pontoppidan, qui remonte à 1753, et ceux beaucoup plus récents d'Haussmann[1], de Vargas de Bedmar[2] et même de Naumann[3], ont fourni de nombreux matériaux pour la géologie de la partie occidentale de la presqu'île scandinave; mais nous nous bornerons à rapporter quelques-uns des faits qui se rattachent à notre sujet, recueillis par L. de Buch, pendant son voyage en Norwége et en Laponie, exécuté de 1806 à 1808[4].

L. de Buch. — Le premier phénomène qui attire l'attention de l'illustre géologue est la présence des blocs de roches granitiques épars sur les côtes de la Seeland et employés pour le pavage de la ville de Copenhague. Tous proviennent de la Norwége ou de Smoland (Suède), comme ceux des plaines du nord de l'Allemagne. « Nous n'avons pas, « dit-il à ce sujet, une assez grande réunion de faits pour « expliquer par quelle singulière circonstance la nature a « produit ces effets; mais chaque observation nous rapproche « de la cause et peut-être dans peu d'années nous l'aurons

1. *Reise durch Scandinavien*, 1806-1807.
2. *Reise nach hohen Norden*, 1819.
3. *Beiträge zur Kenntniss Norwegens*, 1821-22.
4. *Reise durch Norwegen und Lappland*. In-8°, Berlin, 1808. — Traduction française par J.-B. Eyriès, 2 vol. in-8°, Paris, 1816.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« trouvée. » Cependant plus d'un demi-siècle s'est écoulé et l'espérance de L. de Buch n'est pas encore réalisée, car le phénomène erratique du Nord est le moins expliqué de tous ceux de l'époque à laquelle il appartient.

L'étude fort intéressante des environs de Christiania lui donne ensuite, comme résultat, la disposition suivante des roches, rangées d'après leur ancienneté, en allant de haut en bas.

1° Syénite zirconienne, qui est la plus récente et qui s'élève à 500 mètres à la montagne de Veringkull;

2° Granite entouré par la syénite, près de Sannesoe, au-dessus de Christiania;

3° Porphyre qui atteint 436 mètres d'altitude au Gyrihouge;

4° Grès sous la montagne de Krogskov;

5° Schiste siliceux;

6° Schiste argileux compacte;

7° Schiste argileux ordinaire et calcaire à Orthocératites, constituant toutes les montagnes de l'intérieur, les bords et les îles du golfe de Christiania à Droeback, et ne s'élevant pas au-dessus de 273 mètres;

8° Granite qui atteint 700 mètres;

9° Schistes argileux et calcaires devant, dans l'opinion de l'auteur, se montrer de nouveau ici. Toute la série précédente, qui appartiendrait au terrain de transition, repose sur le

10° Gneiss, roche fondamentale du pays et qui domine ensuite partout vers le nord.

Les roches de l'époque de transition seraient ici cristallines, comme si la nature, dit l'auteur, eût fait un retour vers le mode de formation des roches primitives, dans ce pays où manquent tous les sédiments secondaires, si ce n'est dans la Scanie, à l'extrémité sud de la presqu'île.

Sur la route de Christiania à Drontheim, L. de Buch mentionne successivement les schistes argileux, les schistes micacés, la grauwacke, le gneiss, puis il rappelle que la Sneehaetta, la cime la plus élevée de la chaîne du Dovrefield (2475 mètres d'altitude, suivant M. Esmark), est formée de schiste micacé, fréquemment entouré par le gneiss, comme

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

en Tyrol (Airolo), ce qui lui fait dire que partout la nature est la même, depuis les Alpes jusqu'au pôle arctique.

Au nord de Drontheim, sous le 64e degré, il trouve de puissantes couches d'argiles marneuses bleues, remplies de coquilles brisées et reposant sur le gneiss, à 120 et 150 mètres au-dessus de la mer. Ce phénomène, qui se représente sur une infinité de points du littoral de la Norwége, mérite, dit-il, un examen attentif. On l'observe, en effet, au sud à Hafslund, sur le Glomme, au-dessus de Sarpenfoch où les Huîtres sont très-répandues; près de Frédéricshall, les coquilles sont en telle quantité que la couche est exploitée pour la fabrication de la chaux, et on la voit encore, sur les deux rives du Drammen, jusqu'au delà d'Eger. Les coquilles sont des espèces qui vivent sur la côte; elles s'étendent à une certaine distance de celle-ci, à l'intérieur des baies, et toujours reposant sur le gneiss. De Buch regarde ce fait comme résultant de l'abaissement de la mer, si clairement prouvé, dit-il, dans le nord; mais nous le verrons plus tard adopter une opinion plus conforme aux lois générales de la nature.

Peu après il quitte la route de terre et suit les côtes avec un petit bâtiment, au milieu des innombrables îles qui les bordent, jusqu'à celle de Mageröe, que termine le cap Nord, partout observant, partout recueillant des données sur la composition des roches cristallines qui les constituent et sur la structure générale de leurs masses. Ainsi, vers le 68e degré, le long des îles Loffoden, il remarque que les strates des grandes îles extérieures ou des parties extrêmes du continent inclinent constamment vers celui-ci ou vers les hautes montagnes. Au delà de Loedingen règne toujours le gneiss, et à Caossness cette roche, plongeant à l'E., est remplie d'une prodigieuse quantité de grenats de toutes les grosseurs; des bancs calcaires y sont subordonnés, ainsi qu'au schiste micacé; ils sont accompagnés de trémolite et surmontés d'une couche de grenats.

La ville de Tromsöe est assise sur un banc coquillier

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

semblable à ceux de Luroe, de Bodoe, de Senjen, près de Gebostad, et d'une épaisseur de 3 à 4 mètres; on n'en trouve point de semblable actuellement, ni sur le bord de la mer, ni à 6 ou 7 mètres au-dessous de son niveau. On l'observe des deux côtés du Tromsund et il indique, suivant l'auteur, « que le changement relatif de niveau est postérieur à tous « les grands événements géologiques. Peut-être le niveau « de la mer s'est-il abaissé? Peut-être, et ceci paraît plus « exact, la terre s'est-elle élevée? »

Les environs d'Alteid sont remarquables par les roches variées qu'on y rencontre, telles que le staurolithe, les calcaires blancs à grain fin, le schiste micacé, des roches de quartz, d'amphibole et de feldspath, des roches de grenat et de diallage. En continuant à s'avancer vers le nord, L. de Buch décrit les gneiss grenatifères d'Hammerfest, les dépôts coquilliers récents de Maasoë et les gneiss partout plongeant à l'O. Dans l'île de Magerœe la roche à l'ouest de Kielvig est le schiste argileux maclifère avec des lits de quartz brun plongeant au N.-O. Dans l'isthme est un granite à petit grain se changeant en un gneiss grenatifère, et supérieur au schiste. Plus à l'ouest le granite passe au grünstein et la diallage abonde. Jusqu'aux masses les plus élevées de l'île règne un grünstein à gros grain. Tout ce qui est à l'ouest, comme le cap Nord lui-même, est formé de gneiss.

« De la montagne située à l'est de Kielvig, et élevée de 336 mètres, j'aperçus, dit de Buch, le cap Nord à trois milles environ de distance. La chaîne qui se prolonge entre les baies profondes et parallèles à la langue de terre où j'étais placé s'abaissant, je pus voir distinctement que les rochers coupés à pic dont le cap forme l'extrémité étaient encore couverts de neige (31 juillet); ils ont peut-être 400 mètres d'élévation et l'on aperçoit, à leur base, une suite de pointes pyramidales telles qu'on s'attend à en trouver auprès d'un promontoire qui brave la fureur de l'Océan. Des rochers énormes entourent la baie que j'ai à mes pieds; quelle solitude! quelle tristesse sur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les montagnes de l'intérieur ! tout y est mort ou n'y offre que le premier germe de la vie ; dans les parties basses on voit encore de grands espaces couverts de neige. Les éminences ne consistent qu'en énormes amas de pierres ; pas la moindre trace de végétation, à l'exception de quelques lichens blanchâtres. C'est comme une terre sortie tout récemment des eaux du déluge. La nature reste éternellement engourdie dans ces déserts affreux que l'homme s'empresse de fuir. »

Après être redescendu vers Alten et Boscop, de Buch reprend la route de terre pour traverser la Péninsule en se rendant directement à Tornéo, au fond du golfe de Finlande. Dans ce trajet difficile il signale, à Kaengis, les granites rouges, à gros grains de feldspath, et les montagnes de fer des environs, déjà décrites par le baron d'Hermelin[1]. Le métal à l'état d'oxyde magnétique constitue des lits de 5 à 6 mètres d'épaisseur. La masse a une texture cristalline grenue, tandis qu'à Dannemora la roche est à grain très-fin. La mine de Kirunavara a fait connaître la roche de fer jusqu'à 250 mètres de profondeur. A Pello et aux environs le granite rouge, ou rapakivi, règne partout au-dessous du gneiss. A Tornéo se montrent les schistes argileux et les calcaires noirs, dernières traces de ceux du sud dans cette direction.

De Tornéo à Stockholm, L. de Buch reconnaît partout les preuves de l'éloignement récent de la mer et du soulèvement des côtes comme de Frédéricshall à Obo ; tous les témoignages des habitants viennent confirmer les vues de Celsius et de Linné à ce sujet, de même que l'ont fait les observations ultérieures. Le célèbre voyageur, atteignant de nouveau Christiania, étudie les bords du Drammen, où il constate encore les relations des roches observées précédemment. Le porphyre semble passer à un vrai basalte à cristaux de pyroxène, devenant celluleux et prenant l'aspect d'un conglomérat. Le tout repose sur le grès micacé argileux que suppor-

1. *Essai sur l'histoire minéralogique de la Laponie et de la Vestrobotie*, 1804.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tent les calcaires noirs, et la syénite zirconienne succède, vers le haut, au porphyre, à la limite des comtés de Sarlsberg et de Laurvig. Enfin les environs d'Arendal et de Christiansand sont les dernières localités décrites dans ce livre, qui laisse loin derrière lui ceux qui l'avaient précédé sur ces mêmes régions et qui sera toujours lu avec un vif intérêt.

Suède. — Wendius, Swedenborg, Bromell, Linné. — En Suède, Wendius, vers 1711, et Swédenborg en 1721, ont écrit sur les pierres figurées, et Bromell signale, entre autres fossiles, le petit genre de trilobite désigné plus tard sous le nom d'*Agnostus*, avec ces corps toujours énigmatiques appelés *Graptolithes*. Linné admettait, comme les anciens, la liquidité originaire du globe, mais le reste de sa cosmogonie n'était pas digne d'un esprit aussi éminent, peu porté d'ailleurs aux spéculations théoriques. Il ne connut qu'un très-petit nombre de fossiles, parla des trilobites sous le nom d'*Entomolithus paradoxus*, signala d'autres débris organiques observés dans ses voyages, mais sans en faire l'objet d'une étude spéciale.

Wallerius, Fought, Brünnich, etc. — J.-G. Wallerius, vers le milieu du XVIIIe siècle, a donné une dissertation sur les traces du déluge universel, traité de l'origine du monde et de la terre, et publié ses observations minéralogiques sur les côtes occidentales du golfe de Bothnie, ainsi que sur les coquilles récentes de la côte d'Uddevalla, déjà mentionnées par Linné. Fought a fait connaître les polypiers du terrain de transition de Gothland; Brünnich s'est occupé des trilobites, et J.-A. Gyllenhal, en 1772, des formes de radiaires qui constituent aujourd'hui le groupe des cystidées, et que Tilas (1740), Walerius et Cronstedt plaçaient dans le règne minéral en les appelant *pommes de cristal*. Les ossements gigantesques trouvés en 1733 à Falkenberg, dans la province d'Halland, et décrits par J. Dæblen, provenaient sans doute d'un Éléphant.

G. Wahlenberg. — G. Wahlenberg a traité plus tard, mais d'une manière beaucoup plus spéciale, des trilobites de ce pays, qu'il désigne encore sous le nom d'*Entomostracites*,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

puis des autres fossiles de transition de l'île de Gothland, de la Westrogothie, de ceux de la craie de Scanie, etc. En même temps l'auteur décrit les divers systèmes de couches qui composent les dépôts sédimentaires anciens de la Suède. Ce sont, de bas en haut : 1° des schistes alumineux et calcarifères, caractérisés par certaines formes de trilobites; 2° des calcaires puissants remplis de fossiles et surtout d'Orthocératites et de trilobites de grandes dimensions; 3° des schistes argileux différents de ceux de la base, dépourvus de calcaire et de crustacés. Wahlenberg pense que les principales formes de trilobites affectent chacune un gisement particulier, et qu'elles représentent ainsi des époques différentes.

§ 6. RUSSIE.

Si, nous portant un instant vers l'est, nous considérons le principal résultat des recherches faites dans l'Europe orientale et dans le nord de l'Asie, nous verrons que c'est le caractère paléontologique offert par ces immenses surfaces, caractère qui leur a donné une véritable célébrité et qui, depuis un siècle et demi, fixe l'attention des naturalistes. On y remarque, en effet, sur une multitude de points, des débris de grands mammifères pachydermes, particulièrement d'Éléphants et de Rhinocéros, enfouis dans les dépôts superficiels des vallées.

Auteurs divers. — Dès 1696, H.-W. Ludlof mentionnait l'Éléphant mammouth, de Sibérie; Tatischew, Breyn, Carthuser, Laxmann, s'en occupèrent également. De Strahlenberg fit voir comment ces os étaient mis à découvert lors des inondations. Suivant Billing, certaines îles de la mer glaciale, entre l'embouchure de la Lena et celle de l'Indighirska, étaient composées de sable, de glace et d'une multitude prodigieuse d'ossements, de dents, de défenses, etc., entassés pêle-mêle.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

J.-G. Gmelin, qui fut attaché, en 1733, à l'expédition de Behring, fit connaître le gisement de ces grands mammifères le long des rives et à l'embouchure de la Lena et de ses affluents. Il n'hésita point à rapporter une partie de ces ossements à l'Éléphant et l'autre à un animal moins grand, qu'il supposa voisin du Bœuf. Il pensait que ces animaux, pour éviter quelque danger, avaient dû fuir vers le N., où ils étaient morts de faim et de froid, et que d'autres avaient été noyés par des inondations qui les auraient transportés là où on les trouve aujourd'hui. Nous ne sommes pas, à cet égard, beaucoup plus avancés qu'on ne l'était du temps de Gmelin, dont les nombreux manuscrits ont été utilisés par ses successeurs et surtout par Pallas.

Pallas. — Ce dernier, à qui ses travaux sur la Russie et la Sibérie ont fait un grand renom, a signalé, avec un soin scrupuleux, toutes les localités où il avait observé des fossiles en place. Ce sont surtout les restes d'Éléphants et de Rhinocéros, appartenant à la dernière période de l'histoire de la terre, qui ont été l'objet de ses préoccupations constantes. Il les mentionne dans la plupart des vallées du versant oriental de l'Oural, dont les cours d'eau se réunissent au Tobol, l'un des principaux affluents de l'Irtysch, et dans ceux de l'Ob, plus au nord.

Bien plus loin encore vers l'E. on découvrit en 1771, sous le méridien Jakoutsk, par 64° lat. N., sur les bords du Viloui, l'un des affluents de la Lena, un cadavre entier de Rhinocéros avec sa chair, sa peau et ses poils. Il était enveloppé dans un sable mélangé de gravier. On sait que sous cette latitude, le sol ne dégèle que jusqu'à quelques pieds de la surface pendant les trois mois de l'été, sans quoi les parties molles n'auraient pu être conservées ainsi depuis le phénomène qui, venant sans doute du sud ou des pentes de l'Altaï, a dû entraîner ces animaux dans les parties basses des plaines de la Sibérie et jusqu'au bord de la mer Glaciale.

Le nord de l'Asie, dit ailleurs Pallas, renferme une si pro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

digieuse quantité de grands mammifères que, depuis le Tanaïs jusqu'à la pointe du continent la plus voisine de l'Amérique, il n'y a pas, dans cet espace immense, un fleuve sur les bords ou dans le lit duquel on n'ait trouvé et où l'on ne trouve encore fréquemment des os d'Éléphants et de plusieurs autres animaux qui n'appartiennent pas à ces climats. Remarquons encore que dans toute cette étendue et sous les diverses latitudes, depuis l'Oural à l'ouest, l'Altaï au sud et jusqu'aux plages de la mer Glaciale, toute la Sibérie est en quelque sorte jonchée de ces débris. De la présence des poils très-abondants, surtout aux pieds et à la tête, Pallas conclut que ces animaux pouvaient habiter sous un climat moins chaud que les Rhinocéros de nos jours, et la découverte d'Éléphants fossiles offrant aussi des particularités analogues est venue plus tard appuyer cette idée.

Quant aux débris organiques des roches plus anciennes, soit calcaires, arénacées ou argileuses, le savant voyageur les mentionne aussi partout avec soin, aux environs de Moscou, de Vladimir, sur les bords de l'Oka, autour de Simbirsk, etc., mais sans que l'idée de la non-contemporanéité de ces diverses couches en soit déduite.

Par un examen attentif de ses *Observations sur la formation des montagnes et les changements arrivés au globe, particulièrement à l'égard de l'empire de Russie,* mémoire lu le 23 juin 1777 à l'académie de Saint-Pétersbourg, nous avons cherché à nous rendre compte de l'importance attribuée quelquefois aux idées théoriques de Pallas, et il est résulté de cette étude[1] que la valeur de ces vues est certainement moindre que plusieurs de celles de ses contemporains et même de ses prédécesseurs dans d'autres pays. Ses *montagnes primitives, secondaires* et *tertiaires,* que nous appellerions *terrains,* ne sont nullement limitées par de véritables caractères

1. Voy. *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique,* première partie, p. 154, 1862.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

stratigraphiques, d'âge ou de superposition, observés directement. Quant au rôle qu'il fait jouer ensuite aux volcans et aux eaux de la mer, il est fort exagéré pour les uns comme pour les autres; seulement, loin de soulever la mer jusqu'au sommet des montagnes, comme le faisaient alors tant de géologues de cabinet, il préfère élever le sol des montagnes elles-mêmes, par suite de commotions dues à des décompositions souterraines, et admettre que l'Océan n'a jamais été à plus de 200 mètres au-dessus de son niveau actuel.

L'opinion de Tournefort sur l'ancienne séparation, par une barrière montagneuse, de la Méditerranée au sud d'avec le grand bassin, qui au nord recevait les eaux du Danube, du Dniester, du Dnieper, du Donetz et du Kouban, a été adoptée par Pallas, qui regardait cet immense lac comme plus élevé que la Méditerranée. « La digue s'étant rompue, dit-il, soit par « l'action insensible des eaux, soit par suite d'un tremblement « de terre, les eaux du lac s'écoulèrent dans la Méditerranée, « prirent son niveau, et c'est à leur première apparition au « delà de la rupture qu'on pourrait attribuer les inondations « ou déluges dont les traditions de la Grèce ancienne ont trans- « mis le souvenir. » La continuité ou la communication des bassins actuels de la mer Noire, de la Caspienne et de l'Aral, soupçonnée aussi par le botaniste français, est également admise par le voyageur russe.

Au point de vue géologique, ce dernier a été plus heureux dans son *Tableau physique et topographique de la Tauride*, que dans ses travaux précédents. Les caractères stratigraphiques du pays sont à la vérité si faciles à saisir qu'il a pu y distinguer aisément les systèmes de couches de son *premier ordre de montagnes* qui correspond pour nous à la période jurassique, son *second ordre* qui comprend les dépôts crétacés et tertiaires inférieurs, et en troisième lieu des *couches de dépôts postérieurs* qui représentent le calcaire *aralo-caspien* ou des *steppes*; néanmoins il ne faudrait pas croire que ces divisions correspondissent, dans le temps, à ce qu'il avait

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

appelé *montagnes primitives*, *secondaires* et *tertiaires* dans le mémoire précédent. Ses remarques sur les fossiles de ces derniers sédiments comparés à ceux des autres plus anciens sont d'ailleurs fort justes.

Macquart. — Un Français qui avait résidé quelque temps à Moscou, Macquart, fit plus que Pallas pour la constitution géologique des environs de cette ville, car il y distingua trois couches de nature différente, renfermant des fossiles, également différents : le calcaire, la roche noire de Koroshovo et un sable désagrégé, divisions qui correspondent aujourd'hui au calcaire carbonifère, aux marnes argileuses jurassiques et aux dépôts quaternaires. Il remarqua aussi que les fossiles des deux premières couches se trouvaient dans la troisième, ce qui est une conséquence naturelle de son origine.

Georgi, Ferber, Patrin, Strangways. — Depuis lors, J.-G. Georgi a donné une description géograghique, physique et d'histoire naturelle de l'empire russe; Ferber a publié des observations sur la géographie physique de la Courlande, et Patrin, la *Relation de son voyage aux monts d'Altaï en Sibérie*, où se trouvent quelques renseignements pétrographiques. Vers le même temps Fischer de Waldheim commençait la série de ses nombreux mémoires qui, pendant un demi-siècle, ont appelé si vivement l'attention sur les diverses parties de la paléontologie de son pays. Enfin, en 1819, un Anglais, M. W. T. Fox Strangways, dans deux mémoires consécutifs accompagnés de cartes géologiques, a été beaucoup plus loin que tous ceux qui l'avaient précédé, en appliquant d'abord aux environs de Saint-Pétersbourg, puis à une grande partie de la Russie d'Europe, la méthode d'observation déjà usitée en Angleterre, et au moyen de laquelle il put poser la base d'une géologie stratigraphique générale de cette vaste région.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

RÉSUMÉ.

Malgré les nombreux travaux de lithologie descriptive que nous avons énumérés, et beaucoup d'autres, moins importants, que nous avons dû omettre, malgré les représentations ou iconographies de fossiles provenant des pays compris entre les Alpes et la Laponie, entre le Rhin et le Volga ou les pentes de l'Oural, on ne peut pas dire encore qu'au commencement de ce siècle ces recherches aient placé la théorie de la terre dans une voie définitivement arrêtée, pas plus au point de vue de l'origine du globe que sous celui de la chronologie des phénomènes qui se sont succédé depuis.

Lehmann, Fuchsel et Werner, qui n'avaient point voyagé comme Pallas, de Saussure et de Luc, mais qui avaient, plus que ces derniers, le sentiment de la vraie méthode d'observation en géologie, et nous pouvons ajouter aussi leurs élèves, laissaient entrevoir qu'il manquait quelque chose à l'application qu'ils en faisaient. L'illustre professeur de Freyberg, par un enseignement solide, raisonné et profond, imprima autour de lui une vive et salutaire impulsion ; il était dans le vrai à beaucoup d'égards, mais il ne profita peut-être point autant qu'il aurait pu le faire des travaux de ses devanciers et de ses contemporains.

En effet, les nombreuses recherches de détail continuées dans cette même partie de l'Allemagne, pendant les quinze ou vingt premières années du XIXe siècle, sont toutes empreintes du même caractère d'incertitude et du manque de vues générales, méthodiques, appliquées à la pratique de la géologie. Sans entrer dans des détails qui ne peuvent trouver place ici, nous rappellerons que ce résultat frappa singulièrement M. A. Boué[1] lorsqu'il parcourut ce pays pour la première fois,

1. *Mem. of the Wernerian nat. hist. society*, vol. IV, p. 91, 1822.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

croyant, d'après la multitude des travaux publiés, qu'il n'y avait plus rien à faire qu'à constater et à reconnaître partout l'exactitude des observations. Il ressort également de l'examen d'un livre remarquable qui parut en France en 1819[1].

Qu'on lise, par exemple, ce que dit Héron de Villefosse des classifications de Werner, de Karsten et de Friesleben, relativement aux schistes cuivreux du Mansfeld, sujet le plus fréquemment traité par tous les géologues de ce temps-là, et l'on se convaincra que rien n'était encore plus mal compris. La partie graphique, si soignée, de ce magnifique ouvrage, nous en fournit encore des preuves. Ainsi, la *carte des montagnes du Harz* (pl. II de l'atlas) *présentant l'ensemble des circonstances relatives aux mines et aux usines*, surchargée de signes et de lettres, au lieu de diverses teintes pour désigner les roches, n'offre pas encore le tracé superficiel des limites continues de celles-ci. Il y a un travail prodigieux dans la combinaison de toutes ces indications, et néanmoins le lecteur n'en peut déduire aucune conclusion théorique ou systématique.

La légende, sous la désignation de *terrains primitif, de transition, secondaire* et d'*alluvion*, reproduit la première classification de Werner ; le terrain houiller est placé dans le *terrain secondaire*, les schistes cuivreux et le zechstein sous le *calcaire alpin*, le *calcaire du Jura sous le grès bigarré*, puis au-dessus l'oolithe, le grès, *quadersandstein*, *muschelkalk* et *marnes*. On n'était donc pas en réalité plus avancé alors qu'au temps de Lehmann ? Ces réflexions peuvent s'appliquer aussi bien à la *carte des montagnes métallifères qui séparent la Saxe de la Bohême*, l'Erzgebirge (pl. III) ; elle rappelle tout à fait les cartes minéralogiques de Guettard, quoiqu'elle soit intitulée *carte géognostique*.

On peut encore se convaincre de cet état de choses par la lecture de l'*Aperçu géognostique des terrains* de H. de Bon-

1. *De la Richesse minérale*, 3 vol. in-4° avec atlas in-fol., 1819.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nard[1]. Le savant ingénieur, qui avait étudié à l'école de Freyberg, publia en 1810 un *Aperçu du terrain houiller du nord de la France*, en 1816 un *Essai géognostique sur l'Erzgebirge*, et qui, plus tard, donna de bons travaux descriptifs sur la géologie de la Bourgogne, y trace un tableau fort détaillé d'une classification presque exclusivement minéralogique et de ses applications. Quelques notions stratigraphiques indiquées çà et là y sont comme noyées dans une multitude de faits locaux, sans liaison entre eux, d'où résultent partout, pour l'auteur lui-même, l'incertitude, la confusion ou l'absence de rapports chronologiques et synchroniques. Nulle part on n'y aperçoit encore le germe d'une classification basée sur la connaissance des fossiles.

Les six classes de *terrains primordiaux*, *intermédiaires*, *secondaires*, *tertiaires*, *d'alluvion* et *pyrogènes*, qui se divisent chacun en *séries minéralogiques*, et celles-ci, à leur tour, en *terrains* encore caractérisés *pétrographiquement ou minéralogiquement*, constituent l'échafaudage le plus compliqué qu'il soit possible d'imaginer, et qui devait être beaucoup plus inintelligible alors qu'il ne l'est aujourd'hui, où nous pouvons, à la simple lecture, remettre la plupart de ses éléments à leur véritable place. On est d'autant plus frappé de cet état de choses sur le continent, qu'il suffisait de passer le détroit pour trouver la lumière, et la science déjà assise sur ses véritables bases. W. Smith avait publié tous les résultats de l'application de sa méthode; la carte géologique d'Angleterre paraissait cette même année par les soins de Greenough, et depuis trente ans l'école d'Édimbourg jetait le plus vif éclat.

1. In-8°, 1819. Article du *Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle*, tirage à part.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE IV.

PAYS-BAS.

La continuité des terrains qui constituent le sol des provinces méridionales des Pays-Bas avec ceux du nord de la France nous engage à exposer l'histoire des recherches dont les premiers ont été l'objet avant de traiter des seconds.

Par les caractères mêmes du pays, la Hollande ne devait guère offrir d'intérêt géologique; aussi n'est-ce que dans ces derniers temps que des études très-suivies et très-minutieuses sont parvenues à y découvrir des faits d'une certaine importance relative. Quelques auteurs anciens, tels que Berkhey, Vosmaer, Ballenstedt, Brugmann et Boccone, ont mentionné des fossiles de ce pays, mais dont les gisements mêmes étaient fort douteux.

La Belgique et les provinces qui l'avoisinent immédiatement présentent, au contraire, des travaux plus sérieux. Ainsi, R. Limbourg, décrivant, en 1774, les diverses roches calcaires, quartzeuses et schisteuses des environs de Stavelot, de Franchimont, de Limbourg, de Liége, de Spa, etc., y mentionne les fossiles végétaux et animaux; puis il range ensemble, quels que soient d'ailleurs leurs caractères minéralogiques et les corps organisés qu'elles renferment, d'une part, toutes les roches en couches horizontales, de l'autre, celles qui sont en couches inclinées ou perpendiculaires,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

disposées en bandes allongées du N.-E. au S.-O. et recouvertes par les précédentes. Leur redressement est antérieur à la formation de ces dernières et attribué à un changement dans la position de l'axe de la terre, que nous avons déjà vu souvent invoqué. Les calcaires-marbres de Namur sont décrits avec soin, et la craie de Maëstricht est distinguée par ses fossiles. La bande de terrain houiller est indiquée depuis Aix-la-Chapelle jusqu'à Valenciennes, et les idées de l'auteur sur l'origine et la formation du charbon de terre sont fort justes pour le temps où il écrivait. Un autre mémoire de R. Limbourg sur l'histoire naturelle du pays belge, comprenant la vallée et les environs de Pépinster, n'est pas non plus sans mérite.

Witry. — Plus à l'ouest, l'abbé Witry s'est occupé des fossiles des environs de Tournai, et a représenté des trilobites, des crinoïdes et des polypiers du calcaire carbonifère. Il mentionne les débris organiques d'un poudingue ferrugineux (*tourtia*), reposant sur le calcaire ou *pierre bleue*, puis ceux des marnes sableuses, à points verts, de la craie de Bruyelles.

De Launay. — Dans le même temps, de Launay donnait une énumération des fossiles des environs d'Anvers, de Bruxelles, de Louvain, de Maëstricht, etc., suivie de la réfutation des idées de Louville sur le changement d'obliquité du plan de l'écliptique. Il reconnaît que les coquilles sont distribuées dans les couches d'une manière constante, et que souvent deux ou trois d'entre elles suffisent pour faire prévoir toutes celles qui doivent se trouver réunies dans le même banc, circonstances comparables, dit-il, à ce que l'on observe dans les mers actuelles et dans la distribution des végétaux. D'autres remarques sur ce sujet ne sont pas moins judicieuses, de sorte que nous pouvons constater qu'au point de vue théorique et pratique Limbourg et de Launay étaient réellement avancés pour leur époque, et leurs idées, comme leurs travaux, ne le cédaient en rien à ce que publiaient leurs contemporains les plus éclairés de l'Allemagne et de l'Italie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Burtin, Garop, de Hupsch, etc. — L'*Oryctographie de Bruxelles*, ou *Description des fossiles tant naturels qu'accidentels découverts dans les environs de cette ville*, publiée en 1784 par F.-X. Burtin, n'est qu'une simple iconographie, dans laquelle les corps organisés ne sont pas distribués suivant les couches d'où ils proviennent. L'auteur est beaucoup moins avancé que ceux des mémoires que nous venons de citer, et l'explication des planches, qui sont nombreuses, est la seule partie du travail qui ait aujourd'hui quelque utilité. Dès le milieu du XVIe siècle, J. Garopius Becanus, dans ses *Origines antwerpianæ*, avait fait connaître les débris de mammifères marins recueillis dans les dépôts récents des environs d'Anvers, et démontré, en outre, qu'ils ne provenaient pas d'une race de géants, comme on le croyait alors. Vers 1774, le baron de Hupsch signala des os tympaniques de cétacés, qui confirmèrent les vues de son prédécesseur, et Rozin donna un *Essai sur la minéralogie*, avec des applications particulières au sol de la France et de la Belgique.

Faujas. — L'*Histoire naturelle de la montagne de Saint-Pierre, près Maëstricht*, publiée par Faujas de Saint-Fond, en 1799, et accompagnée de 54 planches de fossiles, n'est point à proprement parler un ouvrage de géologie. C'est une simple description pétrographique, peu exacte même, de la roche qui constitue cette colline et des galeries d'exploitation qu'on y a pratiquées de temps immémorial pour en tirer des pierres de construction. Ce travail a néanmoins quelque intérêt, parce qu'il est le premier qui ait traité spécialement de l'étage crétacé supérieur de cette localité, devenu le type d'un horizon géologique particulier, et parce que les fossiles qui y sont représentés suffisent pour donner une idée de sa faune.

Parmi ceux dont Faujas s'est occupé, celui qui a le plus attiré son attention et auquel il revient fréquemment, est une tête de reptile de grandes dimensions, qu'il rapporte à un Crocodile, après avoir étudié comparativement les sauriens

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

actuels qui en sont plus ou moins voisins. L'histoire de la découverte de ce morceau, en 1770, presque unique encore dans la science, et celle des études dont il a été l'objet ne sont pas sans intérêt et ont été souvent reproduites [1]; mais nous nous bornerons à rappeler que, regardé d'abord par Van Marum et par Pierre Camper comme provenant d'un cétacé, le fils de ce dernier le plaça dans le voisinage des Monitors, opinion qu'une étude plus approfondie faite par Cuvier vint confirmer plus tard.

Sous le rapport géologique, la colline de Saint-Pierre a été bien comprise ensuite par W.-E. Hony, qui, d'après l'analogie des fossiles, à su rapporter aussi les calcaires de Visé au calcaire carbonifère du Derbyshire.

M. d'Omalius d'Halloy. — En 1808, M. d'Omalius d'Halloy, adoptant les deux principales divisions de R. Limbourg, examine les diverses sortes de roches qui les composent et les décrit dans chaque région naturelle. Celle qui est connue sous le nom de Campine lui offrit peu d'intérêt; mais dans les Flandres il reconnut la craie et un grès calcarifère dont les fossiles rappellent ceux de la craie de Paris; il mentionne sous le nom de *chaux carbonatée grossière* les roches coquillières tertiaires des environs de Bruxelles, plus récentes que la craie, et qu'il place sur l'horizon de la pierre à bâtir du bassin de la Seine, ce qui est exact, et en même temps sur celui du calcaire de Maëstricht, ce qui ne l'est plus, comme il n'a pas tardé à le reconnaître lui-même.

Toutes les couches qui constituent la région du Condros, située à l'est de la précédente, sont inclinées, repliées en divers sens, dirigées N.-E., S.-O., comme les vallées, et forment des bandes distinctes, allongées de même, ainsi que l'avait reconnu Limbourg. Ces bandes, qui ne sont point d'ailleurs absolument parallèles ni continues, y sont dési-

1. Voy. d'Archiac, *Introduction à un cours de paléontologie stratigraphique*, vol. I, p. 245.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

gnées sous le nom de *formation bituminifère*, l'auteur les supposant colorées par du bitume. Elles sont composées de couches calcaires, de *chaux carbonifère bituminifère*, de quartz ou de grès et de schistes, et la disposition générale des chaînons les montre distribuées comme il suit, par rapport aux vallées longitudinales. Le milieu de celles-ci correspond aux strates calcaires, et les sommets des collines à ceux de grès et de schistes, quoique dans les vallées irrégulières le calcaire constitue les escarpements abruptes, les grès et les schistes les pentes adoucies. Quant à l'ordre de succession de ces divers systèmes de couches, il ne devait être démontré que vingt ans après.

Dans le terrain houiller de cette même région, M. d'Omalius distingue quatre bassins principaux : ceux d'Aix-la-Chapelle, de Liége, d'Huy et de Namur, qu'il décrit successivement.

Dans le Hainaut, le même savant étudie les roches ignées ou porphyres de Quenast et de Lessines, les schistes ardoises qui les entourent, puis sa *formation bituminifère*, prolongement de celle du Condros, dont plusieurs chaînons peuvent être retrouvés. Il mentionne les marbres des Écaussines, connu sous le nom impropre de *petit granite*, étudie le terrain houiller de Charleroi, de Mons, de Valenciennes et de Douai, localités sur lesquelles des mémoires spéciaux avaient été publiés, mais sans vues d'ensemble. Aux environs de Tournai, les strates calcaires sont horizontaux, circonstance exceptionnelle pour les roches de cet âge, dans ce pays où elles sont surmontées de grès et de sable, décrits comme on l'a vu par l'abbé Witry.

Toutes les couches de l'Artois affectent aussi l'horizontalité et comprennent une craie de caractères variables, avec des silex gris ou blancs, et les sables qui la recouvrent sont le prolongement de ceux du Hainaut. Au nord-ouest, dans le bas Boulonnais, où les marbres et le terrain houiller sont analogues à ceux du Condros et du Hainaut, on voit le dernier

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

terme de cette série de bassins houillers qui traverse le nord de la France, et la ressemblance qu'ils ont tous entre eux ne permet pas de douter que celui-ci n'en fasse également partie.

Le sol de l'Ardenne, dont les caractères physiques sont ensuite esquissés, appartient à la *formation ardoisière* de M. d'Omalius ; les schistes et les quartzites y alternent, plus ou moins inclinés, souvent verticaux, courant généralement du N.-E. au S.-O., mais moins tourmentés et moins variables dans leur inclinaison que les couches de la *formation bitumineuse.* Les roches et les substances minérales qu'elles renferment ayant été décrites, le savant auteur passe à l'étude de l'Eifel, pays compris entre l'Ardenne, le Rhin et la Moselle, et où s'observent les *formations basaltique, ardoisière, bituminifère,* le grès rouge et le terrain *volcanique* proprement dit. Enfin le massif montagneux du Hundsruck, du Luxembourg et du Palatinat, est étudié au même point de vue.

Les distinctions saisies pour la première fois par M. d'Omalius, dans cette étendue de pays si variés compris entre la Manche et le Rhin, la répartition de ses divisions, les caractères stratigraphiques généraux et leurs rapports indiqués, font de ce travail le meilleur exposé de sa géologie que l'on ait encore eu. Aussi avons-nous dû insister à son égard, parce qu'il s'éloigne enfin de la voie si longtemps suivie par la plupart des observateurs, et qu'il inaugure en quelque sorte par la largeur de ses vues, la netteté de ses aperçus, une ère nouvelle dans l'étude des terrains sédimentaires de cette même région.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE V.

FRANCE.

Le tableau des progrès de la géologie et de la paléontologie ne nous offrira point, en France, ce développement naturel, positif, méthodique et régulier que nous avons déjà constaté chez quelques nations voisines et que nous retrouverons encore mieux prononcé ailleurs. Chez nous la recherche et la représentation des corps organisés fossiles ont été tardives; on n'en soupçonnait guère ni l'intérêt ni l'utilité; on a longtemps discouru *a priori* avant d'observer et surtout d'observer avec méthode. La diversité des points de vue, et par conséquent celle des opinions, a été un obstacle au mouvement normal, de sorte que la polémique résultant de cette divergence d'idées a dû tenir une grande place dans l'histoire de la science, puisque c'était un de ses caractères propres. En ce qui concerne la paléontologie, il nous a suffi d'exposer son histoire une première fois d'une manière assez étendue[1], pour n'avoir plus qu'à rappeler ici les idées les plus essentielles; mais pour la géologie, elle restait à faire en partie, et nous la diviserons, comme précédemment, en deux périodes. La *première* comprendra les essais de diverses sortes, publiés depuis la fin du XVIe siècle jusqu'à 1778, c'est-à-dire qu'elle commencera avec les travaux de

1. *Loc. cit.*, p. 252-474.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Bernard Palissy, le premier et le plus positif de nos anciens géologues, et finira avec les *Époques de la nature*, la plus magnifique expression du génie théorique de Buffon; la *seconde*, d'une durée de quarante-quatre ans, se terminera en 1822, alors que les dernières recherches d'Alexandre Brongniart et de M. d'Omalius d'Halloy avaient complété chez nous la démonstration des principes déjà appliqués, les uns au delà du Rhin, les autres au delà de la Manche.

PREMIÈRE PÉRIODE.

Bernard Palissy. — Si, laissant les premières indications d'ossements fossiles, toujours plus ou moins vagues et sans utilité réelle[1], nous passons de suite à l'œuvre de Bernard Palissy, publiée en 1550, sous le titre : *Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, tant naturelles qu'artificielles, des métaux, des sels et salines, des pierres, des terres, etc.*, nous y trouverons en germes la plupart des principes de la science moderne, germes qui, sur notre sol, ont mis plus de deux siècles pour se développer et fructifier.

Les phénomènes de la silicification des bois, de l'imprégnation des corps organisés par des dissolutions minérales, y sont bien compris, ainsi que les modifications que ces corps ont éprouvées par leur séjour à l'intérieur de la terre. On conçoit, d'après cela, que Bernard Palissy avait des idées très-justes sur l'origine des fossiles, quel que soit l'état sous lequel ils se présentent. Aussi, après avoir rappelé les conditions dans lesquelles se trouvent aujourd'hui les coquilles et les poissons vivants, il ajoute : « Parquoy ie maintiens que « les poissons armez, et lesquels sont pétrifiez en plusieurs « carrieres, ont esté engendrez sur le lieu mesme, pendant

1. *Loc. cit.*, p. 253.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« que les rochers n'estoyent que de l'eau et de la vase, les-
« quels depuis ont esté pétrifiez avec les dits poissons, comme
« tu entendras plus amplement cy-après, en parlant des
« rochers des Ardennes. »

« Et quant est des pierres où il y a plusieurs espèces de
« coquilles, ou bien qu'en une mesme pierre il y en a grande
« quantité d'un mesme genre, comme celles du fauxbourg
« Sainct-Marceau-lès-Paris, elles là sont formées en la
« maniere qui s'ensuit, sçavoir est qu'il y avait quelque
« grand réceptacle d'eau, auquel estait un nombre infini de
« poissons armez de coquilles, faictes en limace pyrami-
« dale, etc. »

L'annotateur des œuvres d'un potier de terre qui ne savait ni grec ni latin, comme dit Fontenelle, a justement fait remarquer[1] que le système du sondage des terres, la théorie de la stratification du sol, l'idée première, et nous ajouterons le principe de physique sur lequel reposent les puits artésiens, c'est-à-dire les principaux éléments de la géologie sédimentaire, se trouvent réunis dans ces deux pages. C'était la première fois que ces idées étaient exprimées théoriquement et qu'elles étaient démontrées par la pratique.

Après cette première lueur jetée par un de ces esprits que Montaigne appelait *prime-sautiers*, il s'écoula plus d'un siècle avant qu'il se produisît, sur notre sol, des recherches de quelque intérêt, et ce fut pendant ce temps que nous avons vu l'Italie, la Suisse, les diverses parties de l'Allemagne et que nous verrons aussi l'Angleterre préluder par des travaux utiles aux études plus importantes du siècle suivant. Comment cette période, si féconde à d'autres égards et que l'on a chez nous appelée le *grand siècle*, a-t-elle été si stérile en observateurs de la nature, sauf pour la botanique, et a-t-elle légué à celle qui l'a suivie le soin de remplir cette lacune? C'est ce que nous ne rechercherons pas ici, mais ce dont ne

1. Page 341 de l'édition de 1844, par Cap.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

peut manquer d'être frappé quiconque étudie le développement comparatif de l'esprit humain dans ses applications aux sciences, chez divers peuples, à un moment donné de la civilisation générale.

Descartes. — Nous avons cependant à rappeler, mais dans un ordre d'idée théorique fort élevé, que Descartes admettait l'unité de composition originaire de tous les corps planétaires. La matière à l'état igné le plus subtil, emportée dans divers tourbillons, constitua d'abord les astres dont la surface se couvrit peu à peu d'une croûte solide, opaque, en concentrant le feu à l'intérieur. Ainsi se formèrent les planètes, ainsi se forma la terre elle-même, dont la chaleur interne, réagissant sur son enveloppe, produisit ces inégalités qui constituent les montagnes. Ainsi rentra dans le domaine de la science moderne l'hypothèse du feu central que professait l'école de Pythagore; mais Descartes, craignant d'être inquiété comme l'avait été Galilée, se garda bien de publier toutes les conséquences qu'il avait déduites de ses hautes spéculations cosmogoniques[1].

Coulon. — C'est aussi vers le milieu du XVIIe siècle que Coulon publia un livre intitulé *les Rivières de France, ou description géographique et historique des cours et des débordements des rivières*, avec une carte hydrographique qui semble marquer la séparation, à la surface du pays, des roches granitiques et des terrains stratifiés, mais qui n'eut et ne pouvait avoir, en réalité, aucune influence sur la science.

De Réaumur, A. de Jussieu. — Malgré quelques mémoires sur les fossiles de certaines localités, tels que ceux de Morin qui, dès 1666, signalait des restes de Tortues dans les plâtrières de Paris, de J. Tissot, sur la découverte d'ossements du prétendu géant Teutobocus, près du château de Langon, au nord de Romans, en Dauphiné, en 1613, et d'autres que nous avons rappelés [2], ce ne fut, en réalité, que la notice de

1. *OEuvres de Descartes*, traduites par V. Cousin, vol. III, p. 210, 260, 265, 308. — De Humboldt, *Cosmos*, vol. III, p. 21.

2. Voy. *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. I, p. 253.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Réaumur sur les coquilles marines de la Touraine, publiée dans le recueil de l'Académie des sciences pour 1720, qui ouvrit en France la voie de ces études depuis si longtemps fermée. Ces amas de coquilles brisées ou entières, que l'on exploite pour l'amendement des terres, à une faible profondeur, et désignés sous le nom de *faluns*, ont été attribués par l'auteur à leur véritable origine, c'est-à-dire au séjour de la mer dans cette partie du bassin de la Loire. Deux ans auparavant, A. de Jussieu étudiait les empreintes de plantes trouvées dans les schistes houillers de Saint-Chamont, entre Saint-Étienne et Rive-de-Gier. Il remarquait la disposition de ces empreintes offrant toujours la même face en creux d'un côté et en relief de l'autre. Il faisait observer, en outre, que tous ces restes de végétaux n'avaient leurs analogues ni aux environs, ni même en France, et qu'il fallait, pour les trouver aujourd'hui, aller jusqu'aux Indes ou dans l'Amérique équinoxiale. Les mêmes remarques avaient été faites par Leibnitz, dit alors Fontenelle, pour des empreintes de plantes fossiles de l'Allemagne. De Jussieu attribuait la présence de ces végétaux à un flot de la mer des Indes ou du Nouveau-Monde, poussé par quelque révolution de la surface du globe, et qui les aurait apportés sur ce point.

Le même savant publia aussi un mémoire sur les cornes d'Ammon, qu'il regardait comme des espèces analogues au Nautile des Indes (*N. Pompilius*), et qui ont dû se pétrifier dans la roche. Il dit qu'on peut déjà en distinguer plus de 100 espèces, sans compter les variétés, et, en effet, nous avons vu précisément, vers le même temps, Scheuchzer en caractériser 140.

Boulanger, l'abbé Sauvage, Rouelle, etc. — Vers 1745, Boulanger, qui avait observé, surtout au point de vue de l'ingénieur, le cours de la Marne et son bassin hydrographique, prenait les oolithes, si fréquentes dans les calcaires jurassiques de ce pays, pour des œufs ou des germes de coquillage, et confondait, avec ces concrétions, de véritables rhizopodes,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

telles que les Miliolites du calcaire grossier de Paris. L'abbé Sauvage nous paraît être le premier qui ait décrit et fait représenter une coquille de rudistes bien caractérisée (*Radiolites Sauvagesi*) et constituant, par son abondance, une couche aux environs d'Uzès, sur la pente des Cévennes.

Suivant un article de Desmarest, inséré dans l'*Encyclopédie méthodique*, le chimiste Rouelle, professeur au Jardin des Plantes, développait dans ses cours certaines idées sur la théorie de la terre et la composition de sa surface. Il distinguait l'*ancienne terre* et la *nouvelle terre :* la première, comprenant les roches granitiques massives, la seconde, un ensemble de lits et de bancs calcaires, argileux, marneux et sableux, disposés horizontalement et formés de débris organiques. Ces derniers étaient distribués suivant un certain ordre, et leurs espèces différaient suivant les pays, comme on l'observe encore dans les mers actuelles. Ce que nous savons de la géologie de Rouelle, qui n'a rien écrit sur ce sujet, nous a été transmis par son biographe, qui paraît avoir été son élève.

De Maillet. — Nous avons apporté une attention toute particulière à l'examen du livre de de Maillet, intitulé *Telliamed* (anagramme de son nom), ou *Entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire français sur la diminution de la mer, la formation de la terre, l'origine de l'homme*, etc., livre qui a été jugé légèrement et qui vaut mieux que sa réputation, lorsqu'on se place au point de vue de l'auteur.

Il y a dans Telliamed deux parties distinctes : l'une comprenant l'observation exacte de certains faits et les réflexions naturelles qu'ils suggèrent à l'auteur, l'autre des renseignements vagues, douteux ou tout à fait faux, servant de point de départ aux hypothèses les plus étranges. La première, qui aurait dû seule fixer l'attention, est précisément celle qui a été négligée, tandis que la seconde a échappé à l'oubli, restant comme un exemple souvent cité de conceptions bizarres ou originales. Le retentissement du livre, lors de son apparition,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

est dû à cette partie purement hypothétique à laquelle de Maillet faisait sans doute allusion dans sa dédicace à son ami Cyrano de Bergerac, l'auteur du *Voyage dans la lune*.

Dans une préface, fort bien pensée, il s'attache à justifier plusieurs points de vue et les conclusions de son livre, que l'on pourrait juger contraires à la Bible. C'est ainsi qu'il dit : « Mais il est constant par la Genèse que le soleil ne fut « créé que le quatrième jour et que, par conséquent, on ne « pouvait compter ni jour, ni nuit ; d'où l'on peut conclure « que ce terme de jours n'est employé en cet endroit qu'im- « proprement, métaphoriquement et pour signifier la suc- « cession avec laquelle l'intelligence supérieure exécuta les « différents ouvrages dont il y est parlé[1]. »

L'ouvrage est divisé en six *entretiens* ou *journées*, rapportés aux années 1715 et 1716[2]. Or, ce qui nous a paru mériter surtout d'être rappelé, se trouve compris dans les trois premiers entretiens. L'idée fondamentale de de Maillet, le grand fait d'où il déduit la formation des terrains, des continents et des îles, le développement successif des végétaux et des animaux, c'est l'existence, qu'il croit avoir démontrée, des eaux de la mer ayant enveloppé tout le globe à son origine, puis diminué peu à peu jusqu'à leur état actuel. Ainsi l'auteur, qui séjourna longtemps en Égypte comme consul général de France, fonde son système précisément sur les idées que les prêtres de Memphis communiquaient à Hérodote deux mille deux cents ans auparavant.

De l'observation des pierres dans les carrières, les montagnes et les côtes, de leur disposition par lits au-dessus les uns des autres, il conclut que le tout a été formé dans la

1. Cette interprétation de de Maillet a été reproduite par Needham peu d'années après, puis par Buffon, par de Luc, et enfin donnée comme *nouvelle*, au commencement de ce siècle, par un orateur sacré, en grand renom, à qui l'on fit honneur de la découverte.

2. Imprimé en 1735, il ne fut publié qu'en 1748, trente-deux ans après avoir été écrit. — Voy., pour plus de détails, ce que nous avons dit du livre de de Maillet, *loc. cit.*, p. 266-277.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mer, non pas en même temps, mais successivement, dans l'ordre où l'on voit chaque pierre, et que par conséquent la mer a dû se retirer de plus en plus pour les laisser toutes à sec. Nous nous sommes attaché à faire voir l'ordre et la méthode que de Maillet avait mis dans cette partie de son livre, avec quelle sagacité il observait lui-même, comme le prouve sa description de la couche de minerai de fer de Moyeuvre, entre Metz et Thionville, celle de la colline de Sainte-Croix-du-Mont, sur la rive droite de la Garonne, en amont de Bordeaux, etc. Il nie d'ailleurs, avec beaucoup de bon sens, la possibilité du déluge universel, dont la croyance était si répandue alors, et ce n'est pas un des passages les moins remarquables de son livre. Il réfute également l'hypothèse des cavités intérieures qui devait trouver encore des partisans longtemps après lui, et, dès que l'idée de soulèvement des parties solides de l'écorce terrestre ne se présente pas à l'esprit, il faut reconnaître que l'accroissement des continents par l'éloignement des eaux de la mer, tel que l'expose de Maillet, acquiert beaucoup de probabilité.

Le quatrième entretien est consacré à l'examen des différents systèmes sur l'origine et la nature des corps marins trouvés dans l'intérieur des montagnes, examen qu'il termine en disant : « Tout enfin dans la nature nous parle de cette « vérité, que nos terrains sont l'ouvrage de la mer et qu'ils en « sont sortis par la diminution de ses eaux. » Dans le cinquième, arrivant à la partie la plus difficile de son système dont jusque-là tous les éléments étaient bien liés, c'est-à-dire aux causes de la diminution de la mer et à ses conséquences par rapport à l'état passé, présent et futur de l'univers, il cesse bientôt d'être guidé par l'observation et les faits, et l'ouvrage n'est plus qu'une compilation indigeste de documents incomplets, de fausses données, d'erreurs de physique sur lesquels sont édifiées les idées les plus bizarres, les plus obscures et les moins justifiées.

Nous n'avons pas insisté davantage sur le dernier entre-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tien de Telliamed, celui où il traite de l'origine de l'homme et des animaux et de la propagation de l'espèce par les semences. Cette idée de la transformation des êtres par les modifications des milieux ambiants ou par toute autre cause, renouvelée d'Anaximandre, a été reprise par un des zoologistes français les plus éminents du commencement de ce siècle, et aujourd'hui même le *Singe perfectionné* de Lamétherie est encore une thèse vivement soutenue, toute vieille qu'elle est.

Bertrand, d'Argenville. — Vers le milieu du XVIIIe siècle furent publiés un certain nombre de notes et de petits mémoires que nous avons mentionnés pour la plupart[1] et qui nous ont prouvé combien était fondée la remarque de Bourguet. Quelques ouvrages plus généraux et plus importants leur ont bientôt succédé. Tel est le *Dictionnaire universel des fossiles propres et des fossiles accidentels*, d'Élie Bertrand, dans lequel on trouve beaucoup de documents instructifs sur l'histoire des corps organiques et inorganiques, aux points de vue pétrographique, minéralogique et paléontologique. Le *Catalogue des fossiles de toutes les provinces de France*, par Dezallier d'Argenville, ouvrage complété par son *Histoire naturelle, éclaircie dans une de ses parties principales, l'oryctologie*, est une sorte d'iconographie minéralogique et zoologique, où sont représentés les fossiles et les minéraux sans aucune donnée scientifique, mais dont les gisements, ou mieux l'énumération par provinces, ajoute à ce qu'avait déjà fait connaître le tableau de Bourguet.

Buffon et Guettard. — Au moment où nous sommes arrivé, deux savants régnaient en France dans le domaine de la géologie. Tous deux, travailleurs infatigables, ont, pendant quarante ans, publié d'innombrables recherches. Le premier, d'un esprit vaste, savait rassembler et coordonner dans une large synthèse tous les matériaux épars d'un sujet donné,

1. *Loc. cit.*, p. 277, 282.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tracer de brillants tableaux, exposer les idées et les faits avec une clarté et une élégance qu'aucun de ses successeurs n'a dépassées ni même atteintes; il a imprimé aux esprits une heureuse impulsion vers l'étude de la nature; il a pu, de son vivant, jouir de toute sa renommée, et la postérité a ratifié la popularité qui s'était attachée au nom de Buffon.

Le second, se tenant plus près de la nature elle-même, observateur exact, minutieux, ne s'élevant pas au-dessus des plus simples conséquences des faits, écrivain peu habile, comme il le reconnaît lui-même, sec, souvent diffus, a peu réagi sur ce qui l'entourait, et son influence a été presque nulle. Il vint trop tôt pour certaines de ses idées, qu'il n'appuya point non plus de démonstrations suffisantes. Peu apprécié de ses contemporains, malgré tout ce qu'ils lui devaient, il n'a été réhabilité qu'assez longtemps après sa mort, et seulement encore dans l'esprit de quelques hommes de science, car le nom de Guettard n'a pas été adopté par l'opinion publique, qui semble se résoudre difficilement à admettre en même temps deux sommités dans un même ordre d'idées. Nous commencerons par celui-ci.

Guettard. — Guettard s'est d'abord fait connaître, en 1746, par le travail intitulé : *Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre.* « Je me suis proposé, dit-il, de faire voir par « cette carte qu'il y a une certaine régularité dans la distri- « bution qui a été faite des pierres, des métaux et de la plu- « part des autres fossiles. » Puis il indique la marche qu'il a suivie pour s'assurer de la nature du sol, en rayonnant de Paris dans diverses directions : vers le Poitou, le Perche, la Normandie, le Nivernais, etc. Dans l'examen des collines, il procédait absolument comme de Maillet, mais avec moins de netteté, moins de précision dans les détails, et moins d'élévation dans le but; d'un autre côté, il y mit plus de persévérance, et obtint des résultats que l'auteur de Telliamed ne cherchait point d'ailleurs.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les deux cartes qui accompagnent le mémoire de Guettard ne diffèrent que par leurs dimensions ou par la surface du pays qu'elles embrassent. En combinant les matériaux qu'il avait ainsi recueillis dans ses recherches, il représente le nord de la France, avec la partie orientale de l'Angleterre, comme occupé par trois bandes à peu près concentriques et à bords sinueux : *sablonneuse*, *marneuse*, *schisteuse* ou *métallique*. Lorsqu'on cherche à se rendre compte de la composition réelle de ces bandes ou zones superficielles de terrain, on reconnaît qu'elles sont plus éloignées de la nature que celles d'Arduino et de Lehmann, à peu près contemporaines. Ces cartes ne sont pas même, à proprement parler, des cartes *minéralogiques*, puisque nous y voyons réunies des roches aussi différentes que les granites, les schistes et les calcaires de transition, et que les calcaires jurassiques sont compris sous la même dénomination. Guettard subdivise ensuite chacune de ces bandes en plusieurs couches de diverses natures; et, au moyen de cinquante signes conventionnels, il supplée à la trop grande généralité ou à l'inexactitude de ces bandes. Ces signes indiquent le gisement des diverses substances minérales, les exploitations ou carrières, les diverses sortes de pierres, la présence des coquilles fossiles, les sources minérales, le charbon de terre, etc., c'est-à-dire qu'ils forment une sorte de tableau des richesses du sol, depuis les frontières de l'Espagne jusqu'en Islande, dont les volcans sont aussi marqués, et qui étaient alors les seuls connus dans l'Europe occidentale.

Il ne semble pas néanmoins résulter de ce qui précède ni des autres travaux de Guettard, qu'il ait eu une idée nette de la superposition générale des divers systèmes de couches compris dans l'étendue de sa carte; nous ne trouvons nulle part la démonstration de leur allure souterraine; il pouvait comprendre la série des assises d'une montagne en particulier, sans pour cela se rendre compte de la relation des couches des diverses montagnes entre elles. En un mot, il ne

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

paraît pas avoir saisi ce que nous appelons la *stratigraphie*, c'est-à-dire la véritable théorie des terrains de sédiment.

Avant de passer aux autres publications particulières de Guettard, nous dirons incidemment quelques mots des recherches qui se rapportent à l'*Atlas minéralogique de la France*, suite naturelle des précédentes, et dans lesquelles il eut pour collaborateurs, d'abord Lavoisier, et plus tard Monnet.

Lavoisier, l'une des gloires les moins contestées de la chimie, n'a publié qu'un mémoire géologique, dont nous parlerons à sa date. La plupart de ses observations sont restées manuscrites, ou leurs résultats pratiques ont été portés sur les seize premières feuilles de l'*Atlas* publiées par Guettard en 1778. Mais on peut affirmer, d'après les notes que nous avons compulsées, que, si elles avaient été réunies, coordonnées et imprimées en même temps que ces feuilles, la France se fût trouvée à cet égard en avance sur les autres pays de l'Europe. En effet, les profils théoriques comme la multitude de coupes particulières représentant la disposition relative des montagnes en couches plus ou moins redressées, les collines et les plateaux en couches horizontales, prouvent que Lavoisier saisissait très-bien la stratigraphie générale du nord de la France et du bassin de la Seine en particulier. Aussi, lorsque l'on compare ses notes avec les travaux imprimés de Guettard, on ne peut pas douter qu'il ne comprît beaucoup mieux que ce dernier la loi générale de la succession des couches.

Quant à Monnet, qui fut chargé de continuer le travail, il publia en 1780 la première partie de l'*Atlas et description minéralogique de la France*, composée de 31 cartes de détail et d'une carte d'ensemble, comprenant le nord de ce pays. En marge de chaque feuille se trouvent une ou plusieurs coupes locales de carrière ou autre, indiquant les principales masses de pierres qui s'observent dans l'étendue de la carte, puis des signes minéralogiques, d'exploitations, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

On voit dans l'avant-propos du texte que Monnet ne se faisait aucune idée de la série ou de l'ordre de superposition des terrains. Les trois voyages dont la description vient ensuite, et executés à travers la Picardie, la Flandre, la Champagne et la Lorraine, peuvent être encore consultés pour des détails de localités qui sont fort exacts, mais ils sont complétement dépourvus d'idée théorique quant à l'arrangement des roches.

Revenons à Guettard, qui a écrit sur une multitude de sujets se rapportant, de près ou de loin, aux sciences naturelles, d'abord dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, de 1751 à 1764. En s'occupant des fossiles, il en a toujours donné des figures, de sorte qu'il a encore eu le mérite de consacrer en France l'iconographie paléontologique depuis si longtemps en usage ailleurs, mais à peine employée chez nous. Ses recherches sur les spongiaires ou alcyons de la craie, sur les plâtrières de Montmartre, sur les environs de Fismes et de Soissons, sur les encrinites et les pierres étoilées, sur les empreintes d'animaux des ardoises d'Angers, qu'il n'hésite pas à rapprocher des crustacés, sur la pierre meulière et les silex des marnes du gypse, sur les divers modes de pétrification ou de fossilisation, sur les ossements de mammifères des plâtrières d'Aix et sur les fossiles de la craie des environs de Paris, prouvent déjà et la variété de ses études et son extrême activité au travail; mais les deux séries de ses *Mémoires*, chacune de 3 volumes in-4° avec planches, le prouvent encore mieux. L'une fut publiée en 1770, l'autre en 1786, l'année même de sa mort.

L'ouvrage le plus complet et le plus considérable de Guettard est celui que forme la réunion de ses *Mémoires sur la minéralogie du Dauphiné* (1779). Les principes énoncés dans la préface sont d'un observateur judicieux; mais, comme il a adopté, dans la description du pays, la forme d'*itinéraire*, on peut, tout en rendant justice à l'exactitude des observations, regretter que l'auteur ait consacré autant de temps et se soit donné autant de peine pour obtenir

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

un résultat scientifique assez faible. Divisant son sujet en régions géographiques, il représente le Dauphiné comme partagé en *surfaces sablonneuse, calcaire* et *schisteuse* ou *granitique*, ainsi qu'il l'avait déjà fait pour le nord de la France et de l'Angleterre, pour la Pologne et pour d'autres pays.

Enfin, la découverte géologique la plus importante que l'on doive à ce savant, celle qui seule suffirait pour immortaliser son nom, qui passa presque inaperçue lorsqu'il l'annonça le 10 mai 1752 à l'Académie des sciences, et qu'il fut encore obligé de revendiquer vingt-huit ans après, est l'existence de volcans anciens dans le centre de la France, restée complétement inconnue jusque-là et que personne ne soupçonnait. Le mémoire dans lequel Guettard a consigné ce fait si capital pour la géologie de notre pays est, en outre, un des meilleurs qu'il ait écrits, et ses descriptions ont une exactitude qu'on ne surpasserait pas aujourd'hui.

« Ce fut à Moulins, dit-il, que je vis les laves pour la « première fois; je les reconnus d'abord pour des pierres de « volcans, et je pensai dès lors qu'il devait y en avoir eu un « dans le canton d'où l'on disait que ces pierres étaient ap- « portées. L'envie que j'eus de voir ce pays ne fit qu'augmen- « ter dans les différents endroits où la route me conduisait, « et où je pouvais retrouver cette pierre employée dans les « bâtiments. Arrivé enfin à Riom, je ne pus me persuader que, « cette ville étant presque entièrement bâtie de cette pierre, « les carrières en fussent bien éloignées; j'appris qu'elles n'en « étaient qu'à deux lieues. J'y allai donc; je n'eus pas com- « mencé à monter la montagne qui domine le village de Vol- « vic, que je reconnus qu'elle n'était presque qu'un composé « de différentes matières qui sont rejetées dans les éruptions « des volcans, etc. »

L'examen des environs de Clermont, du Puy-de-Dôme, du Mont-Dore, confirma bientôt Guettard dans les conclusions que lui avaient suggérées ces premiers aperçus, et qui, malgré leur importance et la manière claire et précise dont elles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

étaient énoncées, firent si peu d'impression et laissèrent si peu de traces dans les esprits, que, pour constater son droit de priorité, que lui disputèrent plus tard certains journalistes, il fut obligé d'invoquer le témoignage de Malesherbes, qui l'accompagnait dans ce voyage. Nous avons reproduit la lettre de l'illustre magistrat, dont la noble simplicité peint bien le caractère, et qui, tout en constatant l'exactitude des faits, écarte les circonstances un peu romanesques dont quelques auteurs ont depuis entouré la découverte, et confirme un mérite que, tout récemment encore, d'autres personnes ont cherché à diminuer.

Retourné en Auvergne pour compléter sa connaissance d'un pays qui lui paraissait si curieux, Guettard publia, en 1759, sur la minéralogie de ce pays, un nouveau mémoire beaucoup plus étendu, accompagné d'une carte qui comprend toute la région entre Vichy, Aurillac et le Puy, travail fort intéressant pour l'époque, alors que les feuilles de celle de Cassini n'avaient point encore paru. Toutes les montagnes principales y sont marquées avec soin, et 22 signes conventionnels indiquent la nature des diverses sortes de pierres avec leurs gisements, les substances minérales exploitées, les sources thermales, etc.

Conduit, par ses études pétrographiques et ses découvertes en Auvergne, à s'occuper des roches désignées sous le nom de *basaltes*, Guettard[1] conclut, de ses propres recherches et de celles des auteurs qui s'étaient occupés de ce sujet avant lui, *que le basalte est une espèce de pierre vitrifiable, qu'elle se forme par voie de cristallisation, que cette cristallisation s'est faite dans un fluide aqueux, et qu'il n'y a pas lieu de penser qu'elle s'est faite dans un fluide igné.* A cet égard, le lithologiste français était donc le précurseur de Werner, dont il s'éloignait d'ailleurs sous tous les autres rapports.

1. *Mémoires sur différentes parties des sciences et des arts*, vol. II, p. 226, 1770.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ainsi Guettard, pendant une carrière assez longue, mais surtout très-laborieuse, consacrée à l'étude incessante des faits, et ayant embrassé toutes les branches de la géologie pratique dans l'un et l'autre règne, n'a cependant déduit aucune vue théorique de ses immenses recherches, et les lois de la succession des terrains comme celles des corps organisés fossiles qu'ils renferment lui sont restées inconnues.

Passons maintenant aux travaux de son contemporain qui l'avait précédé et lui survécut de deux ans.

Buffon. — Les grandes vues de Buffon sur le sujet qui nous occupe ont été émises par lui à près de trente ans d'intervalle : d'abord dans sa *Théorie de la terre*, écrite en 1744 et publiée cinq ans après, puis dans les *Époques de la nature*, qui parurent en 1778. Nous examinerons ces deux livres qui eurent un si grand retentissement, et nous ferons ressortir les changements que des études suivies avaient amenés dans les idées de leur illustre auteur.

Théorie de la Terre. — Après avoir traité, dans un premier discours, de la manière d'étudier l'histoire naturelle, il s'occupe, dans le second, de l'*Histoire et de la théorie de la terre.* Il examine quelques parties de la physique du globe, mentionne la présence des restes d'animaux fossiles sur une multitude de points, dans l'ancien comme dans le nouveau continent, et fait voir le peu de probabilité que leur existence puisse être attribuée au déluge universel, à cause du temps qu'il a fallu pour l'accumulation des dépôts où ils se trouvent. Ici, Buffon admet encore que les couches inclinées des montagnes ont été déposées ainsi sur des plans inclinés, mais on voit dans ses *Suppléments* qu'il a reconnu l'existence de phénomènes dynamiques de diverses sortes ayant contribué à ce changement dans leur position. Ainsi Buffon se convertit comme de Saussure, au fur et à mesure qu'il avance dans la connaissance des faits. Il attribue aux causes météorologiques actuelles une grande influence sur le mode de dépôts des sédiments marins, et il explique la présence de la mer sur l'em-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

placement de nos continents par la retraite successive de ses eaux, due à des phénomènes semblables à ceux dont nous sommes témoins. Ce sont surtout de *grands affaissements* résultant des causes internes, et particulièrement l'existence de vastes cavités, qui, comme toujours, sont invoqués; l'idée de *soulèvement* ne se présente point en général à l'esprit des naturalistes philosophes, parce qu'il faut surtout avoir étudié les faits en place et assez longtemps pour voir qu'elle répond seule à la question prise dans son ensemble.

Comprenant très-bien que, pour traiter de la théorie de la terre, il faut remonter plus haut que son état actuel, qu'il faut rechercher son origine, et que cette origine doit être liée à celle du système solaire tout entier dont elle fait partie, Buffon remarque d'abord la différence que présente la marche des comètes avec celle des planètes. « Ces dernières, « dit-il, tournent toutes dans le même sens autour du « soleil et presque dans le même plan, n'y ayant que sept « degrés et demi d'inclinaison entre les plans les plus éloi- « gnés de leurs orbites. Cette conformité de position et de « direction dans le mouvement des planètes suppose néces- « sairement quelque chose de commun dans leur mouvement « d'impulsion, et doit faire soupçonner qu'il lui a été commu- « niqué par une seule et même cause.

« Ne peut-on pas imaginer, avec une sorte de vraisem- « blance, qu'une comète, tombant sur la surface du soleil, « aura déplacé cet astre, et qu'elle en aura séparé quelques « petites parties, auxquelles elle aura communiqué un mou- « vement d'impulsion dans le même sens et par un même « choc, en sorte que les planètes auraient autrefois appartenu « au corps du soleil et qu'elles en auraient été détachées par « une force impulsive, commune à toutes, qu'elles conser- « vent encore aujourd'hui?

« Cette idée sur la cause du mouvement d'impulsion des « planètes paraîtra moins hasardée lorsqu'on rassemblera « toutes les analogies qui y ont rapport, et qu'on voudra se

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« donner la peine d'en estimer les probabilités. La première « est cette direction commune de leur mouvement d'impul- « sion, qui fait que les six planètes vont toutes d'occident en « orient. Il y a déjà 64 à parier contre un qu'elles n'auraient « pas eu ce mouvement dans le même sens si la même cause « ne l'avait produit, ce qu'il est aisé de prouver par la doc- « trine des hasards.

« Cette probabilité augmentera prodigieusement par la « seconde analogie, qui est que l'inclinaison des orbites n'ex- « cède pas 7 degrés et demi ; car, en comparant les espaces, « on trouve qu'il y a 24 contre un pour que deux planètes se « trouvent dans des plans plus éloignés, et, par conséquent « 24, élevé à la cinquième puissance, ou 7,962,624 à parier « contre un, que ce n'est pas par hasard qu'elles se trouvent « toutes six ainsi placées et renfermées dans l'espace de 7 « degrés et demi ; ou, ce qui revient au même, il y a cette « probabilité qu'elles ont quelque chose de commun dans le « mouvement qui leur a donné cette position. Mais que peut-il « y avoir de commun dans l'impression d'un mouvement « d'impulsion, si ce n'est la force et la direction du corps « qui le communiquent? On peut donc conclure, avec une « très-grande vraisemblance, que les planètes ont reçu leur « mouvement d'impulsion par un seul coup. Cette probabi- « lité, qui équivaut presque à une certitude, étant acquise, « je cherche quel corps en mouvement a pu faire ce choc et « produire cet effet, et je ne vois que les comètes capables « de communiquer un aussi grand mouvement à d'aussi vastes « corps[1]. »

1. Il ne faut pas oublier, comme le font beaucoup de critiques, qu'au temps de Buffon on attribuait aux comètes une densité qui justifiait son hypothèse (voy. ses notes sur la *première époque*). Les personnes, au contraire, qui, de notre temps encore, font entrer les chocs de ces corps dans leurs théories géologiques, ne sont pas excusables. On sait actuellement que leur densité est tellement faible que leur choc, loin de pouvoir détacher du soleil une certaine partie de sa matière, ne pourrait même la faire pénétrer à travers l'atmosphère de la terre, pour heurter celle-ci. Le 28 novembre 1828, M. Struve put voir une étoile de onzième grandeur à travers le noyau de la comète de Encke.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La manière dont il entend l'état des corps après leur séparation du soleil est expliquée dans les *Additions* où l'auteur dit que la matière des planètes, au sortir du soleil, était aussi lumineuse que celle de cet astre, et que les planètes ne sont devenues opaques que quand leur état d'incandescence a cessé... Ainsi l'on peut dire qu'à tous égards la matière dont les planètes sont composées est la même que celle du soleil, et qu'il n'y a d'autre différence entre eux que le degré de chaleur, qui est extrême dans le soleil et plus ou moins attiédie dans les planètes, suivant le rapport composé de leur épaisseur et de leur densité.

Buffon développe ensuite les raisons à l'appui de son hypothèse et discute tous les éléments de la question avec une grande profondeur de vues. Il est impossible de ne pas admirer la sagacité de son jugement et la force de son argumentation qui s'étayent sur une connaissance du sujet aussi complète qu'on pouvait l'avoir alors. L'application des lois de la mécanique à un phénomène de cet ordre était tentée pour la première fois, et si, comme nous le dirons plus loin, l'hypothèse ne répondait pas à toutes les conditions du problème et se trouvait même contraire aux faits, puisque les parties ainsi détachées devraient décrire des courbes très-

En 1832, F. Arago démontra qu'une comète dont le diamètre égalerait le quart de celui de la terre et plus rapprochée du soleil que de nous à son périhélie, présenterait une seule chance de choc ou de rencontre sur 281 millions. De son côté, M. Babinet a fait voir que l'atmosphère terrestre, éclairée par la lune, est 900,000 fois plus brillante que la matière cométaire en plein soleil, et, comme la lumière solaire est 800,000 fois plus intense que celle de la pleine lune, notre atmosphère, éclairée par le soleil, serait 720 milliards de fois plus brillante que la comète. Le même savant, comparant la densité de la matière cométaire à celle de notre atmosphère, trouve qu'elle serait exprimée par une fraction dont le numérateur serait l'unité, et le dénominateur un nombre plus grand que l'unité suivie de 125 zéros. Enfin, Herschell, qui estimait à *quelques onces* la masse de la queue d'une comète, l'exagérait encore prodigieusement d'après les calculs précédents. D'un autre côté, les astronomes mathématiciens étant tous d'accord sur la stabilité, dans tous les temps, de la position de l'axe de la terre, nous devons chercher dans sa seule constitution la cause de toutes les perturbations de sa surface.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

allongées et venir, à chaque révolution, raser le corps d'où elles provenaient, si, en outre, la cause invoquée était loin d'être en rapport avec l'effet, comme on le sait aujourd'hui, il n'en est pas moins vrai qu'une supposition qui rend compte à la fois de deux des parties les plus difficiles d'une question de cet ordre, savoir : le mouvement des planètes dans le même sens et à peu près dans le même plan, puis leur état de fluidité primitive, et qui, en outre, permet à l'auteur de soupçonner une analogie de composition des divers corps du système déjà entrevue par Descartes, et que les découvertes les plus récentes tendent à prouver, une telle supposition, disons-nous, sera regardée dans tous les temps comme une des plus magnifiques conceptions de l'esprit humain.

L'auteur, examinant ensuite les systèmes cosmogoniques ou géogéniques de Whiston, de Burnet, de Woodward, et ceux de Leibnitz, de Scheuchzer et de Bourguet, les discute, montre leurs côtés faibles et insiste souvent sur ce qu'ils sont en désaccord avec les récits bibliques, les blâmant d'un autre côté de mêler la physique avec la théologie. Mais lui-même tombe fréquemment dans le tort qu'il reproche à ses devanciers, nous donnant ainsi, sans le vouloir, un reflet des préoccupations qui pesaient encore sur beaucoup de bons esprits et le moyen d'apprécier les changements heureux que produisirent, dans la clarté et l'indépendance scientifique de ses vues, les trente-quatre ans qui séparent le moment où il écrivait la *Théorie de la Terre* de celui où parurent les *Époques de la nature.*

Passant plus loin à un ordre d'idées et de faits plus positifs, Buffon s'occupe de l'influence des corps organisés, et en particulier des coquilles, sur la composition des couches. « Le volume de ces productions de la mer, dit-il, est « étonnant, et le nombre des dispositions de ces animaux « marins est si prodigieux qu'il n'est guère possible d'ima- « giner qu'il puisse y en avoir davantage dans la mer. C'est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« en considérant cette multitude innombrable de coquilles et « d'autres productions marines, qu'on ne peut pas douter que « notre terre ait été pendant un très-long temps un fond de « mer peuplé d'autant de coquillages que l'est actuellement « l'Océan; la quantité en est immense, et naturellement on « n'imaginerait pas qu'il y eût dans la mer une multitude « aussi grande d'animaux; ce n'est que par celle des coquilles « fossiles et pétrifiées qu'on trouve sur la terre qu'on peut en « avoir une idée... C'est par montagnes qu'on les trouve; « c'est par bancs de 100 et 200 lieues de longueur; c'est par « collines et par provinces qu'il faut les toiser, souvent dans « une épaisseur de 50 ou 60 pieds, et c'est d'après ces faits « qu'il faut raisonner, etc. »

C'est un sujet sur lequel il revient souvent, non-seulement ici, mais encore dans l'*Histoire des minéraux* et dans les *Suppléments*, comme une des vérités dont il est le plus pénétré, au fur et à mesure qu'il avance dans ses études, et que tout ce qui a été observé depuis n'a fait que confirmer.

L'article IX de la *Théorie de la Terre* est consacrée aux inégalités de sa surface, par conséquent aux montagnes, dont il a aussi traité dans les *Suppléments*, et la fin du livre est consacrée à l'hydrographie générale et aux phénomènes météorologiques de nos jours dont les actions peuvent influer plus ou moins sur les changements apportés dans l'aspect et dans l'état de la surface terrestre

Époques de la nature. — Dans les *Epoques de la nature*, l'auteur rappelle d'abord ce qu'il a dit dans l'ouvrage précédent sur l'influence des produits organiques marins, et, par les ossements de grands mammifères provenant de la Sibérie et de l'Amérique du Nord, il prouve l'existence d'une chaleur propre du globe qui a permis à ces animaux de vivre sous des latitudes où ils ne vivraient plus aujourd'hui.

Buffon montre ensuite que les roches cristallisées, qu'il appelle la *formation des matières vitrescibles*, sont bien plus anciennes que les calcaires, résultat de la destruction et de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'agglutination des débris d'animaux marins. Il est ainsi conduit à distinguer d'abord *cinq époques* dans les âges de la terre.

La *première époque* est celle où le globe, étant à l'état de fluidité ignée, a pris sa forme en se renflant à l'équateur et en s'aplatissant aux pôles, en vertu de son mouvement de rotation et de la théorie des forces centrales; la *seconde*, celle où la consolidation de la matière fluide, par suite du refroidissement, a formé les grandes masses de matières vitrescibles, telles que les gneiss, les granites et autres roches cristallines anciennes; la *troisième*, celle où la mer, recouvrant la terre actuellement habitée, a nourri les animaux à coquilles dont les dépouilles ont formé les roches calcaires; la *quatrième*, celle de la retraite de ces mêmes mers de nos continents pour se renfermer dans leurs bassins actuels; la *cinquième*, celle pendant laquelle ont vécu, sur la terre du Nord, les Éléphants, les Rhinocéros, les Hippopotames et les autres grands animaux des contrées chaudes de nos jours.

Cette époque, dit l'auteur, est évidemment postérieure à la quatrième, puisque les dépouilles de ces animaux terrestres se trouvent dans le sol superficiel, tandis que celles des animaux marins sont, pour la plupart, dans les mêmes lieux, enfouis à une très-grande profondeur. Ils ont dû vivre sous les zones tempérée et glaciale actuelles, et les ossements recueillis, dès 1705, sur les bords de l'Ohio, regardés par Buffon comme provenant d'une espèce perdue d'Éléphant, observés aussi au Canada, en Tartarie et à Simorre, en France, viennent encore appuyer ses vues. Ce grand animal, que nous verrons désigné sous le nom de Mastodonte de l'Ohio et dont les dents ont été bien figurées dans les *Époques de la nature*, était, pour le savant français, contemporain des Éléphants de la Sibérie, opinion que nous admettons encore aujourd'hui.

Buffon fait voir que les changements dans le degré d'obliquité de l'écliptique, invoqués pour expliquer une température plus chaude sous les hautes latitudes, ne peuvent avoir

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

déplacé les pôles de la terre de manière que la Sibérie ait jamais joui du climat de l'Inde. Ces changements ne sont ni constants ni continus, mais produits, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, suivant l'action des planètes perturbatrices, et sans que l'inclinaison puisse jamais atteindre, non pas un angle de 45°, mais même de 6°. La température qui devait exister alors dans le voisinage du cercle polaire était le reste de la température initiale de la terre.

La *sixième époque* est celle de la séparation des deux continents, dont l'ancienne liaison est démontrée par la présence des restes de mêmes mammifères dans le nord de l'un et de l'autre. L'existence, dans les couches du nord et du centre de l'Europe, d'animaux marins qui ne peuvent ou n'ont pu vivre que dans les mers chaudes, prouve encore des changements de climat dans le même sens et attribués à la même cause.

« Voilà donc, dit l'auteur, l'ordre des temps indiqués par « les faits et par les monuments. Voilà six époques dans la « succession des premiers âges de la nature, six espaces de « durée dont les limites, quoique indéterminées, n'en sont pas « moins réelles... Nous pouvons les comparer entre elles, en « évaluer la durée relative et rapporter à chacune de ces « périodes de durée d'autres monuments et d'autres faits qui « nous indiqueront des dates contemporaines et peut-être « aussi des époques intermédiaires et subséquentes [1]. »

Mais, en réalité, ces époques si vaguement définies ne sont que les germes encore bien peu distincts, les ébauches bien faiblement tracées de nos classifications actuelles. Pour s'en rendre compte, il suffit de remarquer : 1° que les dépôts appelés aujourd'hui *intermédiaires* ou de *transition*, puis *secondaires* et *tertiaires*, ou la totalité des terrains de sédiment, moins ceux appelés *diluviens* ou *quaternaires*, sont sans

1. Buffon, se préoccupant beaucoup aussi des contradictions que l'observation des faits présente avec le texte de la Genèse, cherche à les concilier ici, absolument par la même interprétation que de Maillet, Needham, de Luc, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

distinction compris dans la *troisième époque* de Buffon ; 2° que la *quatrième* n'est que l'intervalle de temps supposé entre la troisième et la cinquième, pour l'écoulement des eaux et la mise à sec des terres actuelles ; 3° que la *cinquième* correspond évidemment à notre période *quaternaire* dont la *sixième* serait seulement la fin. La distinction de plusieurs de ces prétendues époques repose ainsi sur des caractères différents et non comparables pour chacune d'elles, car les unes représentent une certaine durée de temps, et les autres, des phénomènes physiques qui ont pu n'être qu'instantanés. Il n'y a donc là aucun principe, aucune méthode réellement scientifique.

Dans les notes à l'appui de ce premier exposé général de ses vues, Buffon rapporte ce que l'on savait alors sur l'existence des débris de grands mammifères fossiles dans divers pays, sans négliger pour cela les restes d'animaux inférieurs, au moins théoriquement, car il connaissait fort peu les ouvrages publiés à l'étranger sur ce sujet. Il comprenait ainsi très-bien le rôle que devaient jouer les fossiles dans l'histoire du globe. « Leur pétrification, dit-il ailleurs, est le « grand moyen dont la nature s'est servie et dont elle se sert « encore pour conserver à jamais les empreintes des êtres « périssables ; c'est, en effet, par elle que nous reconnaissons « ses plus anciennes productions et que nous avons une idée « de ces espèces maintenant anéanties, dont l'existence a pré- « cédé celle de tous les êtres actuellement vivants ou végé- « tants ; ce sont les seuls monuments des premiers âges du « monde ; leur forme est une inscription authentique qu'il est « aisé de lire en la comparant avec les formes des êtres orga- « nisés du même genre... C'est surtout dans les coquillages « et les poissons, premiers habitants du globe, que l'on peut « compter un plus grand nombre d'espèces qui ne subsistent « plus. Nous n'entreprendrons pas d'en donner ici l'énumé- « ration, qui, quoique longue, serait encore incomplète ; ce « travail sur la vieille nature exigerait seul plus de temps

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« qu'il ne m'en reste à vivre, et je ne puis que le recom-
« mander à la postérité. »

La postérité a dignement répondu à cet appel de notre grand naturaliste, et l'on peut aujourd'hui juger de tout ce qu'il y avait de vrai et de prophétique dans les remarques de celui qui avait tant médité sur le passé de la terre.

Buffon entre ensuite dans l'exposé détaillé des faits relatifs à chaque *époque*. Dans ce qui se rapporte à la *première*, lorsque la terre et les planètes ont pris leur forme, il cite de nouvelles preuves à l'appui de son hypothèse sur leur origine, et montre qu'il n'a pas suffi que la terre et les planètes soient passées, comme certaines comètes, dans le voisinage du soleil, pour que leur liquéfaction ait pu s'y opérer, ce qui fait présumer que cette matière des planètes a autrefois appartenu au corps même du soleil et en a été séparée par la cause précitée.

Quant à la chaleur propre du soleil, il croit en trouver la cause dans la constitution même du monde; elle résulterait de la pression et du frottement intérieur de toutes les parties de sa masse et de l'action pénétrante de tous les corps qui circulent autour de lui. Les phénomènes observés à sa surface prouvent que sa masse est fluide. Les étoiles ont dû s'échauffer, se liquéfier et brûler aussi par suite de la pression active des corps opaques, solides et obscurs qui circulent autour d'elles, et « cela seul peut expliquer pourquoi il n'y a
« que les astres fixes qui soient lumineux et pourquoi, dans
« l'univers solaire, tous les astres errants sont obscurs. »

Ainsi, non-seulement l'origine des planètes est attribuée dans l'hypothèse au choc d'une comète sur la masse fluide du soleil, mais encore l'état de fluidité ignée de celui-ci serait dû à la pression exercée par les nombreuses comètes qui font partie de son système. En poussant plus loin le raisonnement, il trouve que les satellites qui tournent autour de leur planète principale doivent peser sur elle comme celles-ci sur le soleil, et par conséquent leur communiquer un cer-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tain degré de chaleur et cela en raison de leur nombre et de leur masse, de manière à compenser jusqu'à un certain point, comme pour Jupiter et Saturne, leur éloignement de l'astre central.

Nous verrons plus loin que, cinquante ans après Buffon, l'un des plus grands physiciens de notre temps arrivait, par l'application de l'analyse mathématique, à une conséquence semblable à celle que l'illustre naturaliste déduisait de son hypothèse. Celle-ci n'est d'ailleurs pour lui, comme il le dit, qu'une probabilité qui a l'avantage de rendre raison de la forme, du mouvement et de la position relative des divers corps de notre système solaire.

« Le passage de ces corps, de l'état liquide à l'état solide, continue-t-il, s'est fait naturellement et par la seule diminution de la chaleur. Le refroidissement a commencé par la surface, où les matières en fusion se sont consolidées dans un temps assez court pour former la croûte extérieure cristalline, tandis que les substances qui, comme l'air et l'eau, n'étaient point solidifiées par cet abaissement de température, restèrent à l'état liquide ou gazeux pour former une enveloppe fluide ou aériforme plus ou moins semblable à celle du soleil. A mesure que les planètes se consolidaient, elles perdaient de leur lumière, et elles ne devinrent tout à fait obscures qu'après que la solidification eut atteint leur centre, comme on le voit dans une masse de métal fondu, où la lumière rouge et rouge obscure persiste longtemps après la consolidation de sa surface. »

C'est à cette époque, et par suite des mouvements qui se produisaient dans la masse en se refroidissant, que Buffon rapporte la formation des plus hautes montagnes de la terre, comme celles de la lune et les aspérités des autres planètes.

« Représentons-nous, dit-il, l'état et l'aspect de notre « univers dans son premier âge : toutes les planètes nou- « vellement consolidées à la surface étaient encore liquides à « l'intérieur, et lançaient au dehors une lumière très-vive :

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« c'étaient autant de petits soleils détachés du grand, qui ne « lui cédaient que par le volume et dont la lumière et la cha- « leur se répandaient de même. Ce temps d'incandescence a « duré tant que la planète n'a pas été consolidée jusqu'au « centre, c'est-à-dire environ 2936 ans pour la Terre, 644 pour « la Lune, 1127 pour Mercure, 1130 pour Mars, 3596 pour « Vénus, 5140 pour Saturne et 9433 pour Jupiter [1]. »

L'origine des satellites, comme celle de l'anneau de Saturne, résulte de la projection de la matière des planètes encore à l'état fluide par l'action de leur force centrifuge. « Ainsi la Terre, dont la vitesse de rotation est d'environ 9000 « lieues en 24 heures, ou 6 lieues un quart par minute, a « projeté hors d'elle les portions les moins denses de son « équateur, lesquelles se sont rassemblées par leur attraction « mutuelle à 85000 lieues de distance, où elles ont formé le « globe de la Lune. Car la densité de celle-ci est à celle de la « Terre comme 702 est à 1000, c'est-à-dire de plus d'un tiers « moindre, et la Lune tourne autour de la Terre dans un « plan qui n'est éloigné que de 23° de notre équateur, et sa « distance moyenne est de 85000 lieues. »

Buffon applique également ces considérations aux autres planètes, et nous ferons remarquer plus loin l'accord remarquable de quelques-uns de ses résultats avec ceux obtenus par une autre hypothèse cosmogonique, à laquelle on se rattache généralement aujourd'hui, comme étant celle qui répond le mieux à toutes les exigences de cette grande question.

On vient de dire que la durée de l'incandescence de la Terre avait été supposée de 2936 ans; il se serait ensuite écoulé 34270 ans jusqu'à ce que l'on pût toucher sa surface, et par conséquent 37206 ans environ avant qu'aucun être organisé ait pu y vivre. Ici l'auteur s'attache à justifier le chiffre de 75000 ans qu'il assigne à l'ancienneté actuelle du

1. On sait que Buffon déduisit ces chiffres de ses expériences directes sur le refroidissement des corps, qui l'avaient conduit à admettre que sa durée est toujours à peu près proportionnelle à leur diamètre et à leur densité.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

globe, et il le fait par des raisonnements très-justes et des exemples pris dans la nature, que les personnes seules étrangères à l'observation des faits les plus simples pourraient contester. Mais ces évaluations, comme nous le savons aujourd'hui, et comme Buffon le prévoyait lui-même, sont certainement au-dessous de la réalité, et c'est une de ces vérités sur lesquelles, malgré leur évidence, on est toujours obligé d'insister. Les philosophes anciens, depuis Orphée, en avaient tous la conscience, et cependant c'est une idée contre laquelle persistent avec ténacité les préjugés de l'ignorance. Nous avons d'ailleurs cité un exemple, que nous reproduirons plus loin, bien propre à convaincre les plus incrédules à cet égard.

Passant à la *seconde époque*, Buffon compare, comme Leibnitz, avec ce qui a dû avoir lieu à la surface du sphéroïde, ce qui se passe à la surface d'une masse de verre ou de métal fondu lorsqu'elle commence à se refroidir. Des cavités, des dépressions, des ondulations se sont produites, et au-dessous, des vides et des boursoufflures. Les unes représentaient les vallées, les autres les montagnes, les plus élevées étant regardées comme les plus anciennes, parce qu'elles sont formées de roches cristallines, ce qui d'ailleurs était une idée spécieuse généralement admise alors.

La formation des montagnes calcaires n'a commencé qu'après que les eaux ont pu séjourner à la surface, puisque leur composition suppose la production des coquilles et autres corps qui se développent seulement dans la mer. C'est à cette époque qu'eut lieu le remplissage des fentes et des cavités des roches par les substances métalliques des filons, soit par la sublimation de ces substances, soit par l'intermédiaire de l'eau.

Après avoir cherché à rendre compte du parallélisme de certains filons, de la direction de ceux qui les coupent, de leurs relations avec la direction des chaînes, Buffon passe à l'étude de ces dernières, à celles des grandes vallées, à la forme générale des grands continents qui se terminent en

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pointes vers le S., enfin à l'ensemble de caractères orographiques que le globe dut prendre alors.

En traitant de la *troisième époque*, il conclut de ce que l'on trouve, dans les montagnes de l'ancien comme du nouveau continent, des coquilles marines jusqu'à 1500 ou 2000 toises, que les eaux de la mer ont atteint ce niveau et que le diamètre de la terre avait deux lieues de plus. Ainsi il ne connaissait point les opinions déjà émises sur le mode de formation des montagnes, et avait toujours recours à ces cavernes imaginaires pour engloutir le surplus des eaux et amener celles-ci à leur niveau actuel. Il oubliait, en outre, de remarquer que le changement de volume de la terre a dû se traduire par un changement correspondant dans son mouvement de rotation et dans la durée du jour. Revenant ensuite à l'idée que les animaux d'alors étaient plus grands que ceux d'à présent, il cite à l'appui les dimensions de certaines Ammonites, les pachydermes et autres mammifères fossiles, connus alors; mais on peut dire qu'il ne soupçonnait pas le nombre infini de flores et de faunes comprises dans la troisième époque, ni le principe de leur succession.

En lui assignant une durée de 20000 ans, Buffon suppose que les végétaux qui ont produit la houille ont vécu et se sont reproduits pendant toute sa durée; c'est une erreur qu'il eût évitée, s'il eût connu les travaux descriptifs exécutés de son temps; il aurait vu que les couches de charbon, quelle que soit d'ailleurs la durée exigée pour leur formation, ne constituent, en réalité, qu'une infiniment petite fraction de la série des dépôts réunis dans cette même époque.

Il pensait que les argiles étaient le premier sédiment précipité au fond des eaux, et que les calcaires avec la plupart des animaux marins étaient venus ensuite. Il déduisait cette théorie générale de ce qu'il avait observé dans le creusement de quelques puits au fond des petits vallons de Montbard; mais il est difficile de concevoir un édifice reposant sur une base plus étroite et plus fragile. Les quelques traces char-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

bonneuses observées dans les argiles du lias de la Bourgogne, prises pour le véritable terrain houiller, et tous les raisonnements qui s'y rattachent, prouvent une absence complète de données exactes sur ce sujet, tandis que ce qui suit, sur l'origine et le mode de formation des couches de charbon de terre, ne diffère guère de ce que l'on pourrait en dire aujourd'hui, et surtout on ne s'exprimerait pas avec plus de justesse, d'élégance et un sentiment plus profond de l'avenir, relativement au rôle que devait jouer la houille dans la civilisation moderne et aux ressources presque inépuisables qu'elle devait nous offrir.

Ce que nous avons dit des caractères des *quatrième* et *sixième époque* peut nous dispenser d'y revenir ici pour faire apprécier leur importance relative et leur valeur au point de vue de la science actuelle; mais nous ne pouvons passer sous silence une *septième époque*, dont il n'a pas été question au commencement de son livre, et que Buffon ajoute ici : c'est celle où la puissance de l'homme a secondé la puissance de la nature.

Le tableau des premiers établissements de l'espèce humaine à la surface de la terre est tracé avec infiniment de grâce ; mais tout ce qui suit n'est qu'une élégante rêverie de l'auteur, qui exagère singulièrement l'effet des travaux de l'homme sur les climats. C'est ainsi qu'il attribue la différence entre les climats de Paris et de Québec au déboisement de la France, à l'écoulement des eaux par des travaux de canalisation, à la culture, etc.

Mais n'oublions pas que ce fut seulement vingt-deux ans plus tard que la théorie des lignes isothermes fut exposée par un autre savant, qui, sans avoir le génie de Buffon ni la même force de synthèse, possédait plus de connaissances pratiques et surtout le grand avantage d'avoir beaucoup voyagé, observé et comparé.

En résumé, Buffon, tout en coordonnant avec infiniment d'art ce qu'il avait appris et ce qu'il avait vu lui-même, et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

imprimant aux résultats qu'il en tirait un caractère de grandeur qui lui était propre, montre qu'il était peu familiarisé avec les publications faites à l'étranger sur le sujet qu'il a traité à deux reprises différentes. Moins prévenu aussi que ses contemporains contre les travaux de Guettard, il eût pu en tirer parti pour asseoir sa théorie sur des faits plus nombreux et moins vagues. L'esprit des méthodes actuelles n'était pas d'ailleurs dans la tournure de ses idées ; il ne le comprenait pas ou le négligeait à tort. Nous ne pouvons donc regarder les *Époques de la nature*, malgré la généralité de leur objet, comme l'expression réelle et complète de l'état des connaissances d'alors sur ce même objet. Elles n'en reflètent qu'une partie, arrangée à un certain point de vue. Mais disons aussi que ce que l'on savait de plus n'était pas généralement répandu ni admis ; c'étaient des observations locales ou des vues théoriques publiées dans de petits centres scientifiques, qu'elles ne dépassaient guère et où souvent même elles étaient méconnues. La lenteur et les difficultés des relations littéraires ont pu concourir également à ces omissions regrettables, mais l'œuvre, pour être moins parfaite, est toujours un travail d'une haute portée et digne de la plus profonde estime, parce qu'il dépasse de beaucoup tout ce qui avait été tenté dans cette direction.

Disons enfin qu'au point de vue où nous le considérons, Buffon a été mal jugé par plusieurs de ses contemporains, surtout à l'étranger, et qu'il l'est encore de nos jours par les hommes exclusivement pratiques, qui ne voient dans les sciences que le côté utile, leur application directe, ou qui étudient seulement les faits en eux-mêmes ; mais pour quiconque s'élève au-dessus de cette sorte de *réalisme*, Buffon occupera toujours une très-grande place, sinon la plus grande, parmi les savants qui ont tenté de porter la lumière sur le passé de notre planète.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

DEUXIÈME PÉRIODE.

Les idées de Buffon, pas plus que les recherches et les descriptions de Guettard, n'influèrent sensiblement sur la marche des études géologiques et paléontologiques de la fin du XVIIIe siècle dans notre pays; les premières étaient trop élevées, les secondes trop diffuses; les unes et les autres ne pouvaient être ni généralisées ni utilisées et appliquées directement dans la pratique. La vraie méthode d'observer et de déduire n'étant point connue, l'édifice tout entier restait à élever; aussi les naturalistes assez nombreux qui succèdent à ces deux grandes illustrations, et dont nous nous bornerons à rappeler ici les principaux, offrent-ils encore pour la plupart cette marche incertaine, cette absence de direction et de principes qui font que leurs résultats n'ont qu'un intérêt de localité assez secondaire.

La deuxième période de l'histoire de la géologie en France, que nous avons proposée bien plus pour faciliter l'arrangement des matériaux que pour indiquer une phase distincte de la science, est relativement assez courte; mais le nombre et la diversité des publications nous engagent à ranger les unes dans un ordre géographique, sous les désignations de *France sud*, *France centrale*, *France nord*, les autres par ordre de matières, sous celles de *Paléozoologie*, de *Traités généraux et enseignement*, et de *Paléontologie appliquée*.

Nous commencerons par nos provinces du Midi, qui, vers la fin du dernier siècle, ont donné lieu à des travaux beaucoup plus importants que celles du Nord, ce qui a été précisément l'inverse pour le commencement du siècle actuel.

§ 1. FRANCE SUD.

Les Pyrénées. — Palassou. — Dans la région des Pyrénées les eaux thermales ont attiré depuis longtemps l'attention, et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le premier travail de quelque valeur sur la partie nord de cette chaîne est l'*Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées*, publié par l'abbé Palassou, en 1782, et sur lequel un rapport favorable avait été fait à l'Académie des sciences dès 1778. Le texte est accompagné d'une carte générale, de 8 cartes minéralogiques de détail, où la direction des couches est toujours marquée, et de 12 planches représentant des vues de montagnes.

« Ce ne sont point, dit l'auteur dans son *Introduction*, « des observations isolées faites au gré du hasard, qui ont été « l'objet de mon voyage ; un plan suivi et uniforme les a « dirigées. Mon travail commence à l'extrémité de la chaîne « que l'Océan baigne de ses flots ; il continue, suivant la posi- « tion successive des lieux, jusqu'aux montagnes qui vont « se perdre dans la Méditerranée. La régularité que la na- « ture a mise dans ses ouvrages a été mon seul guide ; « elle a concouru à l'ordre des faits que je me propose de « décrire.....

« Il ne faut donc pas se hâter de prononcer sur la consti- « tution des Pyrénées, dit-il plus loin ; ces montagnes héris- « sées de pics, déchirées dans leurs flancs, sillonnées par une « infinité de torrents, n'ont pas conservé leur forme primi- « tive ; la terre, couverte de rochers confusément entassés, y « montre souvent l'image du chaos ; ces grands changements « empêchent de reconnaître au premier coup d'œil le plan « régulier que la nature a suivi dans ses opérations ; mais, « lorsqu'à travers les ruines causées par le temps on pénètre « dans le sein des montagnes, il est facile alors d'apercevoir « l'uniformité constante de leur structure intérieure. Des « couches parallèles dévoilent le travail paisible de l'agent « qui les a formées. »

Ainsi, dans le même temps, Palassou concluait pour les Pyrénées à l'inverse de de Saussure pour les Alpes, où ce dernier n'avait rien trouvé de *constant que leur variété*.

« Les monts Pyrénéens, continue-t-il, sont composés de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« bandes calcaires et de bandes argileuses ou schisteuses qui « se succèdent alternativement et de masses de granite. « Chaque bande est un assemblage de lits qui se prolongent « en général de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., formant un angle de « 73° à l'est et avec la méridienne de Paris. Ces bancs sont « communément inclinés d'environ 30° avec la perpendicu- « laire. Le granite n'observe que rarement la disposition régu- « lière des bancs composés de pierre à chaux et de bancs « argileux ou schisteux; il est presque toujours en masses. « On trouve cette roche soit à la base, soit vers le sommet « des montagnes; mais elle ne paraît pas dans toute la lon- « gueur de la chaîne.....

« Lorsque je fus parvenu à découvrir que les bancs se « prolongeaient de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., il me parut con- « venable, pour ne pas suivre un même lit dans toute sa « longueur, de faire mes observations du N. au S. J'exécutai « ce dessein avec d'autant plus de raison, que, remontant les « grandes vallées que les eaux ont creusées dans cette direc- « tion, j'avais la facilité de voir, sur des cartes géométrique- « ment levées, la correspondance qui existe entre les matières « de différents cantons; je me suis donc attaché principale- « ment à décrire la substance que l'on rencontre dans les « profondes cavités qui séparent les montagnes. Chaque vallée « a sa description particulière; elle commence à la base des « Pyrénées et finit au sommet. »

Rien de plus méthodique et de mieux raisonné que cette marche; rien de plus net que ces premiers résultats généraux. La simplicité et la symétrie relative des Pyrénées avaient permis à Palassou d'adopter dans ses recherches un procédé plus rationnel que ne l'avait pu faire de Saussure pour les Alpes si compliquées; on devait donc espérer que, continuant ses observations avec non moins de persévérance que le savant génevois, il s'éclairerait de plus en plus sur l'origine et la véritable cause des grands phénomènes qu'il étudiait; mais il n'en fut pas ainsi, et l'*Essai sur la miné-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ralogie des monts Pyrénées laissa toujours bien loin derrière lui les travaux que son auteur a publiés depuis.

Ainsi, dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées et des contrées adjacentes*, qui parurent vingt-sept ans après, on trouve ce passage (p. 414) : « Pour « moi, dit l'auteur, je persiste à présumer que l'inclinaison « générale des couches date de la même époque que leur « origine, car il ne paraît pas vraisemblable, comme je l'ai « dit dans l'*Essai sur la minéralogie des monts Pyrénées*, « que les eaux de la mer aient pu former des bancs horizon- « taux sur le flanc des montagnes de granite primitif, au- « dessus desquels les matières de seconde formation repo- « sent..... »

Palassou s'appuie ici sur l'opinion émise par de Saussure au commencement de ses études, opinion que ce dernier n'avait pas tardé à abandonner, dès que les faits et la réflexion lui en eurent démontré le peu de fondement ; aussi le naturaliste des Pyrénées aurait-il dû suivre ce bon exemple au lieu de s'obstiner dans une aussi fausse voie.

La *Suite des Mémoires pour servir à l'histoire naturelle* (1819) nous montre le même observateur distinguant comme *secondaires*, exclusivement sur les données stratigraphiques, tous les calcaires et les schistes fossilifères de ces mêmes montagnes. C'était un essai analogue à celui que l'on avait tenté quelques années auparavant dans les Alpes de la Tarentaise, c'étaient les idées appliquées depuis longtemps en Allemagne, celles de Pallas à l'Europe orientale, de de Saussure, de de Luc aux Alpes, etc., sans qu'il y eût là aucun principe original, comme l'ont prétendu des personnes auxquelles l'histoire comparée de la science est peu familière. Palassou n'admettait pas d'ailleurs le *terrain de transition* ; c'était, suivant lui, une distinction inutile, ce qui prouve qu'il ne le comprenait pas encore. Ceci se conçoit d'ailleurs parfaitement pour les Pyrénées, à l'époque où il écrivait, comme on conçoit également qu'il aurait pu mettre, ainsi qu'on venait de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le faire dans les Alpes occidentales, tout le terrain secondaire dans le terrain de transition. On n'arguait pas de meilleures raisons dans un cas que dans l'autre. Ses *roches secondaires* embrassaient toute la série des terrains sédimentaires proprement dits, et les distinctions stratigraphiques, déjà établies sur la distribution des fossiles dans la plupart des contrées de l'Europe, étaient complétement ignorées de Palassou.

En traitant des roches ignées désignées sous le nom d'*ophites*, il les assimile fort bien minéralogiquement au *grunstein* des géologues allemands et à la *diabase* de Brongniart; ce sont donc ses successeurs qui, en consacrant ce nom qui appartient à une autre roche, ont apporté une confusion fâcheuse dans la terminologie. Il persiste d'ailleurs à attribuer les vallées des Pyrénées à l'action érosive des eaux, et rejette l'origine assignée à celles des Alpes par suite des dislocations et des bouleversements que celles-ci ont éprouvés.

Enfin, dans une dernière publication (1823), Palassou admet toujours que les couches ont été formées dans la position plus ou moins inclinée qu'elles affectent aujourd'hui, et quant au mérite qu'on voudrait lui attribuer d'avoir assigné, dans la série générale du pays, la place réelle de certains poudingues très-développés et recouvrant la série nummulitique dans les départements de l'Aude et de l'Ariége, il nous est impossible de l'admettre ni d'en trouver la source dans ce qu'il dit des atterrissements de cailloux calcaires qui font partie des collines situées au nord des montagnes de la vallée d'Ossau, où aucune relation stratigraphique comparable ne le vient justifier.

Ce qui reste, en résumé, de ses nombreux travaux et surtout de son *Essai* de 1782, c'est d'avoir reconnu le premier, dans les Pyrénées, le parallélisme général de la direction de la chaîne avec celle des couches qui la composent, et qui est O.-N.-O., E.-S.-E., c'est d'avoir observé l'inclinaison de ces couches partout avec un grand soin, l'alternance des calcaires

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et des schistes, la présence du granite dans les parties les plus basses aussi bien que dans les parties les plus élevées, l'enchevêtrement du granite schisteux avec le granite massif, et l'existence du calcaire dans ces mêmes roches cristallines. A part ces résultats, d'ailleurs fort importants, Palassou, qui était correspondant de l'Institut, paraîtra à toute personne impartiale qui comparera ses ouvrages au mouvement qui s'est fait pendant quarante ans autour de lui, comme un exemple frappant de la persévérance dans les recherches jointe à l'immobilité complète par rapport au progrès.

Picot de Lapeirouse. — De son côté et dans le même temps Picot de Lapeirouse s'occupait aussi des roches des Pyrénées, à peu près avec des vues analogues et des opinions tout aussi peu fondées relativement à l'origine et à la cause de leur position actuelle. Il distingue les calcaires déposés dans les eaux où vivaient les animaux dont on retrouve les restes et ceux contemporains des roches les plus anciennes, mélangés avec elles et entrant dans la composition de leurs masses. Les montagnes formées de dépôts plus récents de cailloux, de sable, de graviers, les couches horizontales appuyées contre les anciennes témoignent, par leurs matériaux comme par leur position, de leur origine et de leur mode de formation.

Le travail de Lapeirouse, qui a perpétué son nom parmi les paléontologistes, est sa *Description de plusieurs espèces nouvelles d'Orthocératites et d'Ostracites*, corps qu'il prend les uns pour des coquilles de céphalopodes, les autres pour des Huîtres particulières, mais qui ne sont tous en réalité que des types, d'ailleurs bien représentés, d'une famille de bivalves, désignée plus tard sous le nom de *Rudistes*. C'est dans les montagnes des Corbières, non loin des bains de Rennes, qu'il avait recueilli ces fossiles, qui constituent des couches à eux seuls.

Ramond. — En 1789, lorsque Ramond commença ses recherches dans les Pyrénées, le Mont-Perdu était encore regardé comme le point culminant de la chaîne. Il évalua son

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

altitude à 1562 toises, décrivit ses roches comme des calcaires secondaires remplis de fossiles et donna de son voyage une relation à la fois pittoresque, physique et pétrographique fort intéressante. Il mentionne des fossiles au Vignemale, au port de Pinède, et la présence des Nummulites (*Lenticulaires numismales*) sur une infinité de points. Il crut aussi démontrer l'existence du terrain de transition dans les Pyrénées, mais, comme cette distinction n'était pas fondée sur des caractères paléontologiques, la plupart des couches qu'il considérait comme telles n'étaient pas le véritable terrain de transition de Werner. C'était d'ailleurs une erreur très-commune alors que d'y rapporter tout ensemble de roches schisteuses ou calcaires de teintes foncées, dures, en couches plus ou moins redressées et placées non loin des roches cristallines.

Dralet, Vidal et Reboul, L. Cordier. — Plus tard Dralet a donné une *Description des Pyrénées considérées principalement sous le rapport de la géologie*, etc.; Pasumot un *Voyage physique dans les Pyrénées*; Vidal et Reboul, par suite de nivellements exécutés en 1780 et 1790, ont dépouillé le Mont-Perdu de sa suprématie qu'ils ont reportée à la Maladetta. L. Cordier a donné une description fort exacte du gisement de sel gemme de Cardonne, situé en Catalogne, sur le versant espagnol. Ce gisement est d'ailleurs un exemple instructif des vicissitudes qu'ont éprouvées certains systèmes de couches, classés d'après leurs caractères minéralogiques. Ainsi, mis d'abord dans le terrain de transition par le savant ingénieur à cause de son analogie avec certains gisements des Alpes, le sel de Cardonne fut ensuite rapporté au grès vert et remonté en dernier lieu dans un groupe tertiaire supérieur aux Nummulites, tandis que les roches, minéralogiquement semblables, auxquelles on l'avait comparé dans les Alpes, sont aujourd'hui rangées dans le trias ou dans le lias.

De Charpentier. — Bien que l'ouvrage de de Charpentier n'ait été publié qu'en 1823, des mémoires antérieurs avaient fait connaître les principaux résultats des études qu'il exécuta de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

1808 à 1812. L'auteur, formé à l'école de Werner, y avait puisé, dans un enseignement sérieux, cet esprit de méthode qui manquait à Palassou, et son *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées* est pour le temps une œuvre complète à son point de vue.

La disposition des principales masses minérales qui composent la chaîne est bien indiquée sur la carte coloriée qui accompagne le texte ; l'étude des substances qui les constituent et de celles qui ne s'y trouvent qu'accidentellement a été faite avec un grand soin ; mais, malgré les profils généraux tracés à travers la chaîne et passant par cinq points différents de son axe, les relations stratigraphiques des divers systèmes de couches sédimentaires, soit entre eux, soit par rapport aux massifs cristallins, restent encore assez obscurs, et les désignations employées par de Charpentier concordent peu avec celles que nous appliquerions aujourd'hui à ces systèmes. Il distingue dans l'étendue que comprend sa carte huit terrains ; ce sont le *terrain granitique, du schiste micacé, du calcaire primitif, de transition, du grès rouge, du calcaire alpin* et *du calcaire du Jura, amphibolique secondaire* (ophite de Palassou), *tertiaire* et *d'atterrissement.*

En ce qui concerne les fossiles, on conçoit que, d'après la direction première de ses études et la nature même du vaste champ si accidenté qu'il explorait, de Charpentier n'ait pas tiré grand profit de ceux qu'il a rencontrés, et que son travail n'ait été d'aucun secours à la paléontologie.

Languedoc. — De Gensanne, de Servières. — Si, quittant la région pyrénéenne, nous remontons actuellement vers le nord, nous trouverons que la partie *minéralogique et géoponique de l'histoire naturelle de la province de Languedoc*, due à de Gensanne, est presque entièrement consacrée aux substances minérales, à leur recherche et à leur exploitation ; que deux mémoires intéressants ont été publiés par de Servières sur l'origine des cailloux quartzeux des environs de Nîmes, et que l'observateur qui, au commencement de cette

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

seconde période, avait le mieux compris la géologie stratigraphique et l'avait appliquée avec le plus de discernement, était sans aucun doute, l'abbé Giraud-Soulavie.

Giraud-Soulavie. — Dans un travail intitulé : *Géographie de la nature ou distribution naturelle des trois règnes* (1780), il établit que la connaissance de toutes les superpositions observées donne la chronologie de leur formation, résultat fondé sur ce principe incontestable que toute carrière superposée est de formation postérieure à celle de la carrière fondamentale. Ainsi les montagnes du Vivarais, composées de six couches de nature différente, placées les unes au-dessus des autres, sont le résultat de six époques séparées et distinctes, puisqu'en examinant les roches de bas en haut on trouve : 1° le granite vif très-solide ; 2° un granite secondaire composé de blocs de cette roche réunis par un ciment sableux ; 3° un calcaire annonçant l'ancienne existence de la mer dans le pays ; 4° des couches énormes de poudingues fluviatiles composées de cailloux de diverses sortes avec des coquilles d'eau douce, des bois pétrifiés, etc. ; 5° une assise puissante de basalte qui s'est étendue sur le dépôt de cailloux roulés ; 6° des calcaires recouvrant en partie les nappes basaltiques des Coirons, vers le bas de la montagne, et remplissant les interstices sous la forme de calcaire spathique.

La carte coloriée jointe à ce petit travail, si original, est la première de cette sorte que nous connaissions en France. Toutes les roches volcaniques y sont représentées par une teinte rouge ; les volcans à cratères sont distingués par un signe particulier ; la séparation du granite et des calcaires y est bien marquée, etc.

Dans son *Histoire naturelle de la France méridionale*[1], Giraud Soulavie a appliqué ces principes sur une échelle plus étendue. Il range, dans une première époque ou premier âge,

1. 7 vol. in-8° avec cartes et vues, Paris, 1780-84. La première partie du chap. VIII que nous analysons ici avait été écrite en 1777 et lue à l'Académie des sciences le 14 août 1779.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les fossiles du Vivarais, dont on ne trouve plus les analogues vivants : ce sont les Ammonites, les Bélemnites, les Térébratules, les Gryphites, les Entroques, etc., appartenant à ce qu'il appelle la *pierre calcaire primordiale*, désignation qui se comprend dans un pays où manque le terrain de transition. Dans ses *calcaires secondaires*, l'auteur signale des fossiles, aussi d'espèces éteintes, mais associées avec d'autres qui auraient leurs analogues vivants, et son *troisième âge* comprend également une roche calcaire avec des coquillages d'espèces récentes, dont les descendants vivent encore dans nos mers. Il n'y a plus de cornes d'Ammon, de Bélemnites, etc., et son peu d'ancienneté est encore prouvé par les cailloux roulés d'origine volcanique qu'elle renferme. Dans un résumé à la fois stratigraphique, paléontologique et orographique, Giraud Soulavie montre que ces trois séries de dépôts se succèdent dans le pays à niveau décroissant ou sont d'autant moins élevées qu'elles sont moins anciennes.

Les *schistes arborisés*, ou renfermant des empreintes végétales, appartiendraient à un *quatrième âge*, mal caractérisé d'ailleurs à cause de la difficulté d'établir leurs relations avec les calcaires. Dans le *cinquième* sont rangés des poudingues des brèches avec des restes d'Éléphants. Le soulèvement des calcaires à Ammonites par l'arrivée au jour des basaltes est ici placé.

« Voilà, dit l'auteur, l'aperçu général qu'offrent les sommets de nos montagnes antiques du Vivarais et les plaines « récentes du Rhône qui mouille la lisière inférieure de la « province. La suite des temps, et surtout des observations « plus longues et des lumières plus étendues, multiplieront « les époques et rempliront les lacunes, mais ne changeront « point la place des époques que nous avons assignées. »

Plus loin il résume la chronologie des êtres organisés, montre leur succession, leur extinction et leur remplacement, puis il ajoute : « Si ces observations que j'ai faites en Vivarais « sont confirmées dans d'autres provinces, il en résultera une

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« histoire chronologique des animaux fossiles et vivants établis « par des faits incontestables. » Nous n'insisterons pas sur l'accord qu'il croit trouver entre ces données de l'observation et les récits de Moïse ; il fallait encore à ce moment voiler et même déguiser la vérité pour la faire accepter et n'être point inquiété.

Relativement aux caractères organiques et à l'origine des fossiles, le savant abbé oublie tout à fait sa réserve habituelle, et se laisse entraîner par les idées de de Maillet à admettre la transformation des animaux marins en animaux terrestres.

Dans le second volume de son ouvrage il traite des volcans et des basaltes. Le troisième comprend l'histoire naturelle du Velay, la description de ses volcans anciens, des calcaires et des gypses des environs du Puy, etc. La coupe du terrain houiller de Saint-Jean de Valriscle est fort bien faite et très-instructive. Le volume IV est consacré à la chronologie des volcans éteints de la France centrale, sujet traité d'une manière très-remarquable pour ce temps. L'auteur y distingue six époques d'éruption, étudie les formes géométriques des prismes basaltiques, passe à l'histoire naturelle de la Méditerranée, mentionne les environs de Bugarach, dans les Corbières, à cause des fossiles qu'on y trouve, et étend ses recherches jusqu'aux anciens produits ignés de la Catalogne.

Dans le cinquième il revient sur les caractères physiques des côtes de la Méditerranée, examine les parties adjacentes des Albères au sud et du delta du Rhône au nord, décrit les environs de Montpellier, de Nîmes, et se trouve ramené à parler encore de ses calcaires primitifs. Dans l'histoire naturelle du Gévaudan, qui occupe le volume VI, les dépôts que nous désignons aujourd'hui sous le nom de *lias* sont fort bien indiqués partout où ils existent ; puis viennent les calcaires des environs de Mende et la région schisteuse et granitique du même pays.

Enfin le volume VII renferme diverses lettres sur des sujets

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'histoire naturelle et une correspondance avec l'abbé Roux qui s'appuyait sur les idées de Rouelle. Dans sa réplique, Giraud-Soulavie expose, pour la première fois en France, les vrais principes de la paléontologie stratigraphique, en faisant voir que les fossiles diffèrent par leur âge et la superposition des couches qui les renferment, et non suivant les lieux géographiques où on les rencontre, ainsi que cela résulterait des idées de Rouelle.

A quelques égards l'auteur de l'*Histoire naturelle de la France méridionale* pourrait être regardé comme le continuateur de l'auteur de *Telliamed*. Il en a les qualités comme observateur, avec moins d'originalité sans doute et moins d'esprit, mais avec plus de suite dans des recherches limitées à une région déterminée. Il avait de plus que Guettard le sentiment de la géologie stratigraphique, une idée très-exacte de la succession des êtres organisés dans le temps, idée qu'il a formulée le premier avec des exemples à l'appui, ou mieux, qui n'était que la conséquence de ceux-ci ; mais on peut ajouter qu'il écrivait aussi mal que son contemporain, ce qui, à la fin du XVIIIe siècle, était un tort, même pour un savant. Quoi qu'il en soit, nous pensons que l'on n'a pas jusqu'à présent rendu à l'abbé Giraud-Soulavie la justice qu'il méritait; il a été un de ceux que l'opinion générale déshérite sans qu'on sache pourquoi, et nous serions heureux que ces quelques lignes pussent contribuer à sa réhabilitation.

J.-C. Bruguière. — Plus tard J.-C. Bruguière, en traitant des empreintes de plantes que présentent les schistes des mines de charbon de la même région, a parfaitement reconnu leurs caractères, leur mode de fossilisation et les circonstances de leur enfouissement dans des couches qui résultent d'un dépôt lent et régulier, ainsi que leur végétation à peu de distance de la côte et à une faible hauteur au-dessus du niveau de la mer, comme les plantes des continents actuels. Aussi rejette-t-il l'hypothèse étrange avancée par de Jussieu, qui supposait que ces végétaux avaient été apportés, par l'in-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

termédiaire de courants marins, des climats éloignés où ils croissaient.

Marcel de Serres. — Dès 1816 Marcel de Serres préludait aux nombreux travaux dont il a doté la science, en rappelant qu'un siècle auparavant Ant. de Jussieu avait signalé des restes d'Hippopotames à la Mosson, près de Montpellier, et en décrivant lui-même des débris de Rhinocéros, d'Hippopotames et d'Éléphants, provenant d'une petite vallée parallèle à la précédente et enfouis dans des dépôts de transport peu anciens.

Provence. — Darluc. — Darluc, médecin et professeur de botanique à Aix, s'est montré, dans son *Histoire naturelle de la Provence*, zoologiste et botaniste descriptif assez exact, mais faible minéralogiste, et géologue nul. Il méconnaît les caractères des ossements trouvés dans les roches gypseuses des environs d'Aix, malgré ce qu'en avait dit Guettard; il est moins judicieux que P. de Lamanon quant à l'origine assignée à ces mêmes gypses et donne une description succincte des lignites de Gardanne, de Fuveau, etc., pris toujours pour une véritable houille. Sa manière de distinguer les montagnes en *primitives* et *secondaires* est bien inférieure à ce qu'écrivait l'abbé Soulavie, un peu auparavant, sur les terrains de la rive droite du Rhône.

P. de Lamanon, Ramatuel. — P. de Lamanon, que nous venons de rappeler, mentionnait en même temps certains débris de vertébrés rencontrés dans les carrières de gypse et qu'il rapportait à une Tortue (*Chelonites aquensis*), puis d'autres à des mammifères, et il regardait ce gisement d'Aix comme d'origine lacustre, très-analogue à celui des plâtrières de Paris, rapprochement que les recherches ultérieures ont confirmé. Quelques années après, Ramatuel a donné une coupe géologique plus détaillée de ces mêmes collines gypseuses.

Menard de La Groye, Risso. — Plus à l'est, Menard de La Groye s'est occupé des roches ignées de Beaulieu, et A. Risso a donné des *Observations géologiques de la presqu'île de*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Saint-Hospice, près de Nice, distinguant, aux environs de cette ville, des calcaires compactes à grain fin sans fossiles, puis au-dessus, appartenant à une seconde époque, des calcaires marneux avec Gryphées, dont la stratification est très-dérangée, une marne chloritée avec des Bélemnites et des Ammonites, et un calcaire avec des Nummulites, des Orbitolites, des Peignes, etc., en couches assez régulières. Enfin un dépôt, caractérisant une troisième époque, renferme des coquilles qui, toutes ou presque toutes, ont leurs analogues vivant sur la côte.

Dauphiné. — Outre les mémoires de Guettard sur la minéralogie de cette province, et dont il a été question ci-dessus, Faujas de Saint-Fond entreprit une *Histoire naturelle du Dauphiné*, dont un seul volume paraît avoir été publié et qui n'a aucune importance réelle.

Vers 1807, Brochant de Villiers publia un travail assez considérable, intitulé : *Observations géologiques sur les terrains de transition qui se rencontrent dans les Alpes de la Tarentaise et autres parties de la chaîne.* Le but du savant ingénieur était de séparer du terrain primitif certaines roches qu'on y avait comprises jusque-là ; mais cette tentative, tout estimable qu'elle était, devait être aussi peu fructueuse au fond que celles qu'on vient de voir dans les Pyrénées, parce qu'en effet, pour être en droit de dire qu'on avait sous les yeux le terrain de transition de Werner, les caractères que l'on employait étaient insuffisants ; il fallait ou des fossiles caractéristiques de ce terrain de transition, ou démontrer au-dessus la présence du terrain secondaire, et c'est ce dont personne ne se préoccupait dans ces questions. Aussi le temps a-t-il fait une sévère justice de ces rapprochements hâtés ou peu réfléchis, et il en a été de même des mémoires et des rapports de Dolomieu faits à la suite de deux excursions dans les Alpes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 2. FRANCE CENTRALE.

Phénomènes volcaniques.

Après les recherches de Guettard, qui, comme on l'a vu, avaient révélé à la France une des particularités les plus curieuses de son sol, sont venus de nombreux travaux sur les produits ignés ou volcaniques de l'Auvergne, du Velay et du Vivarais. Ces travaux, exécutés avec beaucoup de suite pendant plus d'un demi-siècle, et dont on ne tient pas assez de compte aujourd'hui, ont une importance réelle, par leur caractère original, la masse de matériaux qu'ils ont apportés et le jour qu'ils ont jeté sur un ordre de phénomènes dont plusieurs, placés à la limite des temps géologiques et de l'époque actuelle, sont encore représentés par les manifestations des agents internes du globe en une multitude de points de sa surface. Nous devons donc nous arrêter un instant à cette partie de l'histoire générale de la science qui nous avait peu occupé jusqu'ici faute d'un ensemble d'observations et de faits aussi variés, aussi bien exposés et aussi importants à la fois. Pour plus de clarté, nous traiterons successivement des volcans anciens, d'abord en Auvergne, puis dans le Velay, et enfin dans le Vivarais.

Volcans anciens de l'Auvergne. — Desmarest. — Les produits volcaniques anciens qui attirèrent d'abord l'attention des naturalistes, aussi bien en Allemagne que dans les îles Britanniques et en France, sont ceux qu'Agricola avait appelés *basaltes*, croyant y reconnaître la pierre ainsi désignée par Pline, et cet intérêt s'explique par les caractères extérieurs très-particuliers qu'ils affectent souvent, c'est-à-dire une structure prismatique ou colonnaire qui ne pouvait manquer de frapper le simple voyageur.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

A la suite de recherches commencées en 1763, Desmarest publia un Mémoire sur l'origine et la nature du basalte de l'Auvergne [1]. Il remarque, sans faire aucune mention de la découverte de son prédécesseur, qui sans doute l'avait mis sur la voie, que les prismes basaltiques sont ou d'une seule pièce ou divisés transversalement par des plans à surface courbe, dont la convexité est tournée vers le bas. Ces prismes contigus ont un nombre de faces variables, de trois à neuf; ceux à cinq, six et sept faces sont les plus fréquents. Les côtés d'un même prisme sont inégaux, mais ceux de deux prismes contigus sont semblables. La pierre est noire ou gris cendré, avec des points brillants cristallins; elle est dure, compacte, susceptible de recevoir le poli, et présente toujours les caractères d'une origine volcanique et ignée.

Dans la seconde partie de son mémoire, Desmarest compare ces roches avec celles de même nature signalées dans d'autres pays, et en particulier avec celles du château de Stolpen, à six lieues de Dresde, en Saxe, décrites par Agricola [2] comme le type de cette sorte de pierre. A ce travail était jointe une carte topographique dressée par Pasumot et Dailly, s'étendant des environs de Clermont au Mont-Dore, et de Nescher à la Tour-d'Auvergne. Un travail de hachures permet d'y distinguer : 1° les anciens courants, 2° les massifs de laves anciennes fondues en place, 3° les courants modernes, 4° les prismes de basaltes dans les courants, 5° les boules de basalte dans les courants. Enfin, l'auteur s'attache à caractériser trois sortes de courants volcaniques, dont il s'est occupé depuis avec plus de détail dans son *Mémoire sur la détermination de quelques époques de la nature par les produits des volcans* [3].

1. *Hist. de l'Acad. des sciences* pour 1771, p. 305 (3 juillet 1765 et 11 mai 1771). Quoique ce mémoire et quelques autres appartiennent, par leur date, à la *première période* de l'histoire en France, nous les avons réunis ici pour qu'on puisse mieux juger de tout ce qui se rapporte au même sujet.

2. *De naturâ foss.*, lib. VII, p. 310, 315. — C. Gesner., p. 20, 86, 96.

3. *Journal de Physique*, vol. XIII, p. 115, 1779.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

L'ordre qu'il a suivi dans l'étude de ce sujet est en rapport avec l'ancienneté relative supposée de ces époques, et il commence par la plus récente, celle dont les caractères des roches sont le moins altérés, et dont par conséquent on peut le mieux apprécier les causes et les effets.

La *première époque* comprend *les produits des volcans enflammés ou les plus récemment éteints*, caractérisés par les formes arrondies des montagnes, tronquées au sommet où se trouve un cratère plus ou moins large et profond. L'intérieur de ce dernier et ses pentes extérieures sont recouvertes de scories fraîches, spongieuses, de courants de laves sorties des flancs de la montagne et s'étendant à sa base et dans la plaine. Ces courants sont composés de lave, compacte au centre, spongieuse et boursouflée à la surface, accompagnés et enveloppés, dans toute leur étendue, de scories et de ponces semblables à celles du cratère. Ils suivent toutes les inégalités du sol, sont continus et comme formés d'un seul jet, depuis leur point de départ ou le centre du volcan jusqu'à leur extrémité la plus éloignée.

Les volcans de la *seconde époque* se distinguent par des altérations plus profondes de tous leurs caractères extérieurs: les bords des cratères démantelés, l'absence de scories par suite de leur décomposition, le relief des courants et des vallons, interverti par le creusement de ceux-ci, et les coupures et les interruptions de ceux-là. Quand ces résultats, dus aux agents atmosphériques, ont été très-prononcés, on ne retrouve plus le point de départ des courants ou les cratères, et ces mêmes courants s'étaient étendus sur les plaines hautes avant le creusement des vallées dans le massif de ces dernières, sans quoi ils eussent certainement comblé les vides qui les bordent aujourd'hui. En outre ils ont recouvert, surtout à leur extrémité inférieure, les massifs de granite comme les couches sédimentaires horizontales les plus élevées; ils sont ainsi plus récents que ces dernières, et leur âge se trouve par cela même relativement déterminé.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les produits de la *troisième époque* se montrent *au-dessous* de ces mêmes couches horizontales ou alternent avec elles; celles-ci sont des marnes argileuses ou des calcaires, nullement altérés par le feu ou les matières volcanisées (tufas) que les eaux ont déposées en bancs intercalés au milieu d'elles. Des lits épais de cailloux roulés, provenant de laves diverses, s'y montrent également. Cette époque, la première dans l'ordre d'ancienneté, se partage elle-même en deux parties : l'une, pendant laquelle se sont épanchés les produits volcaniques antérieurs aux couches de sédiment, l'autre, qui a suivi et pendant laquelle il y a eu alternance et enchevêtrement de roches ignées et sédimentaires par suite de l'intervention de l'eau, pour les stratifier.

Desmarest attribue tous ces dépôts à la présence de la mer, et cite des débris de coquilles qui ont rempli les cavités des laves celluleuses et des scories de la surface des courants. Un peu plus d'attention lui eût fait reconnaître que tous les débris organiques de ces calcaires, de ces marnes, de ces argiles et de ces tufs étaient d'origine terrestre ou d'eau douce, et que nulle part il n'existait de preuve de l'envahissement de cette région par les eaux de la mer. Les géologues italiens de son temps n'auraient pas commis cette méprise. Néanmoins, on doit reconnaître dans ce premier essai de classification des volcans du centre de la France un germe qui devait être fécondé plus tard; et à cet égard comme à plusieurs autres, tels que l'origine ignée des basaltes, l'origine de certaines vallées d'érosion, etc., Desmarest a été plus loin que Guettard. Ce ne fut d'ailleurs que huit ans après sa mort, en 1823, que fut publiée sa *Carte topographique et minéralogique d'une partie du département du Puy-de-Dôme, où sont déterminées la marche et les limites des matières fondues et rejetées par les volcans, ainsi que les courants anciens et modernes*[1], carte dont le titre explique suffisamment l'ob-

1. En six feuilles et une *carte générale ou tableau d'assemblage.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jet, mais dont les signes employés à caractériser les roches sont loin d'avoir toute la clarté désirable et ne lui donne pas encore les avantages d'une carte géologique.

Monnet, Legrand d'Aussy. — Les voyages de Monnet, le collaborateur de Guettard pour l'*Atlas minéralogique de la France*, et la *Dissertation* de son frère, l'abbé Monnet[1], distinguant quatre sortes de roches dans les *débris des volcans d'Auvergne*, et adoptant l'origine ignée des basaltes, contrairement à l'idée de Guettard, qui attribuait leur formation à l'eau[2], ont peu contribué à la connaissance de ces phénomènes. L'ouvrage de Legrand d'Aussy[3] aurait pu les faire mieux apprécier s'il eût été moins superficiel et plus exact dans les descriptions.

De Montlosier. — Dans son *Essai sur la théorie des volcans d'Auvergne*[4], de Montlosier les divisa en *volcans anciens* et *volcans modernes*, les premiers rentrant dans la seconde et la troisième classe de Desmarest, les autres dans la première. Il décrit d'abord les caractères généraux des nouveaux volcans de la chaîne des Monts-Dômes, formant une série de 60 à 70 montagnes ignées, dirigées du S. au N., du Puy de Monteynard à celui du Thiolet, offrant pour la plupart à leur sommet un cratère et quelquefois plusieurs. Celui de Pariou est le plus étendu et le mieux dessiné de ces anciens orifices.

La composition du plus grand nombre de ces montagnes est sensiblement la même, comme leur forme en cône tronqué. Presque toutes ne sont que des masses terreuses de détritus, de pouzzolanes, de scories, de fragments de laves de diverses sortes, revêtues d'une végétation herbacée qui les enveloppe plus ou moins complétement. Leur origine est certainement

1. *Journal de Physique*, vol. IV, p. 65, 1774.
2. *Mémoires*, vol. II.
3. *Voyage en Auvergne*, vol. I et II, 1788, vol. III, 1794.
4. 1788 ; 2e éd., 1802, faite sans le consentement de l'auteur et contre laquelle il a protesté.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

volcanique, et avant les éruptions leur base présentait une plaine unie. Ces produits ont pu être d'ailleurs précédés par d'autres plus anciens; mais, quelle que soit la cause des volcans, le filon des matières propres à cet embrasement suivait la direction qu'ils affectent aujourd'hui, et c'est dans cette même direction qu'ont dû se faire les différentes éruptions qui ont donné naissance à ces montagnes.

Mais le Puy-de-Dôme, qui n'offre ni courants de lave ni cratères, est-il donc aussi une composition volcanique, dit de Montlosier? Telle est la question qu'il essaye de résoudre. Desmarets, qui le premier avait étudié cette montagne avec soin, reconnut qu'elle avait subi l'action du feu; c'était pour lui un *granite chauffé en place*, sans bouleversement ni déplacement. D'autres naturalistes l'ont regardée comme d'une nature argileuse, également échauffée; de Saussure, qui l'observa en 1776 avec Mossier, compare sa roche à un porphyre feldspathique terreux des environs de Valorsine, qu'il suppose aussi avoir été chauffé en place et légèrement calciné.

De Montlosier reconnaît d'ailleurs l'analogie de cette pierre avec celle des puys voisins des deux Cliersou et de Sarcoui, reconnaissables aussi à leur forme en dôme, et il étudie leurs caractères ainsi que ceux du Puy de Chopine, du Puy-des-Gouttes et de celui de Manson, où l'on n'observe ni courants ni scories, mais qui semblent résulter de la fusion ou de l'échauffement de matières non épanchées et différant aujourd'hui d'aspect par suite de leurs divers degrés de fusibilité ou de l'intensité de la chaleur à laquelle elles ont été soumises.

Quant aux *volcans anciens* de l'auteur, ce sont ceux qu'avait déjà décrits Desmarest, et il leur assigne les mêmes caractères. Il insiste ensuite sur les actions des eaux pluviales, auxquelles il attribue, comme on le faisait alors, une influence exagérée, en méconnaissant les effets dus aux phénomènes dynamiques. Il pense d'ailleurs qu'il n'y a point eu de séparation absolue entre les volcans anciens et les volcans nou-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

veaux, chronologiquement parlant, et qu'il en est de même de leurs caractères minéralogiques.

Quant à l'origine des pics isolés recouverts de laves, il combat l'idée de Desmarest, que ces masses basaltiques se sont épanchées sous les eaux de la mer, et que le noyau des collines puisse constituer un massif de lave enveloppée de couches calcaires, argileuses, etc., hypothèse qu'avait adoptée Legrand d'Aussy. Il admet néanmoins que c'est la mer qui a déposé toutes les couches de la Limagne, et pour lui les pics isolés dont on vient de parler seraient, comme les grands plateaux, les restes de laves anciennes dégradées et dénudées.

Dans son *Essai sur la théorie du Mont-Dore*, de Montlosier, comprenant tous les volcans de la France centrale, s'efforce d'établir, entre la prétendue extension de la mer sur tout le pays, le retrait de ses eaux et la série des phénomènes ignés, une solidarité ou des relations qui semblent tout à fait imaginaires. La seule idée vraie et que Desmarest avait mieux comprise est la succession chronologique de certains de ces phénomènes mal connus et mal exposés.

De Dolomieu, L. de Buch. — Dolomieu[1] fit aussi sur la région qui nous occupe des recherches de peu d'intérêt, mais les *Lettres sur les volcans d'Auvergne*, écrites au commencement de ce siècle par L. de Buch[2], sont des esquisses rapides des Monts-Dômes et du Mont-Dore, très-instructives et qui font voir combien leur auteur avait été frappé de l'importance et de la variété des phénomènes qu'ils présentent, ainsi que de l'avantage de leur étude qu'il recommande en ces termes : « Voulez-vous voir des volcans? dit-il, choisissez « Clermont de préférence au Vésuve et à l'Etna. Dans ces deux « dernières montagnes, une éruption subséquente couvre les

1. *Journ. des Mines*, ann. 5 et 6. — *Journ. de Pharm.*, vol. I, p. 127. — *Soc. Philom.*, ann. 6. — *Journ. de Phys.*, vol. XLVI, p. 406-418, 1798.

2. *Mineral. Briefe aus Auvergne* (*Geognost. Beobacht.*, vol. II, 1809). Traduit de l'allemand par Mme de Kleinschrod (*Ann. scient. et littér. de l'Auvergne*, vol. XIV, p. 108, 1841). — *Journ. des Mines*, vol. XIII.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« produits de celle qui l'a précédée ; mais à Clermont les laves, « ces courants énormes, sont à découvert depuis leur sortie « des flancs de la montagne jusque dans la plaine où ils se « sont arrêtés. On en découvre tous les détails, et leur origine « n'est pas douteuse. » Malgré la belle conservation de cer- « tains cratères et de certaines coulées de laves des volcans éteints de l'Auvergne, la proposition de l'illustre géologue prussien n'est qu'un brillant paradoxe, et la lecture de ses itinéraires descriptifs, clairs, vifs, souvent même élégants, suffit pour le démontrer, car la partie physique et chimique de ces phénomènes est complétement absente, comme la partie minéralogique l'était dans l'ouvrage de Montlosier.

Les roches des Puys-de-Dôme et de Sarcouy fixent surtout son attention au point de vue de leurs caractères pétrographiques et de leur origine. Ce sont des porphyres à certains égards; mais, considérées par rapport à leur manière d'être ou à leur gisement, elles sont tout à fait particulières, non définies jusqu'à présent, et il propose de les désigner provisoirement sous le nom de *domites*. Ces montagnes domitiques résulteraient, suivant lui, d'une sorte de boursoufflement du granite modifié par l'action de vapeurs aqueuses ou acides dont la force expansive aurait en même temps soulevé les masses, tandis que les puys à cratères environnants, formés de scories incohérentes, sont dus à des éruptions successives ayant leur source au-dessous du granite. La forme en dôme ou en coupole des unes et la présence de cratère au sommet des autres justifieraient la différence de leur origine, indépendamment de la nature de leurs roches et de leur disposition si dissemblables.

L'examen du puy de la Nugère et des laves de Volvic, en rappelant à L. de Buch que la domite ne serait qu'un granite modifié, lui suggère la pensée que la lave pourrait provenir à son tour de la domite, et qu'ainsi le granite, transformé en lave par une série d'opérations, devient en réalité le *berceau des volcans*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La comparaison qu'il fait ensuite des montagnes ignivomes, indépendantes, alignées suivant une même direction comme la chaîne des puys, avec celles qui constituent des cônes isolés, comme le Vésuve et l'Etna, sur les flancs desquels surgissent çà et là de véritables satellites ou cônes secondaires, est fort juste, ainsi que les différences signalées dans leur élévation et l'arrangement ou les relations de leurs parties constituantes.

Après avoir étudié les basaltes sur certains points aux environs de Clermont, de Buch parcourut aussi le Mont-Dore dont il reconnut d'abord les roches pour être analogues à celles des Monts-Dômes, puis les basaltes pour être semblables à ceux des localités précédentes. Quant à leur origine, à leur mode de formation et à leur âge dont il cherche à se rendre compte en les comparant à ceux de certains districts de l'Allemagne, ce géologue ne pouvait arriver à aucune combinaison acceptable, car la clef du problème était dans les relations de ces roches ignées, non pas seulement entre elles, mais avec les roches sédimentaires de la Limagne dont il ne s'était nullement préoccupé. Aussi ses *Observations*, qui avaient commencé par des descriptions intéressantes et des aperçus d'une netteté remarquable, se terminent-elles dans un vague et une incertitude qu'on n'est pas habitué à trouver chez leur auteur.

D'Aubuisson. — Les travaux de d'Aubuisson, chargé par l'Institut d'étudier les volcans de l'Auvergne, méritent aussi notre attention. Élève de Werner, le savant ingénieur, avant d'avoir étudié sur place les phénomènes ignés de la France centrale, avait adopté les idées du maître sur l'origine aqueuse des basaltes en général, comme on le voit dans son mémoire sur ceux de la Saxe, mais il ne tarda pas à les abandonner, et dans son premier travail sur l'Auvergne[1] il se prononce en faveur de l'opinion contraire. Le Mémoire

1. *Journ. de Phys.*, vol. LVIII, p. 310, 1804.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

original de l'auteur se divisait en cinq parties, mais il ne publia d'abord que la seconde, celle où il traite des volcans de la chaîne des puys, et expose leurs caractères généraux comme l'avaient fait ses prédécesseurs. Le cratère de Pariou, le mieux conservé de tous ceux de cette chaîne, est de sa part l'objet d'une étude particulière; puis il passe à la description minéralogique du Puy-de-Dôme.

Après avoir ainsi constaté que le grand et le petit Clier-sou, le grand Sarcoui et le Puy de Chopine, distincts des autres montagnes de la chaîne, sont, par leur composition, semblables au Puy-de-Dôme, rendu célèbre par les expériences de Pascal sur la pesanteur de l'air, et dont Cassini, en 1740, avait déterminé l'altitude à 812 toises ou 1583 mètres, d'Aubuisson décrit avec soin la position de ce dernier, ses dimensions, sa forme et son aspect général, et se borne à signaler l'analogie de la roche qui le constitue avec les roches de la masse principale du Mont-Dore, dont elle formerait seulement une variété.

Dans un Mémoire subséquent, le même géologue [1] considère d'abord ce dernier groupe comme principalement formé d'une masse porphyrique, et décrit ensuite d'une manière particulière la roche désignée par Werner sous le nom de *klingstein* ou de *phonolite*. Desmarest et Faujas la comprenaient sous la désignation de *basalte en table*, et les naturalistes de cette époque lui attribuaient aussi, les uns la même origine ignée, les autres une origine aqueuse. D'Aubuisson la regarde, avec tout le massif du Mont-Dore et celui du Cantal, comme un véritable produit de la voie ignée, de même origine que les basaltes, et il se fonde sur l'étude particulière des roches de Malviale, Thuillière et Sanadoire, dont les formes si remarquables frappent toujours d'étonnement le voyageur qui visite la partie nord du massif du Mont-Dore.

Enfin, dans un troisième Mémoire *sur les volcans et les*

1. *Journ. de Phys.*, vol. LIX, p. 367, 1804.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

basaltes de l'Auvergne et le parallélisme de ces derniers avec ceux de la Saxe [1], d'Aubuisson reproduit la division en trois époques des phénomènes ignés de cette province, savoir celle des volcans à cratères, des basaltes et des montagnes porphyroïdes.

Ramond. — Mais sans nous appesantir davantage sur ces recherches de détails et sur celles de quelques autres observateurs [2], nous terminerons ce que nous avons à dire sur ce sujet, en reproduisant, d'une manière aussi concise que possible, le tableau qu'en a si parfaitement tracé Ramond à la suite de ses travaux, exécutés dans les premières années de ce siècle, sur le *nivellement barométrique du Mont-Dore et du Mont-Dôme* [3]. Il a traité successivement des *terrains granitiques*, des *laves feldspathiques et porphyriques*, des *basaltes*, des *déjections anomales*, des *montagnes de domite* et des *volcans modernes*. Nous n'avons pas craint de multiplier les citations textuelles, parce que, depuis Buffon, nous ne sachions pas qu'on ait exprimé d'une manière à la fois plus juste, plus claire et plus élégante les grands phénomènes de la nature.

Roches granitiques. — Le plateau sur lequel s'élèvent le Mont-Dore et les Monts-Dômes est essentiellement composé de roches cristallines, de gneiss, de granites, de schistes micacés, de diorites granitoïdes ou schisteuses, de pétrosilex et de quelques porphyres. Les montagnes volcaniques reposent directement sur cette base, à peu près partout au même niveau, mais elles atteignent des hauteurs diffé-

1. *Ibid.*, vol. LXXXVIII, p. 432, 1819.

2. Lacoste, *Sur les Volcans d'Auvergne*, Lettres, etc. 1805. Cocq, *Lithologie de l'Auvergne, Journ. des Mines*, vol. XIX, 1806. — De Laizer, *Sur le puy de Chopine*, 1808. — *Journ. des Mines*, vol. XXIII, p. 40. — De Laizer et Gillet-Laumont, sur les laves avec parties bleues, *ibid.*, vol. XXIII. — A. Boué, *Comparaison des roches de l'Auvergne et de l'Écosse* (*Edinb., Phil. Journ.*, 1819). — *Essai sur la géol. de l'Écosse*, p. 482, 1820.

3. *Mém. de la classe des sciences mathém. et phys. de l'Institut*, vol. XIV, années 1813-1815, imprimé en 1818.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rentes. Le granite affleure de toute part dans le voisinage des Monts-Dômes, tandis que celui que supporte le Mont-Dore est entièrement recouvert ou caché sur une surface qui n'a pas moins de dix lieues de tour. Ainsi l'élévation des montagnes volcaniques est indépendante de celle du granite qui leur sert de base, et, au-dessus de 1000 mètres d'altitude, toutes les roches sont des produits ignés qui atteignent une épaisseur de 600 à 800 mètres, laquelle se maintient jusqu'à une assez grande distance du centre et décroît rapidement vers les bords du massif. Tous les volcans de la chaîne des Dômes sont dans la région granitique, et l'on observe des fragments de granite dans les produits ignés de divers âges et sur des montagnes fort élevées.

Laves feldspathiques et porphyriques (trachytes et phonolites). — Dans le groupe du Mont-Dore on ne trouve aucune trace de l'orifice ou des orifices par lesquels ont dû se faire jour les *klingstein* (phonolites), les pétrosilex, les porphyres qui en constituent la partie principale. L'auteur donne à ces dernières roches le nom de *laves feldspathiques;* ce sont celles qu'Haüy désignait dans le même temps sous le nom de *trachyte*, qui a prévalu. Malgré certaines apparences déceptives, il est certain que les basaltes sont postérieurs à ces laves, et qu'ils semblent s'être épanchés dans les fentes ou crevasses et sur les ruines de ces dernières. Mais sur certains points Ramond admet des alternances de produits basaltiques, ponceux et porphyriques, de sorte que les volcans auraient été alors contemporains.

De la disposition des matériaux amoncelés autour d'un centre commun, il en conclut l'existence d'un seul orifice volcanique ou de plusieurs au moins très-rapprochés. Ce serait vers le point culminant du massif au Puy-de-Sancy, auquel il assigne 1895 mètres au-dessus de la mer. Il aurait brûlé très-longtemps, avec une continuité et une énergie dont aucun autre volcan de la contrée n'offre d'exemple, en soulevant ses laves jusque par-dessus les bords du cratère.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Elles sont néanmoins comprises dans un cercle relativement peu étendu, et l'on est étonné de voir les coulées porphyriques dépassées de beaucoup par les laves basaltiques, quoique, à tous autres égards, elles se comportent de même et doivent s'être épanchées à l'état de fluidité ignée.

Basaltes. — On rencontre les basaltes sur tout le périmètre du Mont-Dore, dans toutes les vallées, sur les pentes de la plupart des montagnes et jusqu'à la cime de plusieurs d'entre elles, sauf sur les plus élevées. Ils proviennent d'éruptions successives qui, d'après Ramond, auraient alterné avec celles du volcan d'où sortaient les laves porphyriques. Il suppose que les lambeaux isolés sur les cimes sont les moins anciens et que les coulées dont ils faisaient partie ont été les premières attaquées par les agents atmosphériques. Les basaltes recouvrent, sans intermédiaire de laves ponceuses, les roches feldspathiques et porphyriques; d'autres forment des plateaux plus ou moins étendus; enfin de grandes nappes basaltiques se voient intactes vers le fond d'anciennes vallées. Par leur nombre comme par leur extension, les coulées de cette nature dépassent celles de toutes les autres roches. Cette propriété de s'étendre presque indéfiniment sur des plans presque horizontaux, et de s'y étaler en couches plus ou moins régulières, est encore une de celles qui les distinguent le mieux des laves modernes. La régularité des divisions prismatiques, la rareté relative ou l'absence de parties bulleuses ou scorifiées, leur mode de décomposition en boules ou par portions de calottes concentriques sont aussi des caractères extérieurs propres à faire distinguer les basaltes.

Leur composition minéralogique présenterait cependant les mêmes éléments constituants que les laves modernes; mais quant à la différence de leur état, elle résulterait d'un plus grand degré de fluidité, d'une plus forte pression, d'un refroidissement plus lent et plus graduel.

Si l'on remarque que des dépôts de transport en partie composés de fragments de basalte renferment aussi des restes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'antiques races d'animaux qu'une grande catastrophe a détruites sans retour, on a, dit Ramond, une date précise pour les éruptions de ces roches; mais il n'était pas nécessaire d'ajouter que « notre planète parcourait peut-être une « autre orbite, était douée d'une très-haute température et « ceinte par conséquent d'une immense atmosphère. » Nous savons aujourd'hui et l'on pouvait savoir en 1815 que les conditions physiques dans lesquelles vivaient les animaux dont il parle n'étaient pas et ne pouvaient pas être très-différentes de celles de nos jours.

Déjections anomales. — Les *déjections anomales* de l'auteur sont les matières rejetées sous formes incohérentes ou pulvérulentes de fragments, de cendres ponceuses plus ou moins consolidées depuis et constituant des tufs, des brèches ou conglomérats de diverses sortes, accumulés surtout vers le centre du Mont-Dore, sur le versant septentrional du Pic de Sancy. « L'eau, qui étale et nivelle tout ce qu'elle transporte « et dépose, n'a certainement pas concouru à l'arrangement « des bizarres assemblages où rien n'est déposé en couches « réglées, et les volcans actuellement brûlants n'entassent pas « autrement alentour de leurs cratères les déjections liquéfiées, solides et pulvérulentes qui leur échappent pêle-mêle... « A mesure qu'on s'éloigne du Pic de Sancy, on voit un certain ordre s'établir, mais c'est encore celui qui caractérise « les formations volcaniques. »

Montagne de domite. — « Le Puy-de-Dôme et quelques « puys moins considérables, mais de même nature, sont jetés « comme au hasard sur la ligne des volcans modernes et « n'ont avec eux aucune ressemblance ni de figure, ni de « composition. On les distingue de loin à leur teinte blanchâtre, à leurs contours arrondis. Étrangers à tout ce qui « les environne, ils n'ont de rapport qu'avec les Monts-Dores, « et, nonobstant l'intervalle qui les en sépare, on serait conduit par l'analogie des roches à les ranger au nombre de « leurs appendices. »

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La *domite*, nom donné, comme on l'a vu, par L. de Buch à la pierre qui les constitue, n'est pour Ramond qu'une modification du *Klingstein* (phonolite), auquel elle passe insensiblement, et elle diffère d'une de ces montagnes à l'autre, et même dans les diverses parties de chacune d'elles.

« L'isolement de ces montagnes, au milieu de la chaîne « volcanique, n'est pas l'unique singularité qui ait exercé la « sagacité des naturalistes. Elles ne semblent pas moins indé« pendantes l'une de l'autre que du système où elles sont « fortuitement placées. On s'est épuisé en conjectures tou« chant leur origine; et une seule chose a été admise d'un « commun accord, savoir, qu'elles ont subi l'action du feu. » Nous avons vu précédemment quelles étaient ces diverses hypothèses, et l'idée de production successive se trouve également dans leurs explications, idée qui repose aussi sur une supposition commune, l'indépendance mutuelle de ces montagnes et leur isolement complet. Or Ramond s'attache à faire voir qu'il n'en est pas absolument ainsi, et qu'il est possible de trouver dans ces produits ignés ou une ramification des Monts-Dore ou un petit système d'éruption particulier, tout aussi indépendant de ces derniers que ceux-ci le sont du Mézenc et du Cantal. Mais, ajoute-t-il, de quelque manière qu'on modifie la pensée fondamentale, il sera toujours plus raisonnable de regarder la roche du Puy-de Dôme comme une lave que comme une thermandide (roche chauffée en place). La meilleure explication du phénomène particulier sera toujours aussi celle qui s'écartera le moins des principes admis pour l'explication du phénomène général.

Volcans modernes. — Quant aux volcans modernes, le savant académicien adopte comme exacte la distinction précédemment établie par Desmarest et par de Montlosier. Ainsi, dit-il, la chronologie de nos volcans éteints comprend non-seulement une succession de faits, mais encore un changement d'état; elle se divise en deux périodes indépendantes quoique

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

consécutives. On pourrait remarquer cependant ici que, malgré certaines apparences, Ramond aurait pu séparer les laves porphyriques ou trachytes des basaltes et des phonolites qu'il distinguait d'ailleurs très-bien et admettre trois périodes au lieu de deux.

Quoi qu'il en soit, « nous ne connaissons point, continue-« t-il, de volcans d'âge intermédiaire, et la nature, en con-« tinuant d'agir sur des matières semblables, avec des moyens « peu différents, n'en a pas moins distingué les produits des « deux époques aussi nettement que les époques elles-« mêmes. »

« Il s'en faut de beaucoup qu'elle distingue ainsi les « âges d'une même période, et les monuments de la nôtre « ont tous un air de jeunesse où il n'est pas aisé de dis-« cerner les nuances qui marquent la diversité des temps. « Personne ne doutera que nous n'ayons le droit d'appeler « modernes des volcans certainement très-modernes, eu égard « à ceux de l'époque antérieure ; mais ils peuvent être fort « anciens, en comparaison des volcans qui brûlent aujour-« d'hui, sans que l'antériorité se fasse connaître à des signes « bien évidents. A voir certains cratères, la fraîcheur de leurs « scories, la nudité de leurs courants de laves, il semble que « ces foyers viennent de s'éteindre et sont prêts à se ral-« lumer.

« On consulte les historiens, les chroniques, les chartes « de tous les âges, et l'on s'étonne de ne pas rencontrer la « date d'événements aussi considérables dans cette longue « suite de documents où les choses les plus indifférentes ont « trouvé place. Dès les premiers temps, la mémoire s'en était « perdue. Grégoire de Tours connaissait parfaitement l'Au-« vergne, et ne dit pas un mot de ses volcans, lui qui n'a « jamais refusé créance à une tradition populaire. Cent ans « auparavant, Sidoine Apollinaire vivait sur les lieux ; il ne « recueille rien de la bouche des habitants, et décrit sa « maison de campagne sans se douter qu'il y laboure un sol

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« volcanique [1]. César se tait; Tacite garde le même silence; « Pline seul s'explique; mais c'est pour féliciter les Gaules « d'être exemptes de la fureur des feux souterrains. L'incen- « die a donc devancé de beaucoup les vingt siècles de notre « histoire; cependant les apparences préviennent tellement « le jugement que de fort bons esprits résistent encore à la « conviction..... »

Mais « autant il est certain que les éruptions sont posté- « rieures aux derniers changements opérés à la surface de la « terre, autant il est vraisemblable qu'elles ont suivi ces « changements de très-près et sont au nombre des événe- « ments qui signalèrent le commencement d'un nouvel ordre « de choses.....

« Si à cette époque notre espèce commençait d'exister, ou « si elle s'était conservée dans quelques lieux privilégiés, il « n'y a guère apparence qu'elle ait pénétré dès lors jusqu'à « un coin de terre d'où les plus redoutables phénomènes « conspiraient à la repousser; et, dussions-nous admettre « qu'elle s'y fût établie, les hommes étaient là dans l'état de « dispersion et d'avilissement qui précède la formation des « sociétés et que prolongent les fléaux de la nature [2].....

« Les éruptions de l'époque antérieure ont en quelque « sorte tracé le chemin à nos volcans, qui ont éclaté de toutes « parts entre les lambeaux des basaltes et des laves feldspa- « thiques, embrassant le Puy-de-Dôme et les Monts-Dores, le « Mézenc et le Cantal, se montrant partout, depuis la limite « du département de l'Allier jusqu'aux confins de celui de « l'Ardèche, et formant çà et là des chaînes continues dont la « principale a près de 40 lieues de longueur. Celle-ci naît à « la partie septentrionale du département du Puy-de-Dôme,

1. L'habitation de Sidoine Apollinaire était à Avitæ (Aidat). Les îles du lac d'Aidat sont dues à des courants de lave.

2. Ce passage de Ramond pourrait être regardé comme une prédiction de la découverte des ossements humains dans les tufs volcaniques de la Denise, près du Puy (voyez d'Archiac, *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 44, 1865).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« le partage dans toute son étendue et traverse celui du « Cantal en suivant une direction voisine de celle de la méri- « dienne. Elle se compose, dans le seul département du Puy- « de-Dôme, d'environ 70 montagnes, où l'on reconnaît encore « une cinquantaine de cratères, dont plusieurs d'une conser- « vation parfaite. Deux choses méritent d'être remarquées : « la multiplicité des bouches et leur arrangement en série « continue. »

Au lieu de points isolés que marquent les volcans actuels de l'Europe, au lieu d'un foyer circonscrit fournissant ou alimentant les éruptions successives, « dans nos volcans « éteints, poursuit Ramond, on est fondé à supposer une « traînée superficielle et horizontalement prolongée où le feu « a gagné de proche en proche, et marqué sa marche par des « éruptions progressives. Ce qui s'accumule ailleurs autour « d'un centre se distribue ici le long d'une ligne, d'où il « arrive que les déjections dispersées de nos cratères repré- « sentent dans leur ensemble les produits amoncelés des « autres volcans..... »

« Tout ce qu'on peut espérer d'établir pour la chronologie « de ces laves, c'est l'ordre des éruptions et la proportion « de leurs intervalles, sans qu'on en doive rien inférer ni « sur l'espace que cette série d'événements a occupé dans les « temps anciens, ni sur la distance de ces temps aux nôtres...»

« Entre les créations et les destructions qui ont fait naître « l'idée d'autant d'époques distinctes, nous ne voyons rien, « quelle que puisse être l'immensité des intervalles, car l'état « de calme et de conservation n'est que l'absence d'accidents « et le passage insensible d'un événement à l'autre. Nous « jouissons de l'un de ces intervalles, et le temps qui nous « entraîne si vite effleure à peine le séjour que la dernière « révolution nous a préparé. Ce qui a précédé la période « actuelle, voilà le passé de notre planète ; ce que cette même « période embrasse demeure arrêté au présent dans les an- « nales de la nature.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« Les hommes inscrivent en passant quelques dates sur « cette page immobile; mais au delà de nos traditions, mais « du moment où les témoignages nous abandonnent, tout se « perd dans le vague d'une antiquité indéterminée, et les « degrés d'ancienneté n'ont plus de valeur appréciable, parce « que la succession des phénomènes n'a plus d'échelle qui « se rapporte à la division des temps. »

Vivarais et Velay. — Les roches volcaniques du Velay et du Vivarais ont moins occupé les géologues de la fin du dernier siècle et du commencement de celui-ci que celles de l'Auvergne, dont nous venons de parler; cependant leurs caractères essentiels et leur distribution géographique ont été déterminés dans le même temps avec une certaine exactitude. Si, au premier abord, elles n'ont pas donné lieu à des vues théoriques aussi intéressantes, c'est qu'elles n'offrent point dans leur aspect, dans leurs reliefs, dans leur composition, des différences aussi frappantes, des types aussi variés. Mais l'observateur qui les étudie attentivement ne tarde pas à reconnaître qu'elles sont tout aussi dignes d'intérêt.

Faujas de Saint-Fond. — Déjà nous avons vu Giraud-Soulavie et l'abbé Roux s'occuper des produits ignés du Vivarais, mais Faujas de Saint-Fond, dans ses *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*[1], a donné une idée plus complète de leur répartition dans ces deux provinces. Cet ouvrage, où de nombreux dessins représentent les faits les plus importants, est sans doute plutôt pétrographique que géologique; c'est une protestation un peu *matérielle* peut-être contre les théoriciens de cabinet, mais, si l'on se reporte au temps, on reconnaîtra qu'il ne mérite pas l'oubli où il est tombé. Sa prolixité verbeuse, sa forme un peu familière ne doivent point non plus nous rendre injuste à son égard.

Faujas commence son livre par un *discours sur les volcans*

1. In-fol., accompagné de 20 planches de vues représentant les phénomènes volcaniques les plus intéressants, 1778.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

brûlants. C'était la première fois que ce vaste sujet était traité à ce point de vue, et, si l'on songe que l'auteur était encore fort jeune, on trouvera que c'est un bon exposé de ce que l'on savait alors et qui ne doit point passer inaperçu. Puis viennent des mémoires particuliers sur les *schorles*, les *zéolithes* et les *basaltes*. Arrivant après Guettard et Desmarest, l'auteur étudie encore fort en détail cette dernière roche, objet de la prédilection des lithologistes de l'époque et de la sienne en particulier. Passant enfin à l'objet particulier de son livre, Faujas suit un itinéraire bien tracé pour le but qu'il se proposait; il part de Montélimart, traverse le Rhône, décrit les masses basaltiques de Rochemaure, gagne la partie sud des Coirons où les basaltes colonnaires de Chenavari, de Maillas de Montbruel qui dominent Saint-Jean-le-Noir, attirent successivement son attention. Les colonnades du pont de Bredon, les rives du Volant, près de Vals, lui démontrent que ces basaltes ont incontestablement coulé à l'état de fusion, qu'ils se sont répandus ainsi sur la place qu'ils occupent et qu'ils doivent leur structure prismatique à leur refroidissement. Guettard, qui avait étudié aussi ces mêmes points, modifiant sa première opinion, regardait alors les basaltes comme résultant de la fusion du granite et attribuait de même leur disposition prismatique à un effet du retrait lors de leur refroidissement[1]. Le cône volcanique de la Coupe ou du Colet d'Aiza, à un kilomètre d'Entraigue, le cratère du sommet dont le fond est rempli de pouzzolanes et de scories, la coulée de lave qui en descend, sa liaison avec les basaltes du voisinage, comme la superposition de toute la masse au granite de sa base sont des faits clairement exposés. Il en est de même de ceux que présentent à l'auteur les rives de l'Ardèche, au pont de la Baume, celles de l'Aulière, les environs de Thuyste, etc.

Dans le haut Vivarais, les environs de Pradelles montrent à Faujas les buttes basaltiques de l'Ermitage, de Chenelette,

1. *Mém. sur la minér. du Dauphiné*, vol. I, p. 128, 1779.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'Ardenne, où les masses se présentent plutôt sous une forme tabulaire ou irrégulière que prismatique, et, dans la dernière de ces localités, affectent une décomposition en boules extrêmement remarquables.

Le coup d'œil général sur les volcans du Velay, l'examen particulier des alentours du Puy, la position, les caractères et l'origine du rocher de Corneille auquel la ville est adossée, de celui de Saint-Michel, la présence de la pierre à plâtre, celle des calcaires sur la rive opposée de la Borne et les idées théoriques que ces derniers suggèrent à l'auteur sur la formation du gypse, sont des détails qui peuvent être encore acceptés aujourd'hui. Seulement, la présence de quelques moules de coquilles univalves dans les calcaires, et rapportées à des Buccins, lui fait attribuer à la mer un rôle qu'elle n'a jamais joué dans ce pays. C'est d'ailleurs l'erreur où l'on a vu que tombaient les géologues qui, dans le même temps, s'occupaient de l'Auvergne.

Dans le voisinage même de la ville, Faujas n'oublie rien de ce qui peut intéresser le naturaliste; ainsi, les basaltes et les *orgues d'Expailly*, la montagne de la Denise, les rochers de Polignac sont successivement décrits; puis, étendant ses recherches au delà de ce centre géologique si curieux et qui plus tard devait le devenir encore davantage, il visite la montagne de Brives, la roche Rouge, et parcourt diverses parties du Mezenc, point culminant de tout le pays, et sans contredit aussi le plus intéressant sous le rapport des phénomènes ignés.

L'ouvrage de Faujas est terminé par des lettres qui se rattachent encore à ce sujet : telles sont celles de l'abbé de Mortesagne, qui reconnut le premier les roches volcaniques de Pradelles et de plusieurs autres localités du Velay, puis de Buffon, de Pasumot, d'Ozy, de Malesherbes, de Bernard, sur les volcans de la Provence, de Dolomieu sur les basaltes des bords du Tage, autour de Lisbonne, lettres qui toutes témoignent de l'estime dont jouissait le jeune géologue parmi ses contemporains.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans sa *Minéralogie des volcans* ou *Description de toutes les substances produites ou rejetées par les feux souterrains*[1], le même savant s'est attaché à justifier le titre de son livre par des descriptions pétrographiques très-détaillées sur lesquelles, on le conçoit, nous n'avons pas à insister ici.

Les Coirons. — Marzari Pencati. — Malgré les faits observés et représentés avec soin par Faujas, on reconnaît de suite qu'aucune préoccupation de leur chronologie ne le dirigeait dans ses recherches, et le mémoire publié plus tard par Marzari Pencati[2], sur l'oryctographie des Coirons, fit ressortir les omissions importantes du géologue français.

Après avoir esquissé la forme toute particulière de ce plateau volcanique, compris entre le Rhône à l'est, la plaine de Privas au nord et celle d'Aubenas au sud, puis la profonde découpure de ses bords, sa base calcaire, l'escarpement abrupt qui le limite vers le haut et les pentes adoucies de sa partie inférieure, Marzari décrit la partie méridionale du massif élevé de 200 mètres au-dessus du village de Saint-Jean-le-Noir, et qui présente, à partir de sa base calcaire, en couches régulières :

1° Poudingue à cailloux de quartz et de granite enveloppés dans du sable, avec quelques fragments de basalte ;

2° Sable volcanique avec des fragments de lave, d'amphibole, et toujours stratifié ;

3° Laves scorifiées, poreuses ou non, contournées, légères ou très-pesantes ;

4° Coulée composée ordinairement de trois lits différents de basalte, tantôt en dalles horizontales inégales et tantôt en prismes verticaux, d'un autre basalte en masse continue ou colonnaire, enfin de laves poreuses.

La seconde de ces assises est la plus constante ; leur épaisseur est très-variable. Le basalte atteint 27 mètres sur un point, 30 sur un autre, ou bien est réduit à 3 seulement.

1. In-8°, 1784.
2. *Corsa pel bacino del Rodano*, etc., in 8°, Vicenza, 1806.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les laves poreuses varient aussi de 2 à 30 mètres. Le tout fait d'ailleurs partie d'un seul et même phénomène, dont il représente les diverses phases.

Au-dessus de ce premier ensemble vient une seconde coulée volcanique, dont les éléments sont disposés dans le même ordre, et il paraît y en avoir eu ainsi quatre successivement produites. Chaque courant a été précédé d'une couche de conglomérat semblable à celle de la base (n° 1) et d'une couche de sable (n° 2). Quant à la lave scorifiée (n° 3), elle n'est pas constante; mais, lorsqu'elle existe, c'est toujours sous la coulée de lave. Marzari n'a pu distinguer les points par lesquels sont sorties les roches basaltiques. L'assise inférieure est la seule qui se voie coupée à pic sur tout le pourtour du plateau; les supérieures se terminent par des pentes en gradins gazonnés, et leur composition est difficile à déterminer exactement. L'épaisseur totale des trois ou quatre assises complexes, à partir de leur base calcaire commune, ne dépasse pas 120 mètres[1]. Quant à l'origine des vallées qui séparent les nombreux promontoires rayonnant du plateau, l'auteur adopte l'opinion de Faujas, qui les regardait, avec raison sans doute, comme postérieures à l'épanchement des roches ignées.

Ce peu de mots suffit pour montrer la marche beaucoup plus méthodique de Marzari dans cette étude, dont nous ne reproduisons pas les détails, nous bornant à faire remarquer combien, de son temps, l'*Histoire naturelle de la France méridionale* de Giraud-Soulavie était peu appréciée, car il dit que le public n'a pas besoin qu'on lui fasse des observations sur cet ouvrage prolixe, à l'égard duquel il s'est déjà prononcé si durement (*su si cui egli ha già pronunciato si crudelmente*). Les idées du savant abbé étaient donc venues avant le temps, au moins dans sa patrie.

Le Mezenc. — L. Cordier. — Quelques années après, L. Cor-

1. *Prospectus d'une Histoire naturelle,* 5 vol. in-12.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dier, revenant aussi sur un point important qu'avait examiné Faujas, compare le massif du Mezenc, dans le haut Velay, à ceux du Puy-de-Dôme et du Mont-Dore. Il le trouve mieux caractérisé encore que ces derniers et y distingue les matières volcaniques antérieures à la période du cataclysme diluvien et celles qui ont succédé à toutes les révolutions. La masse des montagnes est d'ailleurs presque entièrement composée des premières, constituant un cône très-surbaissé dont le sommet, suivant ses mesures et celles de Ramond, atteindrait 1774 mètres d'altitude et s'élèverait de 800 mètres au-dessus du plateau granitique qui lui sert de base.

Les produits incohérents n'ont point été changés en tufs, ni en conglomérats ou en brèches; les scories rouges, noires, les lapilli, etc., ont conservé tous les caractères extérieurs que le feu leur a imprimés. Cordier ne voit dans la désignation particulière de *domite*, de *Graustein* et de *Klingstein*, que trois modifications du porphyre feldspathique des courants de lave lithoïde. Les laves modernes, peu nombreuses, sont formées de basaltes à cristaux de péridot et de pyroxène avec du péridot grenu.

Quant au massif du Cantal, malgré l'intérêt qu'il devait inspirer, nous ne voyons pas qu'il ait encore été à cette époque l'objet de recherches un peu importantes, et nous ne connaissons que l'ouvrage de Buchoz, publié en 1792, qui en fasse mention.

On voit, d'après ce qui précède, que si les phénomènes volcaniques de la France centrale avaient été, vers le commencement de ce siècle, l'objet de travaux réellement importants, sur lesquels nous avons dû insister, il n'en était pas de même des dépôts sédimentaires qui les avoisinent, surtout en Auvergne, dans le Cantal et le Velay, et encore moins des richesses paléontologiques qui depuis y ont été découvertes sur tant de points.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dépôts sédimentaires.

Indépendamment des *Mémoires* de Passinge, *pour servir à l'histoire naturelle du département de la Haute-Loire*, qui sont exclusivement météorologiques ou pétrographiques, on peut remarquer que cet observateur a signalé des sédiments d'origine lacustre à Expailly, au Puy, à Retournad (Haute-Loire) comme à Sury-le-Comtal au nord de Roanne, ce qui en 1796 n'était pas chez nous sans quelque mérite.

On a déjà dit que les dépôts coquilliers ou faluns, si riches dans la Touraine et l'Anjou, avaient attiré l'attention de Réaumur et de Buffon; plus tard Bruguières publia les notes recueillies par Odanel sur les localités de Sainte-Maure, de Bossé, de Bosselière, etc., où les faluns sont particulièrement exploités, et critiqua vivement la Sauvagère, pour avoir encore attribué ces coquilles à une végétation spontanée. De Gensanne, qui avait visité les environs de Doué, donne de ces mêmes dépôts une description exacte. Plus au sud, le long des côtes basses et marécageuses de la Vendée, Fleuriau de Bellevue décrivit de nouveau ces bancs d'Huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm, déjà mentionnés depuis plus d'un siècle, et encore aujourd'hui l'objet d'opinions diverses.

Cotentin. — Alex. Brongniart, de Gerville. — En 1813, Alex. Brongniart constatait dans le Cotentin, en même temps que M. d'Omalius d'Halloy au fond de la Bretagne[1], que des roches cristallines, syénitiques et granitiques, étaient plus récentes que certains schistes fossilifères et alternaient même avec eux. C'étaient des faits analogues à ceux qu'avaient observés de Bonnard et de Raumer dans le Harz et l'Erzgebirge, Léopold de Buch et Haussmann aux environs de Christiania, et qui étaient depuis longtemps familiers aux élèves de Hutton.

Loin de tout centre scientifique, du Hérissier de Gerville

1. *Journ. des Mines*, vol. XXV, p. 109 et 136, 1814.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

avait réuni une riche collection des fossiles du Cotentin, et, dans deux lettres adressées à Defrance en 1814 et 1817, il exposa le résultat stratigraphique de ses recherches paléontologiques de la manière suivante, en allant des dépôts les plus récents aux plus anciens, et en mentionnant dans chacun d'eux le nombre des espèces fossiles qu'il y avait trouvées. Il décrit ainsi : 1° les *carrières de tuf* de Sainteny, de Motier-Saint-Georges, de Saint-André de Bouhon, etc.; 2° le *banc à Turritelles;* 3° le *banc à Cérites*, qui serait l'analogue du calcaire grossier des environs de Paris; 4° le *banc à Baculites*, Ammonites, Nautiles, etc.; 5° le *banc à Nautiles*, signalé particulièrement aux environs de Bayeux; 6° le *banc à Bélemnites* de Sainte-Marie-du-Mont, de Vierville, etc.; 7° le *banc à Gryphites*, le plus étendu de ceux du pays, occupant le canton de Sainte-Mère-Église, et très-développé dans le Calvados; 8° le *banc à Pectinites*, ou *carreau de Valognes;* 9° le grès coquillier, dans les arrondissements de Valognes et de Cherbourg; 10° les *calcaires marbres.*

Ainsi de Gerville avait pu rassembler et distinguer alors 1427 espèces de fossiles invertébrés, répartis dans dix terrains différents, caractérisés généralement par le nom du genre qui y dominait : trois divisions du terrain tertiaire, la craie, l'oolithe inférieure, trois divisions du lias, les grès et les calcaires de transition étaient des coupes géologiques très-judicieusement tracées entre Bayeux, Coutances et Cherbourg. A ce moment aucune province de France ne pouvait se flatter de présenter un bilan paléontologique, stratigraphique et géologique à la fois, aussi varié et aussi complet. C'est ce qui nous fait regarder ces lettres de de Gerville comme le travail le plus original et le plus avancé que l'on ait jusque-là exécuté chez nous dans cette voie. Quoique cet ordre fût parfaitement exact, il est probable que c'est au peu de confiance que l'auteur manifestait lui-même dans la valeur de ses recherches qu'est due la faible importance qu'on lui attribua alors.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Lorraine, Alsace. — Quant aux provinces de l'est de la France, elles avaient encore été peu explorées à l'époque dont nous parlons. Les recherches de Monnet, que nous avons rappelées, l'*Essai de minéralogie alsacienne* de Graffenauer, les études auxquelles ont donné lieu les exploitations de sel gemme, qui, malgré les observations de Guettard et de Piroux, n'ont pris un grand développement que par suite de travaux plus récents, sont les seules publications que nous ayons à mentionner ici. Bien que les sources salées des environs de Vic fussent exploitées depuis longtemps, l'existence du banc de sel gemme qui les alimentait n'a été constatée qu'en 1819; Mathieu de Dombasle annonça alors que dans un sondage le sel gemme avait été atteint à 65 mètres du jour, et sur une épaisseur de 20 mètres.

§ 3. FRANCE NORD.

On a vu la part que Guettard, Lavoisier, puis Monnet, avaient prise à la publication de l'*Atlas et de la Description minéralogique de la France*, comprenant les provinces du nord. Si maintenant nous restreignons nos considérations au bassin de la Seine et à quelques parties des provinces qui l'avoisinent immédiatement, nous verrons que les environs de Paris, sur lesquels Guettard avait déjà tant écrit, ne cessaient point d'attirer l'attention des naturalistes, marchant toujours un peu au hasard, sans essayer de coordonner leurs découvertes.

Parlon, Pasumot, P. R. de Lamanon. — Ainsi, vers 1780, Parlon prend pour des os humains ceux que l'on avait trouvés dans les plâtrières de Montmartre; Pasumot, plus éclairé, figure des ossements et des dents de mammifères; mais c'est à P. R. de Lamanon que l'on doit les recherches les plus importantes à cet égard. Après avoir relevé les erreurs de ses devanciers, il

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

décrit à son tour les restes de mammifères, de poissons et d'oiseaux découverts dans le même gisement, et conclut que l'on ne peut rapporter ces ossements à aucun des animaux que nous connaissons, et qu'il en est de même pour les animaux marins recueillis dans cette colline. Il développe ensuite une théorie assez ingénieuse sur les lacs dans lesquels se sont déposés les gypses, non-seulement du bassin de la Seine, mais encore des autres localités où cette substance est connue.

Giraud-Soulavie, Defay. — Dans la partie méridionale de ce bassin, l'abbé Giraud-Soulavie a étudié les sables et les grès qui constituent les flancs des collines entre Milly et Étampes, ainsi que les calcaires lacustres qui le recouvrent. Plus loin encore, dans cette direction, Defay recueille les nombreux ossements de Montabusard, à une lieue d'Orléans. C'étaient des restes d'Hippopotame, de Cerf, de Cheval, des bois de Chevreuil et des dents qu'il compare avec celles qu'avait figurées Buffon, et que nous verrons appartenir au genre Mastodonte.

Poiret. — Si nous nous reportons actuellement au nord, nous retrouverons encore Giraud-Soulavie décrivant les environs d'Ermenonville, et au delà, dans la vallée de l'Aisne, Poiret publiant, dans les premières années de ce siècle, *sur les tourbes pyriteuses du Soissonnais*, des Mémoires qui, s'ils eussent été mieux étudiés par ceux qui sont venus après lui, auraient évité les discussions auxquelles ces dépôts ont donné lieu. Ces observations non-seulement sont fort bonnes en elles-mêmes, mais encore sont accompagnées d'appréciations fort justes sur la composition, l'origine, le mode de formation, les usages, la position et l'âge de ces lignites. « Ces tourbes, dit-il, n'ont pas été déposées « par les eaux de la mer, mais dans les eaux douces, à l'en- « droit où on les trouve aujourd'hui, ce qui est prouvé par le « banc de coquilles fluviatiles placé entre deux couches de « tourbes. Des dépôts marins sont venus recouvrir cette « tourbe, formée et précipitée dans des eaux douces; donc

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« son existence est antérieure à la présence des eaux de la « mer dans ce pays. »

Lavoisier. — Lavoisier a prouvé qu'il aurait pu être aussi bien un grand naturaliste que le premier de nos chimistes; et, dans ses *Observations générales sur les couches modernes*, il a appuyé ses vues théoriques par des coupes fort exactes des environs de Villers-Cotterets, de Saint-Gobain à Lafère et de la descente de Sèvres. En comparant ces dernières, il montre leurs rapports, leurs différences et leurs dispositions générales au-dessus de la craie, qui partout leur sert de base; aussi ce Mémoire doit-il être regardé comme la première ébauche d'une classification naturelle du terrain tertiaire du bassin de la Seine. On y voit nettement indiquées les relations de la meulière supérieure, des sables et grès supérieurs, du calcaire grossier, des sables inférieurs, de l'argile plastique et de la craie. Il n'y manque que la distinction, fort importante d'ailleurs, du groupe lacustre moyen et du gypse, qui se trouve, à ce qu'il semble, compris ici avec le calcaire grossier.

Coupé. — Coupé, qui avait déjà donné un mémoire sur la pierre meulière, la marne et les coquilles d'eau douce qu'on y rencontre, vint, quinze ans après Lavoisier, combler la lacune que ce dernier avait laissée. Le Parisis, dit-il, présente cinq *dispositions* distinctes, qui ont été placées successivement, et par époque différente, l'une au-dessus de l'autre. La plus inférieure est la craie en masse continue, avec ses *coagulations* siliceuses noires, alignées en cordons (Bougival, Meudon); la *seconde*, une nappe de glaise bleue (Gentilly, Issy, Auteuil); la *troisième*, un ensemble de lits successifs qui composent les carrières de *pierre de taille;* la *quatrième*, la disposition gypseuse, composée aussi de lits de gypse, de glaise, de calcaire alternant, formant, comme les précédentes, un ensemble dont les éléments ont été déposés de la même manière; la *cinquième*, une nappe épaisse de sable fin, uniforme, blanc, recouvrant tout le pays. Il ne parle point ici de la meulière

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

supérieure ni des argiles qu'il avait déjà décrites; mais on ne peut douter qu'il ne les considérât comme une *sixième disposition.*

Si l'on fait la part des hypothèses plus que hasardées de Coupé sur l'origine de certains dépôts et de la bizarrerie de quelques expressions qu'il semble affectionner, on reconnaîtra que sa classification était la plus complète que l'on eût encore donnée des terrains des environs de Paris, et, en la mettant en regard de celle de Lavoisier, on trouve, par leur combinaison, que, dès les premières années de ce siècle, la série générale des dépôts tertiaires depuis Villers-Cotterets et Compiègne, et même depuis La Fère et Saint-Gobain jusqu'à Fontainebleau, Étampes et Malesherbes, comme depuis Courtagnon jusqu'à Gisors, se trouvait réellement bien établie.

LAVOISIER, 1789.	COUPÉ, 1804-1805.
Calcaire lacustre supérieur (meulière).	Meulière supérieure et argile.
Sables supérieurs (de Fontainebleau).	Sables supérieurs.
	Marnes, gypse et calcaires.
Calcaire grossier.	Calcaire grossier (*pilé marin*).
Sables inférieurs.	
Argile plastique et lignite.	Argile plastique.
Craie blanche.	Craie blanche.

Malgré leur exactitude, ces résultats portèrent peu de fruits; ils ne reposaient pas sur des données assez complètes, sur des études assez suivies, et la forme sous laquelle ils se présentaient ainsi que les idées théoriques qui les accompagnaient devaient également leur nuire. Il était réservé à deux savants plus spéciaux de donner aux dépôts tertiaires du bassin de la Seine une véritable célébrité par la variété et l'importance des faits qu'ils ont su y mettre en lumière, par l'impulsion que leurs travaux ont donnée à cette partie de la science, par les découvertes ultérieures qu'ils ont ainsi préparées.

G. Cuvier et Alex. Brongniart. — En 1808, G. Cuvier et Alex. Brongniart publièrent un *Essai sur la géographie minéralo-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

gique des environs de Paris, où ils commencent par jeter un coup d'œil sur la géographie physique, ou mieux, l'orographie, et sur les limites de ce qu'ils appellent le *bassin de Paris*, car les considérations hydrographiques qui se rattachent toujours aux formes du sol y sont complétement omises; puis ils terminent cet exposé en disant que l'on peut se représenter les matériaux qui constituent le bassin tertiaire de la Seine comme ayant été déposés dans un grand espace creux, dans une sorte de golfe dont les bords et le fond étaient formés par la craie. Ils divisent ensuite ces *matières*, pour nous servir de leur expression, en *deux étages*. Le premier, qui recouvre la craie, en remplissant le fond du golfe, se subdivise lui-même en *deux parties égales*, placées au même niveau et bout à bout : *le plateau de calcaire siliceux non coquillier*, *le plateau de calcaire grossier coquillier*; le second, ou gypso-marneux, ne s'observe que par places ou taches d'épaisseur et de composition différentes. Cette première donnée manque de clarté et même d'exactitude.

Le mémoire est divisé en 9 *articles*, correspondant aux divisions géologiques suivantes, que nous rétablirons ici dans leurs positions naturelles relatives de haut en bas, tout en leur conservant les numéros assignés dans l'ordre de la description.

CLASSIFICATION DE 1808.

Article 9	formation	du limon d'atterrissement.
8	—	du terrain d'eau douce.
7	—	du grès sans coquille.
6	—	du calcaire siliceux.
5	—	du sable et du grès marin coquillier.
4	—	gypseuse.
3	—	du sable et du calcaire grossier.
2	—	de l'argile plastique.
1	—	de la craie.

Il serait beaucoup trop long de reproduire ici l'analyse que nous avons donnée de cette classification et des sui-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

vantes[1]; mais nous ne pouvons omettre les remarques relatives à quelques-unes des subdivisions, et qui ont pour but de faire apprécier la valeur réelle du travail.

Le *premier article*, consacré à la *craie*, y mentionne 50 espèces de fossiles recueillis par Defrance, la plupart inédits, et sans que le nom de Guettard, qui en avait figuré un certain nombre cinquante ans auparavant, soit seulement rappelé. La *formation d'argile plastique*, qui recouvre la craie partout, est sans fossiles et a été déposée dans des circonstances entièrement différentes. Dans la *formation du sable et du calcaire grossier*, les divers bancs calcaires se suivent dans un ordre déterminé, de bas en haut. Quelques-uns manquent accidentellement; mais ceux qui persistent conservent entre eux la même position relative sur une étendue d'au moins 12 myriamètres. Les espèces fossiles de chaque couche restent généralement les mêmes partout où celle-ci existe, et elles diffèrent, au contraire, lorsqu'on passe d'une couche à une autre. Ce caractère a servi aux auteurs pour les distinguer et pour les retrouver à de très-grandes distances. « C'est un signe de reconnaissance, disent-ils, qui jusqu'à « présent ne nous a point manqué. » Aucun de ces fossiles ne se trouve dans la craie; mais la différence d'une de ces couches à l'autre est moindre que celle qu'il y a entre la craie et le calcaire, car cette dernière est complète.

Les assises les plus basses du calcaire grossier sont celles qui renferment le plus de débris organiques et les plus variés; ce sont également celles où se trouvent les Camérines (Nummulites), à Vauciennes, Chantilly, le Mont-Gannelon, etc., près de Compiègne, comme l'avait remarqué un demi-siècle auparavant de Lassone, dont le nom n'est point ici rappelé, pas plus que celui de Lavoisier, qu'on ne trouve nulle part dans le travail de Cuvier et de Brongniart, quoiqu'il ait beaucoup mieux saisi qu'eux les caractères généraux de la partie nord du bassin.

1. *Précis d'une histoire de la paléontologie stratigraphique* (*Cours de paléontologie professé au Muséum d'histoire naturelle*, Ire partie, p. 381, 1862).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La *formation gypseuse* est supérieure au calcaire grossier, ainsi que l'avait dit Coupé, mais non immédiatement, comme semblent l'admettre les deux savants auteurs, qui décrivent successivement, dans la colline de Montmartre, les trois masses de gypse. Ils signalent, dans la plus élevée, celle des *hauts piliers*, les restes de vertébrés fossiles, et pensent, avec de Lamanon, que ces assises se sont déposées et ont cristallisé dans des lacs d'eau douce. Les observations relatives à la direction des collines gypseuses, dues à la puissance de la pierre à plâtre, plus grande vers le centre qu'aux extrémités ou sur les côtés, sont vraies quant à la partie du bassin que les auteurs considèrent.

Les coquilles marines très-variées de la *formation du sable et du grès marin* (Montmartre, Romainville, Saint-Prix, Montmorency, Longjumeau) sont regardées comme appartenant aux mêmes espèces que celles du calcaire grossier de Grignon. Conformément à la division établie au commencement de l'ouvrage, la *formation du calcaire siliceux* occupe une position parallèle au calcaire marin, ne se trouvant ni au-dessous ni au-dessus, mais à côté, ou, comme on l'a dit, bout à bout. Elle semble en tenir la place dans la grande étendue qu'elle occupe à l'est et au sud-est de Paris. La *formation du grès* sans coquille, qui recouvre la précédente, et n'a au-dessus d'elle que le *terrain d'eau douce*, est décrite aux environs de Fontainebleau, où de Lassone et l'abbé Soulavie les avaient fait connaître, ce que sans doute ignoraient Cuvier et Brongniart. Ces derniers n'y ont pas observé de coquilles, non plus qu'à Étampes, au sud, et à la butte d'Aumont, au nord. Mais cette distinction des formations 5 et 7 ne s'est pas trouvée justifiée, car ce ne sont que les diverses parties d'un seul tout, tantôt fossilifère, tantôt dépourvu de corps organisés. Coupé suivant, comme il le dit, la même nappe de sable et de grès, de Montmartre à Fontainebleau, n'avait pas commis cette faute. Quant aux sables de la butte d'Aumont qui lui sont ici associés, ils sont, au contraire, d'un âge très-différent.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La *formation du terrain d'eau douce*, qui paraît s'étendre sur toutes les autres, ressemble, par sa composition, au *calcaire siliceux* précédent; il y a en outre beaucoup de coquilles d'eau douce semblables en tout à celles qui vivent encore dans nos marais, et de petits corps ronds cannelés suivant des courbes élicoïdes, et désignés par de Lamarck sous le nom de *gyrogonites*.

Ce travail, publié *in extenso*, dans les *Mémoires de la classe de physique et de mathématique*, trois ans après sa présentation à l'Académie des sciences, fut modifié dans plusieurs de ses parties, sans aucun avertissement de la part des auteurs. Ainsi, au lieu de 9 divisions ou *articles*, comme ils continuent à les appeler, il y en a 11. Dans la *formation de l'argile plastique* sont ici distinguées les *fausses glaises;* dans celle du *calcaire grossier et de son grès coquillier marin* se retrouve d'abord la même incertitude quant aux sables de l'argile plastique, et ensuite, des trois divisions qu'ils y ont introduites, les deux supérieures seraient, disent-ils, quelquefois entièrement remplacées par des grès solides ou friables, remplis de coquilles et mélangés parfois de cailloux roulés. « Tantôt, ajoutent-ils, ces grès et les silex sont placés immé- « diatement sur les couches ou dans les couches du calcaire « marin, tantôt ils semblent remplacer immédiatement la « formation du calcaire. » En comparant les fossiles de ces grès avec ceux de Grignon, ils trouvent entre eux assez de différence pour les regarder comme ayant vécu dans des circonstances qui n'étaient pas absolument les mêmes. On a vu qu'au contraire, pour les fossiles des grès marins supérieurs, ils étaient jugés semblables à ceux du calcaire grossier. Enfin, la localité de Beauchamp, dans la vallée de Montmorency, est citée comme l'une de celles où les grès *remplacent entièrement la formation calcaire*.

Cette manière de voir se comprend très-bien, lorsqu'on examine ce petit point où les relations stratigraphiques étaient alors assez obscures; mais ce que l'on conçoit moins, c'est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que, depuis que l'erreur a été reconnue, quelques personnes, par un singulier contre-sens, se soient obstinées à désigner sous le nom de *grès de Beauchamp* ce grand ensemble de grès, de sable et de calcaire, tout aussi puissant que le calcaire grossier lui-même, et s'étendant presque autant que lui dans toutes les directions.

Le *calcaire siliceux*, toujours placé au niveau du calcaire grossier et immédiatement au-dessus de l'argile plastique, est cependant décrit après les sables et les grès dont nous venons de parler. Les marnes marines sont avec raison séparées du gypse avec les calcaires lacustres au-dessous, et ces derniers désignés ici sous le nom de *première formation d'eau douce.* La *formation du sable et du grès sans coquilles* est immédiatement suivie de celle du *sable et du grès marin supérieur*, ce qui n'est pas plus exact que dans le premier tableau, puisque les deux n'en font qu'un.

Il y a en outre ici une erreur comparable à celle du calcaire siliceux mis en parallèle avec le calcaire grossier : c'est d'avoir confondu avec ces sables et ces grès supérieurs ceux qui appartiennent au niveau dont nous venons de parler, à Beauchamp, Pierrelaye, Triel, etc., et que les auteurs regardent comme une modification locale et latérale du calcaire grossier. C'est ainsi que les sables et les grès de la butte d'Aumont, de la Chapelle, d'Ermenonville, de Nanteuil et de Lévignan sont rapportés à cette *formation supérieure.* Cuvier et Brongniart admettaient alors aux environs de Paris trois sortes de grès, parfois semblables minéralogiquement, mais différents par leur position ou leurs caractères géologiques. En réalité il n'y en avait encore que deux, l'un au-dessus et l'autre au-dessous du gypse, et ce dernier est indépendant ou distinct du calcaire grossier au lieu d'en être une modification locale.

La *formation des meulières sans coquilles* est ici séparée du *second terrain d'eau douce* avec meulières et coquilles, et, de même que pour les sables et grès marins supérieurs, des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

calcaires lacustres inférieurs au gypse (Saint-Ouen, le Bourget, Château-Landon, La Ferté-sous-Jouarre) ont été confondus avec d'autres supérieurs (Montmorency, Saint-Cyr, Trappes).

Cuvier et Brongniart ont fait suivre cet exposé des résultats généraux et théoriques de leurs recherches par une description détaillée de chacune des petites régions naturelles du pays ; ce sont, à proprement parler, les preuves à l'appui. Mais, si on les compare avec ceux déduits des observations de Lavoisier et de Coupé, et qu'on y ajoute les idées de Lamanon sur l'origine du gypse et de ses marnes, on reconnaîtra que les auteurs de la *Description minéralogique des environs de Paris*, après des recherches plus multipliées sur des surfaces plus étendues, qui ont apporté dans la science beaucoup de faits nouveaux et intéressants, n'ont cependant résolu aucune des questions secondaires que leurs prédécesseurs n'avaient pu aborder. Le travail complet de 1811, avec ses descriptions locales, une carte géologique et des coupes qui certainement lui donnent plus d'importance, quoique différant à plusieurs égards de l'*Essai* publié trois ans auparavant, n'est cependant pas plus exact, et les erreurs stratigraphiques du premier mémoire n'ont pas été corrigées dans le second, qui en outre en présente de nouvelles.

Mais, considéré à un autre point de vue, très-essentiel aussi, celui de la distribution des corps organisés fossiles dans les différentes couches, hâtons-nous de reconnaître que le travail dont nous venons d'esquisser les principaux caractères ouvrait à la science une voie déjà indiquée à la vérité dans notre pays, mais tout à fait méconnue, et lui imprimait en même temps une direction plus sûre, semblable à celle que nous verrons W. Smith suivre de l'autre côté de la Manche, en s'appuyant sur les mêmes principes. On ne peut trop insister sur ce service rendu par les auteurs de la *Description minéralogique des environs de Paris*, et nous verrons même l'un d'eux dépasser, par la hardiesse et la sagacité

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de ses vues, tout ce que l'on avait fait jusque-là dans le reste de l'Europe.

M. d'Omalius d'Halloy. — Deux ans après, M. d'Omalius d'Halloy communiquait à l'Institut un mémoire qui ne fut imprimé qu'en 1816, mais dont l'importance était très-grande relativement au sujet que nous venons de traiter et qu'il considéra sous un tout autre point de vue.

Commençant l'étude des dépôts tertiaires, non par le centre du bassin, mais par ses limites nord-est, il fait voir comment ils se succèdent le long de la montagne de Reims jusqu'aux environs de Château-Thierry, et comment, lorsqu'on se dirige du N. au S. ou des environs de Laon vers Paris, toutes les couches s'abaissent dans le même sens, en se superposant comme les tuiles d'un toit ou comme des coins placés les uns au-dessus des autres, avec cette circonstance, que l'inférieur atteindrait, suivant l'auteur, la plus grande élévation, ce qui n'est pas tout à fait exact aujourd'hui, les calcaires lacustres de la montagne de Reims et de la forêt de Villers-Cotterets offrant de plus grandes altitudes que les couches marines sous-jacentes ou le calcaire grossier qui constitue le *premier étage*.

Ici, comme dans l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris*, la masse si complexe des sables inférieurs, dont la puissance, sur la limite nord du bassin, est plus que double de celle du calcaire grossier, est encore méconnue, et cependant c'est elle qui forme le coin inférieur ou la base de toute la série, et qui, en s'abaissant au S. comme tous les autres, se trouve réduite à quelques mètres dans le voisinage immédiat de la capitale.

Le *second étage* de M. d'Omalius, ou première formation d'eau douce avec des gypses subordonnés, serait plus élevé sur sa limite orientale que partout ailleurs, et plongerait au S.-O., ce qui est très-vrai; les nivellements exécutés longtemps après ont fait voir qu'au-dessus de Verzy, à l'extrémité de la montagne de Reims, il atteignait 280 mètres d'altitude;

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

c'est le point le plus élevé qu'offrent les dépôts tertiaires entre la vallée de la Loire et la mer du Nord. En réunissant, en outre, le calcaire siliceux de Cuvier et de Brongniart à la formation gypseuse, l'auteur rectifie une des méprises les plus graves de ses prédécesseurs, et il en est de même lorsqu'il compose son *troisième étage* des marnes marines recouvrant le gypse, des sables et des grès sans coquilles, et des grès coquilliers supérieurs, qui forment un tout suivi, d'origine semblable, placé entre des couches généralement d'eau douce au-dessus et au-dessous. Cet ensemble disparaît à son tour sous la seconde formation d'eau douce ou *quatrième étage* de l'auteur, qui occupe la plus grande partie du bassin et acquiert plus d'épaisseur à mesure qu'il s'approche de la rive gauche de la Seine, et, au delà d'une ligne tirée de Chartres à Nemours, où les grès précédents s'arrêtent, il règne seul et repose lui-même sur la craie, comme les couches les plus inférieures de toute la série tertiaire reposent au nord, à l'est et à l'ouest.

Plus au sud encore, en s'approchant de la Loire, ces calcaires lacustres sont eux-mêmes surmontés d'un dépôt sableux, que l'on pourrait jusqu'à un certain point considérer comme un *cinquième* et *dernier étage* venant se confondre avec les sables de la partie nord de la Sologne. « Ainsi, dit « M. d'Omalius, les formations principales du bassin de la « Seine, outre leur superposition successive, affectent encore « une véritable distribution géographique qui partage le pays « en régions physiques, distinguées par leur aspect général et « leur agriculture. »

Outre les deux modifications importantes faites aux vues de Cuvier et de Brongniart, le savant géologue belge a donc étendu beaucoup les horizons déjà tracés, et il a saisi avec une rare justesse de coup d'œil cette disposition générale si remarquable des dépôts tertiaires du nord de la France, que personne n'avait comprise auparavant et qui ne pouvait l'être qu'en procédant des bords ou des limites extérieures du bassin vers son centre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Poursuivant ses études dans le temps, M. d'Omalius esquisse avec non moins de bonheur les caractères et la disposition des roches plus anciennes. « Des couches plus ou « moins différentes de la véritable craie, dit-il, par leur na- « ture minéralogique et chimique, et même par des fossiles « particuliers, séparent ce terrain de l'ancien calcaire hori- « zontal (calcaires jurassiques actuels), mais se rattachant à « la craie proprement dite par des nuances insensibles. » Il distingue, dans cette nouvelle série, limitée ainsi en haut et en bas, quatre modifications : 1° la craie à silex pâle; 2° la craie tuffeau ou grossière, souvent chloritée; 3° les sables et les grès presque toujours mélangés de calcaire; 4° l'argile grisâtre, ordinairement marneuse, rarement plastique, quelquefois feuilletée.

Les détails qui suivent, relatifs à la distribution générale de ces divers systèmes dans le Perche, le Maine, la Touraine, le Berry, la Puysaie et la Champagne, où l'étage argileux, désigné depuis sous le nom de *gault*, forme une bordure continue limitant d'une part la craie chloritée et de l'autre les calcaires plus anciens (néocomiens et jurassiques), ces détails, disons-nous, sont exacts pris dans leur ensemble. Les principaux caractères du pays de Bray, comparé à une île allongée ou au sommet d'une montagne entouré par le grand dépôt crayeux, ont été aussi fort bien compris.

A ce travail, déjà si remarquable par la netteté et l'étendue des aperçus, sont encore joints une carte coloriée comprenant une grande partie du nord de la France et un profil tracé du N. au S., d'Hirson à Guéret, mettant en évidence la disposition générale des divers terrains entre les schistes ardoisiers de l'Ardenne et les roches cristallines du plateau central. Ce sont les premiers essais méthodiques de ce genre exécutés en France sur une grande surface, et qui puissent être regardés comme ayant une valeur géologique réelle, car, si l'on compare ces résultats et la marche suivie pour les obtenir avec ceux de Guettard et de Monnet, on sera de plus en plus con-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

vaincu que les *cartes minéralogiques* de ces derniers, non-seulement ne représentaient que les caractères du sol superficiel, mais encore ne permettent pas de croire que leurs auteurs soupçonnassent la continuité souterraine des roches dont elles indiquent les affleurements.

Six ans après, M. d'Omalius publia l'*Essai d'une carte géologique de la France, des Pays-Bas et de quelques contrées voisines*[1], travail dans lequel il réunit aux résultats de ses propres recherches les matériaux que lui avait communiqués Coquebert de Montbret. Sur cette carte coloriée étaient représentés : 1° les *terrains primordiaux*, comprenant les terrains primitifs et de transition ; 2° les *terrains secondaires*, divisés en cinq groupes comprenant : le premier, le *todte Liegende* (*terrain pénéen* de l'auteur) avec le *macigno* de la Toscane, plusieurs bassins houillers, tels que ceux du centre de la France; le second (le terrain ammonéen), le zechstein ou ancien *calcaire alpin*, le grès bigarré, le muschelkalk, le quadersandstein et le calcaire jurassique (ancien *calcaire horizontal* de l'auteur); le troisième (terrain crétacé), craie avec les tuffeaux, les sables et les marnes; le quatrième (terrain mastozooïque), tous les dépôts sédimentaires postérieurs à la craie; le cinquième (terrain pyroïde), les produits volcaniques, les trachytes et les basaltes. Cette classification, qui fut améliorée dans les éditions suivantes, était un reflet de celles que publiaient, de l'autre côté du Rhin, les continuateurs de Werner; elle en trahissait toutes les incertitudes, mais elle n'en fut pas moins un grand service rendu alors à notre pays qui, de lui-même, n'avait encore rien produit dans cette voie.

Dépôts lacustres. — Alex. Brongniart. — L'étude des dépôts d'eau douce était alors à la mode. C'était pour le plus grand nombre une nouveauté qui paraissait d'autant plus piquante qu'on croyait que le sujet n'avait pas encore été traité; on oubliait ou l'on ne savait pas que depuis plus d'un siècle les

1. *Ann. des Mines*, Ire série, vol. VII, p. 354, 1822.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

naturalistes italiens avaient fait cette distinction et que, de l'autre côté des Alpes, c'était une connaissance vulgaire. C'est ainsi qu'Alex. Brongniart, en 1810, n'en faisait pas remonter le mérite au delà de Coupé et de Lamanon. Dans son *Mémoire sur des terrains qui paraissent avoir été formés sous l'eau douce*, il décrit 8 espèces de coquilles de la *première formation* et 15 de la *seconde*, réparties dans les genres Cyclostome, Potamide, Planorbe, Limnée, Bulime, Maillot, Hélice.

Guidé par la nature des roches et la présence des coquilles fluviatiles et terrestres, il mentionne, après les dépôts d'eau douce des environs de Paris et d'Orléans, ceux du Mans à l'est, et au sud ceux d'Aurillac, de Thiézac dans le Cantal, de Nonnette, entre Saint-Germain-de-Lambron et Issoire, du Puy de Corent, de Gergovia, de Vertaison et de Pont-du-Château. Il pense que ces coquilles sont analogues avec celles qui vivent encore dans les eaux douces, et l'on peut s'étonner qu'après des faits aussi nombreux et aussi précis l'auteur puisse hésiter à adopter sans réserve l'idée de l'existence d'anciens lacs suggérée par de Lamanon et d'autres observateurs.

M. d'Omalius d'Halloy. — Mais M. d'Omalius qui, lui aussi, avait fait un examen particulier de ces dépôts en remontant vers le plateau central, considérant la disposition des calcaires lacustres dans les vallées de la Loire et de l'Allier, en Auvergne et dans le Velay, celle des plaines sablonneuses de la Sologne, puis celle des plaines crayeuses de la Champagne et de la Picardie à l'est et au nord, enfin les caractères de ces dépôts à l'ouest, aux environs du Mans et de Tours, dépôts tous horizontaux quoique situés à des niveaux fort différents, en conclut qu'ils se sont formés, non dans la mer, mais dans des lacs séparés, échelonnés, se déversant les uns dans les autres, suivant un vaste plan incliné qui s'abaissait depuis les montagnes de l'Auvergne jusqu'au delà de la Seine. Ces lacs, peu étendus dans les régions élevées,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

couvraient au contraire des surfaces considérables dans les plaines de l'Orléanais et de l'Ile-de-France.

Appuyé sur ses propres observations qu'il avait étendues aux environs de Rome et à quelques points du bassin du Danube, ainsi que sur d'autres que nous rappellerons tout à l'heure, le savant géologue réfute aisément l'opinion opposée à l'existence des anciens lacs, laquelle se fondait sur les alternances des dépôts marins et d'eau douce, sur les mélanges de coquilles marines et fluviatiles, sur la possibilité que les mêmes espèces de mollusques aient pu vivre dans les deux milieux; car il y avait alors, comme toujours, dans la science et ailleurs, ce que nous appellerions aujourd'hui le *parti de la résistance*, représenté par Faujas, Brard, Beudant, de La Métherie, etc., tandis que Cuvier, Brongniart, d'Omalius, de Férussac, Marcel de Serres, etc., étaient du *parti avancé* ou du *mouvement*.

De Férussac. — De Férussac fut un de ceux qui se livrèrent avec le plus d'ardeur et de succès à l'étude de ces mêmes dépôts lacustres. Il avait utilisé son séjour en Espagne où il avait constaté leur présence entre Logrogno et Burgos, puis sur les limites des provinces d'Estramadure et de Séville. Dans le midi de la France, les plateaux du Quercy et de l'Agenais lui en présentèrent un grand développement. Dans la réimpression de ce premier mémoire, faite en 1814, l'auteur insiste, avec raison, sur la nécessité d'observer et de décrire uniformément et comparativement en France tous les terrains de cette origine. On pourrait alors, dit-il, construire une carte des parties couvertes par les eaux douces à tel ou tel moment. Cette pensée, fort juste, et le vœu émis il y a cinquante ans restent encore à réaliser.

Dans ses *Considérations générales* sur ce même sujet, de Férussac pose en principe, que les espèces seules de coquilles fluviatiles, et non les genres, doivent servir de preuve pour établir l'origine des dépôts, puisque plusieurs genres ont des représentants qui vivent aujourd'hui les uns dans les eaux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

douces, les autres dans les eaux salées. Le catalogue qui termine ce mémoire comprend les espèces connues dans ces couches et qui sont au nombre de 86, toutes univalves, car jusqu'alors, comme l'avait déjà remarqué Brongniart, on n'avait pas encore signalé d'acéphales, mais on avait constaté, à l'état fossile, presque tous les genres de gastéropodes fluviatiles et terrestres représentés dans la faune actuelle; plusieurs espèces fossiles avaient leurs analogues vivants, d'autres avaient vécu là où on ne les observe plus aujourd'hui, et beaucoup paraissaient éteintes.

On doit encore à de Férussac la découverte d'ossements de mammifères (Hippopotame, *Palæotherium*, *Anoplotherium*) aux environs de Moissac, qui lui font regarder ces dépôts et ceux du bassin du Tarn comme parallèles au gypse des environs de Paris.

Brard. — Vers le même temps Brard étudiait aussi spécialement les coquilles des dépôts lacustres du bassin de la Seine. Il publia successivement quatre mémoires sur ce sujet en faisant voir, contrairement à ce que l'on avait avancé, que toutes les espèces étaient différentes de celles de nos jours. Le dernier de ces mémoires traite d'espèces provenant de diverses localités de France ou de pays voisins (Drôme, Vaucluse, Angers, Sheppey, Mayence, Gergovia, Orléans, Ronca, Nice, etc.)

Marcel de Serres. — Malgré tous ces documents, l'auteur dont nous venons de parler ne se faisait pas encore une idée nette de l'origine de ces dépôts, tandis que Marcel de Serres, qui déjà en 1814 avait appliqué dans le Languedoc les vues très-justes de M. d'Omalius, accumula de nombreuses preuves à l'appui dans son *Mémoire sur les terrains d'eau douce, ainsi que sur les animaux et les plantes qui vivent alternativement dans les eaux douces et les eaux salées* (1818). Il y combattit les arguments de ses adversaires et fit voir que l'existence indépendante des sédiments d'eau douce devait être acceptée dans toutes ses conséquences comme une vérité

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

démontrée. Aujourd'hui nous savons que les deux opinions sont également fondées.

Enfin Marcel de Serres, outre les formations lacustres du bassin de la Seine, en admet deux plus récentes en Languedoc : l'une comprenant les calcaires de Montredon, l'autre développée aussi aux environs de Montpellier, sur divers points du département de l'Hérault et des départements voisins.

§ 4. PALÉOZOOLOGIE.

Nous rappellerons d'abord quelques publications particulières à certaines familles et à certains genres d'invertébrés, puis nous passerons aux ouvrages plus importants où les fossiles ont été considérés soit comme faisant partie de la série animale, soit en eux-mêmes et d'une manière spéciale.

Auteurs divers. — Les Bélemnites ont été étudiées par Sage, qui les rapproche du Nautile et de la Spirule, par J.-A. de Luc, qui en fait aussi des coquilles de céphalopodes, et par Faure Biguet, dans un travail plus considérable où il en caractérise 20 espèces, tandis que Beudant ne voit dans ces corps que des baguettes d'Oursins.

L'étude des rudistes devait naître en France, car nos provinces du sud-ouest et du sud-est présentent des types plus variés et des individus plus nombreux jusqu'à présent qu'en aucun autre pays. Cependant depuis Sauvages et Picot de Lapeirouse on ne s'en est point occupé jusqu'à de Lamarck qui, en 1801, plaça certaines formes (les Radiolites) près des Chames; d'autres, les *Orthocératites* de Picot de Lapeirouse, parmi les céphalopodes, sous le nom d'*Hippurites*. En 1819 il établit la famille des *Rudistes*, pour les genres Sphérulites, Calcéole, Birostrite, Discine et Cranie, la plaçant entre les ostracées et les brachiopodes. De La Métherie avait créé le nom de *Sphérulite* pour une espèce large et déprimée,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et Bruguières désignait ces corps sous le nom d'*Acardes*. Denys de Montfort donna le nom de *Batholites* à certaines Hippurites, tandis que Desmarest créait celui d'*Ichthyosarcolithes* pour des fossiles qu'il croyait faire le passage des Hippurites de Lamarck aux Orthocératites, et qu'il rangeait par conséquent parmi les mollusques céphalopodes. Mais personne ne s'occupait du gisement de ces singuliers fossiles constituant un des groupes les plus extraordinaires de la classe des acéphales, et qui aujourd'hui, rendu plus homogène par les recherches zoologiques dont il a été l'objet, a un intérêt géologique particulier, puisqu'il est propre à une seule formation dans l'ancien comme dans le nouveau monde.

Les Ammonites et les Térébratules n'ont été le sujet d'aucun travail particulier; les corps désignés par de Lamarck sous le nom de *Gyrogonites*, et si abondants dans les calcaires lacustres, ont été reconnus par Leman pour des graines de plantes aquatiques du genre *Chara*, et Bosc a donné le nom d'*Indusia* à des tubes de Phryganes qui, par leur accumulation, forment de véritables roches.

Bruguière, dans des travaux particuliers et par sa coopération à l'*Encyclopédie méthodique*, a contribué à l'établissement de plusieurs genres de mollusques fossiles et à des réformes utiles sur d'autres. Denys de Montfort, dans sa *Conchyliologie systématique* et dans les quatre premiers volumes de l'*Histoire naturelle des mollusques*, avait établi, pour des coquilles, particulièrement de céphalopodes et avec lesquelles se trouvaient compris aussi la plupart des rhizopodes connus alors, des genres qui, soumis à un examen plus sévère, ont pour la plupart disparu de la nomenclature. F. de Roissy, en continuant ce dernier ouvrage, dans un meilleur esprit, n'a pas laissé que d'y mentionner tout ce qui était connu à l'état fossile des genres dont il s'est occupé, et l'on en peut dire autant de Bosc, dans son *Histoire naturelle des coquilles*, faisant partie des *Suites à Buffon*. L'*Exposition méthodique des genres de polypiers*, que l'on doit à Lamou-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

roux, a appelé l'attention sur beaucoup de vrais polypiers fossiles et sur d'autres, compris plus tard parmi les mollusques bryozoaires. Ces corps, très-négligés depuis Guettard, provenaient en grande partie des calcaires oolithiques du Calvados.

De Lamarck. — Si nous nous bornons à signaler, dans le vaste domaine qu'a parcouru de Lamarck, ce qui se rattache plus particulièrement à notre sujet, nous rappellerons que c'est dans les *Annales du Muséum*, publiées de 1802 à 1809, que ce savant a réellement fait connaître d'une manière scientifique, par de bonnes descriptions, accompagnées de planches, la faune tertiaire du bassin de la Seine. Ces mémoires sont la base de tout ce qui a été fait depuis sur un sujet que les recherches ultérieures ont agrandi au delà de toutes les prévisions.

L'*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, du célèbre professeur du Muséum, a beaucoup ajouté aux mémoires précédents, non-seulement pour tous les fossiles tertiaires du bassin de la Seine et d'autres parties de la France, mais encore pour les polypiers, les échinodermes et les mollusques du terrain secondaire, en sorte que cet ouvrage, par sa forme méthodique et la multitude des renseignements qu'il donne, est, pour les invertébrés fossiles comme pour les vivants, le point de départ de tous les travaux exécutés depuis dans les deux directions.

G. Cuvier. — G. Cuvier a rendu les plus éminents services à la paléozoologie en appliquant directement à la détermination de nombreux animaux vertébrés fossiles les lois de corrélation des parties que lui avaient révélées ses études approfondies sur les animaux vivants.

Ce fut le 1er novembre 1796 qu'il lut, à la première séance publique de l'Institut, son mémoire sur les restes d'Éléphants fossiles comparés aux espèces actuelles, mémoire dans lequel il démontra qu'ils provenaient d'une espèce réellement distincte de celles qui vivent aujourd'hui. En 1812 ses nom-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

breux travaux, publiés successivement dans les *Annales du Muséum*, furent réunis en un corps d'ouvrage dont une seconde édition fut donnée, de 1821 à 1824, sous le titre de *Recherches sur les ossements fossiles*, précédées d'un *Discours sur les révolutions de la surface du globe*. Parlons d'abord des résultats les plus importants de l'ouvrage lui-même, nous verrons ensuite ce qu'on doit penser du morceau qui lui sert d'introduction.

Ostéologie comparée. — Les études renfermées dans ce livre, devenu classique à juste titre, portent principalement sur deux classes d'animaux vertébrés : les mammifères et les reptiles. Cuvier commence cette histoire comparée des espèces anciennes et des espèces actuelles par les pachydermes et la continue par les ruminants, les rongeurs, les édentés, les cétacés, et finit par les reptiles.

Le résultat fondamental de ces recherches est qu'aucune espèce fossile de ces deux classes n'aurait son analogue parmi les espèces vivantes, ou, en d'autres termes, que toute espèce fossile est une espèce éteinte. Quoi qu'il en soit de l'exactitude absolue de cette assertion, l'auteur, pour se prononcer, a dû revoir et étudier, avec le soin le plus minutieux, toutes les espèces découvertes jusqu'alors dans les couches de la terre, tous les os, dents ou fragments connus et les comparer attentivement afin de reconstruire, avec ces éléments disséminés d'abord, puis rapprochés, l'ensemble des caractères de chaque espèce. Il a pu parvenir ainsi, de proche en proche, en partant de l'analyse la plus sévère, à une véritable synthèse ostéologique, représentée par des principes rigoureux, sur la coordination de toutes les parties d'un animal.

Nous venons de dire que Cuvier avait distingué d'abord des Éléphants vivants, la seule espèce fossile connue alors, par son crâne allongé, le front concave, les alvéoles des défenses très-longues, la mâchoire inférieure obtuse, les mâchelières plus larges, parallèles, marquées de rubans très-serrés. C'est l'*Elephas primigenius* de Blumenbach, le Mam-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mouth de Sibérie, dont les restes se retrouvent aussi dans presque toute l'Europe et dans le nord de l'Amérique. Il créa, comme on le verra plus loin, le genre Mastodonte, ressemblant beaucoup à l'Éléphant, mais en différant par ses dents molaires, tuberculeuses ou mamelonnées. L'Hippopotame, au contraire, qui existe encore, lui a présenté plusieurs espèces éteintes, et il en est de même du genre Rhinocéros, dont une des espèces perdues, le *R. tichorhinus*, caractérisé par ses deux cornes et surtout ses narines cloisonnées, était contemporain de l'*Elephas primigenius*, avec lequel on le rencontre dans tout le nord de l'ancien continent. Une autre espèce, d'Italie, manquait aussi d'incisives, et d'autres restèrent indéterminées faute de matériaux suffisants.

La distinction du Cheval fossile est moins satisfaisante, et le genre *Sus* n'avait pas encore été rencontré dans des couches antérieures à l'époque actuelle.

Nous aurons occasion de rappeler dans la suite les travaux importants dus à Cuvier sur les vertébrés fossiles étrangers à l'Europe; nous nous bornerons donc à rappeler ici quelques-unes des découvertes les plus intéressantes qu'il a faites dans les plâtrières des environs de Paris. La restauration de toute une faune de vertébrés inconnus sur un aussi petit point n'est pas une des moindres merveilles de la science moderne.

Les pachydermes, dont nous allons parler en premier lieu, sont presque tous de cette formation d'eau douce que caractérisent les amas de gypse et dont la position géologique a été indiquée précédemment. Ce sont les *Palæotherium*, les *Anoplotherium*, les *Lophiodon*, les *Anthracotherium*, les *Cheropotamus* et les *Adapis*, et nous ne pouvons mieux faire apprécier le genre de mérite de Cuvier dans cette circonstance que de reproduire les propres termes de son savant historiographe, M. Flourens.

« Les os de tous ces genres, ou plutôt de toutes ces espè-
« ces, car la plupart de ces genres en ont plusieurs, étaient

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« mêlés et confondus ensemble. Il a fallu commencer par les « démêler ; il a fallu rapporter ensuite chaque os à son espèce : « il a fallu reconstruire enfin le squelette entier de chacune « d'elles, et c'est ici que se montre, dans toute sa force, la « méthode imaginée par l'auteur pour cette reconstruction.

« En fait d'espèces fossiles, les dents sont toujours la pre- « mière partie à étudier et la plus importante, car on déter- « mine par les dents si l'animal est carnivore ou herbivore, « et même, dans quelques cas, à quel ordre particulier d'her- « bivores ou de carnivores il appartient. Cuvier, ayant rétabli « la série complète des dents qui se trouvaient les plus com- « munes parmi celles qu'il avait recueillies, vit bientôt « qu'elles provenaient de deux espèces différentes, dont l'une » était pourvue de dents canines saillantes et dont l'autre en « manquait.

« La seule restitution des dents donnait donc ainsi deux « espèces de pachydermes : l'une, à canines saillantes, est le « *Palæotherium* ; l'autre, sans canines saillantes ou à série de « dents continues, est l'*Anoplotherium*. De plus, cette seule « restitution montrait déjà, dans chacune de ces espèces, le « type d'un nouveau genre, deux genres voisins du Tapir et « du Rhinocéros, mais deux genres entièrement perdus, car « aucun pachyderme vivant ne reproduit, même générique- « ment, leur système dentaire.

« Et telle, d'un autre côté, était la rigueur des lois suivies « par l'auteur, que les dents lui ayant donné deux genres « distincts, il ne pouvait douter que toutes les autres parties du « squelette, la tête, le tronc, les pieds, toutes parties mêlées et « confondues entre elles et avec ces dents, ne fussent aussi de « deux genres déterminés. Il prévit donc aussitôt, pour chacun « de ces genres, une tête, un tronc, des pieds d'une forme « particulière, comme il leur avait trouvé un système den- « taire propre, et il ne tarda pas à trouver tout ce qu'il avait « prévu. »

Les dents étant rétablies, il fallait s'occuper de la resti-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tution des têtes, et bientôt il fut évident qu'il y en avait aussi de deux genres. Les pieds sont, après les dents et la tête, les parties les plus caractéristiques du squelette, et leur restitution donna de même deux genres. Il ne restait donc plus qu'à rapporter chaque pied à sa tête, et chaque tête à son système dentaire.

« Or, la restitution des pieds de derrière en avait donné « de deux sortes, les uns à trois doigts, et les autres à deux « seulement; et la restitution des pieds de devant en avait « pareillement donné de deux sortes, les uns à trois doigts, « les autres à deux. S'aidant tour à tour de l'analogie géné- « rale des espèces qu'il reproduit avec les espèces vivantes « les plus voisines et des rapports particuliers de proportion « et de grandeur des diverses parties dont il s'agit, les uns « avec les autres, Cuvier réunit d'abord les pieds de derrière « à deux doigts avec ceux de devant qui en ont deux; il réunit « ensuite les pieds de derrière à trois doigts avec ceux de « devant qui en ont trois aussi; et, toujours guidé par la « même analogie, par les mêmes rapports, il réunit les pre- « miers au système dentaire sans canines saillantes et les « seconds au système dentaire à canines saillantes.

« Il réunit successivement ainsi, pour chaque genre, tous « les os du crâne, du tronc, des extrémités; il refait enfin « leur squelette entier; et à peine ce grand travail est-il ter- « miné que, par un hasard singulier, un squelette à peu près « complet de l'un d'eux, trouvé à Pantin, vient confirmer tous « les résultats déjà obtenus. Dans ce squelette si heureuse- « ment découvert tous les os étaient réunis, joints ensemble, « comme les avait réunis Cuvier; et la nature n'avait pas agi « autrement que n'avaient agi et les lois admirables saisies « par lui et sa sagacité merveilleuse. »

Une première espèce de chaque genre étant ainsi reconstruite, et, en quelque sorte, de nouveau rendue à la lumière, leur nombre ne tarda pas à s'accroître. Cuvier put bientôt compter jusqu'à 6 espèces d'*Anoplotherium* : l'*A. commune*,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui a fourni le plus grand nombre d'os épars dans les plâtrières, sa tête un peu moindre que celle de l'âne; l'*A. secundarium*, un peu plus petit que le précédent; l'*A. gracile* (sous-genre, *Xiphodon*), à museau aigu, à molaires antérieures longues et tranchantes, et de la taille d'une petite Gazelle; l'*A. leporinum* (sous-genre, *Dichobune*), dont la tête est moindre que celle du Renard et plus forte que celle d'un Lièvre, à mâchoires plus larges que celles de la précédente, à molaires moins comprimées, moins allongées aussi, à tubercules doubles des postérieures et plus mousses; l'*A. murinum*, à molaires plus aiguës, tête moindre que celle d'un Chevrotin; l'*A. obliquum*, de la taille du précédent et dont la tête est caractérisée par la branche montante de la mâchoire inférieure, moins large et se dirigeant plus obliquement.

Le caractère d'une série continue de dents sans canines qu'on observe dans ce genre ne se retrouve parmi les mammifères quadrupèdes que chez de petits insectivores, tels que les Hérissons et les Musaraignes, et celui des pieds de derrière à deux doigts n'existait que dans les ruminants, mais chez ces derniers les métatarsiens et métacarpiens sont réunis pour former le *canon*, tandis qu'ils sont encore séparés dans les *Anoplotherium*.

Les débris de *Palæotherium* présentèrent aussi à Cuvier 6 espèces : le *P. medium*, dont les os du nez sont courts, le cylindre des molaires inférieures un peu plus ventru et les canines plus grosses; le *P. crassum*, de grandeur moyenne aussi, à os du nez longs, la tête un peu plus grande que celle du Pécari ou Cochon de Siam; le *P. magnum*, dont la tête égale celle des plus grands chevaux; le *P. latum*, un peu plus petit que les deux premiers; le *P. curtum*, d'un tiers plus petit que le *P. medium*, la tête étant de la taille de celle d'un Chevreuil; le *P. minus*, dont la taille est la moitié de celle du *P. medium*, et dont les molaires antérieures d'en bas n'ont pas de double croissant.

Les genres *Adapis* et *Cheropotamus* ont été établis pour

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des restes encore peu nombreux de pachydermes provenant des mêmes gisements.

Une portion de tête et de mâchoire d'une grande espèce de carnassier appartenant à un genre de la famille des Coatis, des Ratons, etc., prouve que ces nombreux pachydermes, et les autres herbivores qui vivaient sur les bords des lacs où se déposaient le gypse et les marnes, avaient un ennemi très-redoutable, car les dents, la forme très-écartée de l'arcade zygomatique et celle des crêtes sagittales et occipitales qui caractérisent ces restes dénotent une grande force et un naturel très-féroce.

A ces débris de vertébrés déjà si nombreux dans nos plâtrières, les recherches de Cuvier ont encore ajouté une mâchoire fort incomplète de Chien d'une espèce inconnue, une portion de tête et de mâchoire inférieure du genre des Genettes et des os provenant de divers carnivores.

« C'est sans doute une chose bien admirable, dit-il, « que cette riche collection d'ossements et de squelettes « d'animaux d'un ancien monde, rassemblés par la nature « dans les carrières qui entourent notre ville, et comme réser- « vée par elle pour les recherches et l'instruction des âges « suivants; chaque jour on découvre de nouveaux débris, « chaque jour vient ajouter à notre étonnement en nous « démontrant de plus en plus que rien de ce qui peuplait « alors le sol de cette partie du globe n'a été conservé sur « notre sol actuel, et ces preuves se multiplieront sans doute « à mesure qu'on y mettra plus d'intérêt et qu'on y donnera « plus d'attention.

« Il n'est pas un bloc de gypse, dans certaines couches, « qui ne recèle des os. Combien de millions de ces os n'ont- « ils pas déjà été détruits depuis qu'on exploite les carrières « et qu'on emploie le gypse pour les bâtiments! Combien « n'échappent pas encore par leur petitesse à l'œil des « ouvriers, même les plus attentifs à les recueillir! On peut « en juger par le morceau que je vais décrire. Les linéa-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« ments qui s'y trouvent imprimés sont si légers qu'il faut y « regarder de bien près pour les saisir, et cependant que « ces linéaments sont précieux! Ils sont l'empreinte d'un « animal dont nous ne trouvons pas d'autres traces, d'un « animal qui, enseveli peut-être depuis des centaines de « siècles, reparaît aujourd'hui pour la première fois sous les « yeux des naturalistes. »

Telles sont les remarques dont Cuvier fait précéder l'un des passages les plus curieux de son livre, celui où l'ingénieuse sagacité du naturaliste se révèle dans toute sa profondeur, jointe à une simplicité si naturelle dans l'exposition, qu'on ne sait ce que l'on doit le plus admirer, de la délicatesse de la main, de la finesse du jugement ou de la clarté de l'expression. C'est de la découverte d'un petit mammifère didelphe, voisin des Sarigues, dont il est ici question et qui prouve « cette proposition déjà bien singulière et bien « importante, dit Cuvier, qu'il y a dans les carrières à plâtre « qui environnent Paris, à une grande profondeur et sous « diverses couches remplies de coquillages marins, des débris « d'animaux qui ne peuvent être que d'un genre aujourd'hui « entièrement particulier à l'Amérique ou d'un autre entière- « ment particulier à la Nouvelle-Hollande. »

Cuvier signale encore, comme provenant du même gisement, un rongeur du genre Loir, une mâchoire inférieure d'une autre espèce et une tête d'Écureuil. Les oiseaux dont l'existence était déjà connue depuis longtemps lui ont présenté les restes de 9 espèces, dont un oiseau de proie, un échassier, une Bécasse, une Chouette, une espèce voisine du Pélican et un second échassier voisin de l'Ibis. Parmi les reptiles chéloniens il a décrit des débris de Trionyx, dont les côtes, non ossifiées dans toute leur longueur, ne s'articulent point par leur extrémité inférieure avec un rebord osseux, et dont la surface de la carapace est toujours chagrinée; d'autres proviennent d'Émydes, ou tortue d'eau douce. Un os frontal et un humérus de Crocodile sont les seules preuves de l'exis-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tence de reptiles sauriens sur les bords de ces anciens lacs. La classe des poissons a fourni 7 espèces : un Spare, un nouveau genre, une espèce voisine des *Amia*, une autre du Brochet, des Mormyres du Nil ou des Pœcilies de la Caroline, une sorte de Truite, une autre ressemblant au Cyprinodon, des Cyprins et plusieurs espèces inédites.

Quant aux genres *Anthracotherium* et *Lophiodon*, créés aussi par le savant anatomiste, le premier comprend des espèces de pachydermes trouvées dans les dépôts tertiaires charbonneux de Cadibona, près de Savone, et dans ceux des environs du Puy, en Velay, le second, des animaux voisins du Tapir et provenant des dépôts lacustres d'Issel (Aude), d'Argenton (Indre), des environs d'Orléans, etc.

Nous n'avons point eu occasion jusqu'ici de parler des ruminants et des carnassiers fossiles qui ont également fourni de nombreux sujets d'études; mais généralement ils n'avaient point encore présenté de types aussi curieux que les animaux dont nous avons parlé, et ce sont surtout les dépôts quaternaires ou diluviens, les brèches osseuses et les cavernes qui ont offert le plus grand nombre de débris de ces deux ordres. Quant à celui des édentés, qui a révélé à la paléontologie des formes extraordinaires dont Cuvier s'est aussi occupé, nous en parlerons plus loin en traitant de l'Amérique. Il nous a suffi d'indiquer ici sommairement quelques-uns des résultats les plus importants représentés par la description de 168 espèces de vertébrés fossiles, répartis dans 50 genres, dont 15 au moins étaient nouveaux dans la science.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que, malgré les recherches continuées depuis Cuvier, quarante années d'exploitation de nos plâtrières n'ont guère augmenté le nombre des animaux qu'il a fait connaître ni très-sensiblement complété, par la découverte de meilleurs morceaux, ceux plus ou moins incomplets qu'il avait décrits.

Discours sur les révolutions de la surface du globe. — Jusqu'à présent les panégyristes de Cuvier ont été des zoologistes qui,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

non contents de voir en lui un des plus grands anatomistes des temps modernes, ont encore voulu ajouter à ses nombreux titres celui de géologue. Mais Cuvier était assez riche de son propre fonds pour n'avoir pas besoin qu'on lui attribuât un mérite d'emprunt. Néanmoins cette opinion, quelque peu fondée qu'elle fût, n'a pas laissé que d'acquérir une certaine autorité auprès des personnes qui acceptent volontiers les jugements tout faits; aussi avons-nous dû chercher à nous éclairer nous-même à ce sujet. Pour quiconque étudie attentivement les travaux d'Alex. Brongniart, il est évident que la *Description géologique des environs de Paris* est son œuvre; aussi Cuvier a-t-il eu la délicatesse et le bon goût d'aller au-devant de l'opinion à cet égard; mais quant au *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, publié en 1822, à la tête des *Recherches sur les ossements fossiles*, et réédité souvent depuis, nous nous sommes attaché à démontrer, par l'examen le plus scrupuleux[1], qu'il n'avait aucune valeur géologique. Nous avons conclu de cette étude que, sans vues personnelles, l'auteur y suivait de loin, de très-loin même, les idées de son temps ou d'autres plus anciennes, et que son livre, comme pensée générale ou géogénique, était non-seulement fort au-dessous de la *Protogæa* et des *Époques de la nature*, mais encore de ce qu'avaient écrit sur le même sujet Breislak, Brocchi et plusieurs autres. Si notre jugement a été trouvé sévère par quelques personnes trop favorablement prévenues, du moins n'ont-elles pu le trouver inexact ou partial; c'était d'ailleurs un devoir pour nous de le formuler et de montrer que l'autorité la plus justement acquise en zoologie et en anatomie comparée ne s'étendait pas pour cela à la paléontologie générale, théorique et stratigraphique, et encore moins à la géologie.

Defrance. — Enfin le dernier naturaliste qui, dans l'ordre

1. Voy. *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. I. p. 424-448.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des temps, vient clore cette liste de noms remarquables par leurs travaux paléozoologiques, est Defrance, qui s'était voué à l'étude des restes fossiles d'animaux invertébrés. Ses travaux se composent surtout d'un grand nombre d'*articles* insérés dans le *Dictionnaire des sciences naturelles*. En traitant des diverses classes, telles que les rhizopodes, les polypiers, les radiaires, les annélides et les mollusques, Defrance, venant après de Lamarck, a pu y créer encore avec raison un assez grand nombre de genres et décrire beaucoup d'espèces nouvelles qui sont restées dans la science comme un témoignage de son excellent esprit d'observation. Son *Tableau des corps organisés fossiles, précédé de remarques sur leur pétrification*, est un travail d'un mérite réel et le premier qui ait été écrit chez nous dans cette direction tout à fait nouvelle que venait de prendre l'étude des fossiles. C'est le bilan, systématique et méthodique à la fois, de ce que l'on savait alors, et les recherches sur les phénomènes de pétrification sont certainement les meilleures que l'on ait publiées depuis le grand ouvrage de Walch et Knorr.

§ 5. TRAITÉS GÉNÉRAUX.

Pour avoir une idée juste de la manière dont une science est comprise, à un moment donné de son histoire, il ne suffit pas de connaître, quelque importants qu'ils soient d'ailleurs, les ouvrages propres à telle ou telle de ses parties; il faut encore chercher, dans les traités généraux et dans l'enseignement de l'époque, l'expression des idées dominantes, celles qui sont consacrées par le temps ou certaines autorités, et qui, vraies ou fausses, n'en règnent pas moins sur l'opinion du plus grand nombre. Lorsque ces traités sont écrits par les professeurs mêmes chargés de l'enseignement dans les établissements publics, on doit pouvoir les regarder comme en traduisant suffi-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

samment la direction. Or, pendant les vingt premières années de ce siècle, de La Métherie professait la géologie au Collége de France, Faujas de Saint-Fond au Jardin des plantes et de Dolomieu à l'École des mines, et nous avons cherché dans les publications de ces professeurs si leur enseignement répondait à l'état de la science tel que nous savons qu'il était alors en Europe, et s'il en était à la fois le tableau fidèle et complet [1].

Quant à ceux de ces savants qui voyageaient le plus, entre autres Dolomieu, on les voit encore suivre Scheuchzer, de Saussure, Deluc, Ramond, et croire que les montagnes sont le nœud gordien de la géologie, que, par conséquent, toutes les recherches doivent être dirigées vers elles, tandis que les pays de plaines, de collines et de plateaux ne méritent aucune attention. Ils ne se doutaient pas que c'était précisément le contraire, et qu'ici comme partout il faut commencer par connaître la règle avant de prétendre expliquer l'exception. Cette fausse direction n'a pas encore été une des moindres causes de la lenteur de nos progrès.

Il est résulté pour nous de l'examen précédent que, dans les dernières années du XVIIIe siècle et les vingt premières du XIXe, les professeurs officiels de géologie, soit au Muséum d'histoire naturelle, soit au Collége de France, soit ailleurs, n'exposaient guère mieux les uns que les autres les principes de la paléontologie stratigraphique et même ceux de la géologie des terrains sédimentaires. Il y a moins de cinquante ans, l'enseignement, dans les deux chaires publiques consacrées à la géologie, n'était pas encore assis sur ses véritables bases. Les idées de Werner, dans ce qu'elles avaient *d'utile et d'éminemment pratique*, n'y avaient pas pénétré profondément, non plus que celles appliquées déjà de l'autre côté de la Manche et sur notre propre sol; nous avons donc pu dire que cet enseignement était fort en arrière du point où

1. Voy. *loc. cit.*, p. 452-462.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la science était arrivée, non-seulement à l'étranger, mais aussi chez nous.

De même cependant que nous avons vu l'école de Werner produire en France un ouvrage de géologie descriptive où se révélait un rare talent d'observation, joint à une instruction solide et à une méthode vraiment scientifique, de même nous devons rapporter à l'influence de cette école le meilleur ouvrage qui ait été publié jusque-là sur la théorie générale de la terre : c'est le *Traité de géognosie* de d'Aubuisson de Voisins, travail excellent au point de vue de l'auteur, mais dans lequel on conçoit que la paléontologie devait être tout aussi négligée que dans l'*Essai géognostique sur les Pyrénées*, de Charpentier. Quant à l'*Aperçu géognostique des terrains*, publié la même année par de Bonnard, et que nous avons déjà mentionné (*antè*, p. 96), c'était un travail également rédigé sous l'influence des idées et de la méthode de Werner; mais ce que nous en avons dit montre assez qu'il était loin d'avoir, pour l'étude de la géologie, la même utilité que le livre de d'Aubuisson.

§ 6. PALÉONTOLOGIE APPLIQUÉE.

Dix ans s'étaient écoulés lorsque les auteurs de l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* publièrent, sous le nouveau titre de *Description géologique des environs de Paris*, composant le tome II des *Recherches sur les ossements fossiles*, un travail dans lequel on pouvait s'attendre qu'ils auraient mis à profit les observations faites dans cet intervalle. Mais nous avons fait voir[1] qu'en tenant compte du temps qui a séparé les deux éditions, on devait s'étonner que la seconde ait encore laissé tant de questions non résolues

1. *Loc. cit.*, *p.* 463.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ou non abordées, dont on avait les éléments constamment sous les yeux, dans un pays de collines et de plateaux découpés exprès, en quelque sorte, pour la plus grande commodité du géologue, où toutes les couches sont en place, sans qu'elles aient éprouvé ni dislocation ni métamorphisme, où les caractères pétrographiques des roches ont, à chaque niveau, une persistance remarquable, où les horizons marqués par les fossiles offrent une constance non moins frappante dans une surface restreinte, où la nature, en un mot, s'est plu à réunir toutes les conditions qui pouvaient faciliter les recherches, toutes les circonstances propres à leur donner un vif intérêt.

Alex. Brongniart. — Aussi n'est-ce point par les quelques améliorations que l'édition de 1821 a apportées aux précédentes qu'elle se recommande particulièrement à l'attention des géologues, mais bien par les notes importantes qu'Alex. Brongniart a placées à la fin de chaque article, notes dans lesquelles il recherche et signale, avec beaucoup de sagacité et une grande sûreté de coup d'œil, toutes les localités étrangères au bassin de la Seine, qu'il a observées lui-même, ou sur lesquelles il avait des renseignements assez exacts pour les mettre géologiquement en parallèle et établir ainsi leur synchronisme avec les dépôts de ce bassin.

Par des rapprochements presque toujours heureux, qui étendaient à une grande partie de l'Europe occidentale des vues limitées d'abord à une si petite région naturelle, le savant auteur a su donner à une œuvre, qui pouvait paraître commune dans l'origine, un caractère propre et d'une plus grande importance que le travail primitif, lequel, ainsi que nous l'avons fait remarquer, ne se distinguait point par son mérite stratigraphique.

Dans l'*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* se trouvait sans doute implicitement exprimée la théorie actuelle sur l'indépendance paléozoologique des formations, ainsi que les modifications partielles et successives

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des êtres organisés dans chacune d'elles; mais on pouvait dire aussi que, l'application de ce principe n'ayant pas encore été faite sur de grandes étendues de pays ou sur des points fort éloignés les uns des autres, sa généralité n'était pas prouvée. Mais ici les notes ajoutées par Brongniart répondent victorieusement à toutes les objections, et les faits ont pleinement justifié depuis toutes ses prévisions.

La manière dont ces notes sont disséminées dans l'ouvrage, quoique rationelle en elle-même, était cependant peu propre à faire valoir leur importance; aussi les avons-nous réunies, pour mieux montrer comment le principe était venu s'appliquer à des pays et à des terrains très-différents.

« Le développement des êtres organisés suppose, dit-il, « une longue série de siècles, ou au moins d'années, qui « établissent une véritable époque géognostique, pendant « laquelle tous les corps organisés qui habitent, sinon toute « la surface du globe, au moins de très-grandes étendues de « cette surface, ont pris un caractère particulier de famille ou « d'époque qu'on ne peut définir, mais qu'on ne peut non « plus méconnaître.

« Je regarde donc le caractère d'*époque de formation* tiré « de l'analogie des corps organisés comme de première valeur « en géognosie, et comme devant l'emporter sur toutes les « autres différences, quelque grandes qu'elles paraissent; « ainsi, lors même que les caractères tirés de la nature des « roches, et c'est le plus faible, de la hauteur des terrains, « du creusement des vallées, même de l'inclinaison des « couches et de la stratification contrastante, se trouveraient « en opposition avec celui que nous tirons des débris orga- « niques, j'attribuerais encore à celui-ci la prépondérance, « car toutes ces différences peuvent être le résultat d'une révo- « lution et d'une formation instantanée qui n'établissent point, « en géognosie, d'époque spéciale. »

Nous avons vu que c'était un autre Français, l'abbé Giraud-Soulavie, qui le premier avait nettement formulé et appliqué

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le principe fondamental de la distinction des terrains par leurs fossiles; mais ses mémoires, publiés de 1777 à 1784, n'avaient point attiré l'attention des naturalistes, peu préparés à entrer dans cette nouvelle voie, et cet estimable savant avait été complétement méconnu de ses contemporains, tandis que, quinze ans après, W. Smith était plus heureux en Angleterre, où ce même principe était, comme nous le dirons, accueilli avec empressement par tous ses compatriotes. L'un d'eux, après avoir traversé les Alpes, avait indiqué plusieurs rapprochements très-justes entre certaines roches secondaires de cette chaîne et leurs analogues en Angleterre; mais W. Buckland avait en cela tenté beaucoup plus que l'état de la science ne permettait de le faire à ce moment, et son travail, estimable d'ailleurs, avait dépassé le but. Il nous suffira de rappeler que les schistes à poissons de Glaris y sont placés dans la grauwacke de transition, que l'existence du terrain houiller est complétement niée dans les Alpes, que le *magnesian limestone* représentait le *calcaire alpin ancien*, etc.

De son côté, et dans le même temps, Alex. Brongniart, tout en allant bien plus loin que W. Smith, en montrant une grande hardiesse et beaucoup de confiance dans la solidité de son principe, sut se renfermer dans de plus justes bornes que W. Buckland, et, par suite, éviter les fausses appréciations et les rapprochements prématurés de ce dernier.

Après avoir jeté un coup d'œil sur la craie des contrées qui avoisinent le bassin de la Seine et montré ses relations et ses divisions naturelles, il indique celles de la craie glauconieuse de la perte du Rhône, près de Belgrade, et, en 1817, gravit les montagnes des Fiz et de Sales, non loin de Servoz, pour reconnaître, dans les roches noires que recouvrent les neiges perpétuelles, des dépôts crétacés inférieurs, contemporains de ceux qui constituent la base des falaises de la Manche entre la France et l'Angleterre. Appliquant son principe au terrain tertiaire inférieur, il en déduisit des rapprochements tout aussi exacts; mais il fut moins heureux en y rapportant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aussi certains dépôts coquilliers des bassins de la Loire, de la Garonne et de l'Adour. D'un autre côté, il a parfaitement reconnu que, par les caractères de leur faune, les couches tertiaires marines des environs de Perpignan, de Narbonne et de Montpellier étaient plus récentes que les gypses des environs de Paris, et que les premières au moins devaient être assimilées aux marnes sub-apennines de l'Italie.

Les réflexions d'Alex. Brongniart sur le parallélisme des sédiments tertiaires des bassins de la Tamise et du Hampshire avec ceux du bassin de la Seine, déjà signalé par Webster et représenté sur sa carte en 1814, ne sont pas empreintes de moins d'exactitude que celles qu'il émet sur les relations des couches contemporaines dans la Flandre, le Hainaut et le Brabant. Mais c'est dans l'appréciation de l'âge de la mollasse et du nagelfluhe de la vallée suisse, regardé comme plus récent que celui du gypse de Paris, et surtout dans le rapprochement, qui dut paraître bien plus extraordinaire alors, des calcaires noirs compactes des Diablerets, situés au nord-est de Bex, à plus de 3000 mètres d'altitude, des roches vertes à Nummulites de Glaris, du Pilate, de Saarnen, etc., avec le calcaire grossier de Vanves, de Vaugirard, de Montrouge, etc., qu'éclate surtout le profond jugement de Brongniart et sa foi absolue dans la valeur du principe qui le guidait.

Appuyé sur ces caractères paléozoologiques, il n'hésite pas à rapporter au même horizon les dépôts du pied méridional des Alpes dans le Véronais et le Vicentin, dépôts qu'il désigne dans un Mémoire spécial par l'expression de *terrain calcaréo-trappéen*, et dont nous avons vu que les naturalistes italiens du dernier siècle s'étaient beaucoup occupés.

Les fossiles du Val-Ronca, du Monte-Viale, du Val-Nera, du Monte-Bolca, de Montecchio-Maggiore, ne lui permettent pas de douter de ce parallélisme, et « il résulte, dit-il, de ces « rapprochements que tous ces terrains sont analogues dans « leurs caractères importants, non-seulement aux terrains de « sédiments supérieurs, mais à la partie de ces terrains qui est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« inférieure au gypse. La présence de certaines espèces de « coquilles particulières à cette partie, telles que les Camé- « rines ou Nummulites, la *Neritina conoidea*, les Caryophyl- « lies, etc., celle des lignites, des poissons, et surtout de « cette terre verte semblable à la chlorite dont nous avons « parlé si souvent, l'absence des grès proprement dits, celle « du mica, ou du moins de la variété de cette substance si « abondante, au contraire, dans les parties supérieures, offrent « une réunion de caractères qui doit faire rapporter les ter- « rains calcaires trappéens du Vicentin au calcaire grossier « du bassin de Paris inférieur au gypse. »

Les marnes calcaires et les brèches calcaréo-serpentineuses de la colline de Superga, près Turin, enveloppent, continue-t-il, des coquilles analogues, pour la plupart, à des espèces des environs de Bordeaux, ce qui est vrai; mais ce qui ne l'est plus, c'est de comparer, comme Brongniart l'avait fait précédemment, ces dernières avec celles du calcaire grossier des environs de Paris.

Sur le revers méridional des Alpes maritimes, non loin de Nice, il signala les calcaires jurassiques, auxquels succèdent des lambeaux de craie glauconieuse avec des Ammonites et des Bélemnites, puis des *calcaires analogues, par les coquilles qu'on y voit, et principalement par la présence des Nummulites, au calcaire grossier inférieur*. Enfin, à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer actuelle, un dépôt de coquilles marines, à peine fossiles, serait plus moderne encore que le *terrain marin supérieur* du bassin de la Seine; c'est celui que nous avons vu décrit par Risso, qui, par les mêmes motifs, le regardait aussi comme très-récent.

Du côté de Menton, des couches bleuâtres, calcaréo-argileuses, inclinées, remplies de coquilles, de polypiers et d'une prodigieuse quantité de Nummulites très-grosses et très-bombées, présentent beaucoup de caractères de la base des terrains de sédiment supérieur (calcaire grossier). Tous les terrains que je viens de citer en Italie, ajoute Brongniart,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

peuvent être rapportés, avec la plus grande probabilité, au terrain de calcaire grossier ou marin inférieur au gypse. Ceux dont il me reste à parler en Italie appartiennent, avec le même degré de probabilité, à la formation marine supérieure au gypse. Ils composent les collines que l'on nomme sub-apennines, et qui s'étendent d'Asti en Piémont jusqu'à Monte-Leone en Calabre. Ce sont ceux que nous avons vus décrits par Brocchi et tous ses prédécesseurs. A ce moment, la distinction du terrain tertiaire moyen n'ayant pas encore été tracée, on confondait avec ses propres dépôts ceux du terrain tertiaire supérieur.

Pour le bassin de Vienne et la Hongrie, les rapprochements de Brongniart n'ont pas toujours une exactitude aussi frappante, et on le conçoit, d'après les renseignements qui lui étaient transmis ou des observations qui pouvaient l'induire en erreur, mais on peut s'étonner que, dans la réimpression de l'ouvrage, en 1835, l'auteur n'ait pas profité des observations de Beudant, de Constant Prévost et d'autres géologues, pour rectifier ou compléter ses premiers aperçus. Plus loin encore, sur le versant nord des Carpathes, en Volhynie, il a reconnu l'existence de dépôts semblables au calcaire grossier du bassin de la Seine.

Le parallélisme du gypse des environs du Puy-en-Velay et de ceux d'Aix en Provence avec ceux de Montmartre, déjà admis par P. de Lamanon, est constaté de nouveau, et les dépôts lacustres supposés plus récents que ces gypses sont mentionnés sur une multitude de points en France, en Espagne, en Angleterre, comme dans le Jura, la Suisse, l'Italie, la Hongrie, etc.

En même temps qu'il formulait et appliquait si heureusement aux terrains tertiaire et secondaire les nouveaux préceptes de la paléontologie stratigraphique, Alex. Brongniart disait, en parlant des terrains plus anciens dans lesquels se trouvent les trilobites : « Il faut, pour caractériser les ter-« rains, non-seulement désigner les espèces qui s'y trouvent,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« mais les désigner toutes, les déterminer très-exactement,
« de manière à ne pas donner le même nom à des corps qui
« n'ont que des ressemblances apparentes, mais qui sont
« cependant des espèces distinctes, quoique très-voisines les
« unes des autres. Telle est la liaison importante de la zoolo-
« gie avec la géologie. C'est par cette double considération
« qu'on atteindra le but que se propose cette dernière science,
« qui est la connaissance exacte des rapports d'ancienneté des
« couches qui forment l'écorce du globe. »

§ 7. ESPAGNE.

Il y a près d'un siècle et demi que Scheuchzer, faisant une sorte de revue générale des travaux publiés sur l'histoire naturelle dans divers pays, remarquait l'absence presque complète en Espagne d'écrivains qui se soient occupés de botanique, de zoologie ou des corps inorganiques. Si les nations germaniques, dit-il, pèchent à cet égard par l'excès et par un besoin immodéré d'écrire et de publier, l'Espagne se fait distinguer de tous les autres pays civilisés par le défaut contraire.

Nous ne connaissons, en effet, rien qui soit antérieur à cette remarque, les indications de Bourguet et celles de P. Barrère sur quelques fossiles de ce pays ne sont venues qu'après. En 1742, F.-Jos. Torrubia, dans son ouvrage sur l'histoire naturelle de l'Espagne, donne plusieurs *dissertations physiques*, comme on disait alors, et particulièrement sur le déluge. Après avoir reproduit le tableau de Bourguet, dont nous avons parlé, l'auteur traite des fossiles de divers terrains et provenant de diverses localités, tels que des dents de Squales, des Ammonites, des Nautiles, des Térébratules, des ostracées, des échinides, des stellérides crétacés et jurassiques, un trilobite et deux crustacés de la Chine ou des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Moluques. Il donne, sous le titre de *Gigantologia española*, une dissertation fort étendue où se trouvent rapportés tous les documents relatifs à une prétendue race de géants qui aurait existé à la fois dans l'ancien et dans le nouveau monde. Tous ces faits, comme on le conçoit, se rapportent à des débris d'Éléphants ou d'autres grands mammifères fréquents en Amérique aussi bien qu'en Europe, et sous ce rapport le travail de l'auteur espagnol n'est pas sans utilité, car on y trouve beaucoup de renseignements qui, bien interprétés, peuvent être encore employés aujourd'hui.

Les causes et les effets présumés du déluge sont ensuite, comme chez la plupart des écrivains du temps, l'objet de réflexions diverses plus ou moins mal fondées. La plupart des fossiles représentés sont très-reconnaissables pour provenir des couches jurassiques de Molina, d'Anchuela et d'autres localités où ils ont été constatés depuis.

D. Guillermo Bowles, dans son Introduction à l'histoire et à la géographie physique de l'Espagne, publiée en 1775, a signalé les Nummulites des environs d'Alicante, des Térébratules, des Bélemnites et d'autres fossiles dans le voisinage de Molina. Il a traité de la lithologie générale de beaucoup de provinces, des volcans du royaume de Murcie et de la Catalogne; il s'est occupé plus particulièrement des diverses pierres de la province de Ségovie, a donné de bons détails sur les salines de Mingranilla, sur la disposition des amas ou bancs de gypse, sur la mine de sel de Cardone, sur les gypses de Valtiera, les brèches osseuses des environs de Teruel; mais nulle part on n'aperçoit l'idée d'une succession dans les roches observées.

De son côté A.-J. Cavanilles, plus botaniste que géologue et zoologiste, n'a pas laissé que de décrire avec beaucoup de soin les caractères orographiques, stratigraphiques et pétrographiques de l'ancien royaume de Valence. Il a bien observé dans chaque localité la position des couches, et il a donné de nombreux dessins qui représentent les formes et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'aspect particulier du pays, exemple qu'on doit regretter de ne pas voir plus suivi de nos jours.

L'auteur signale des Térébratules, des cornes d'Ammon ferrugineuses et diverses bivalves aux environs de Morella, de nombreux fossiles sur beaucoup d'autres points, et il conclut que la disposition des couches ainsi que leurs divers caractères ne permettent pas d'attribuer leur formation au déluge universel, qui n'aurait pu les déposer de la sorte. Les coquilles qu'on y trouve, ajoute-t-il, prouvent en outre qu'elles ont été déposées tranquillement au fond de la mer.

Enfin, vers les dernières années du siècle, Bosc, dans un voyage à travers les royaumes de Galice, de Léon, de la Vieille-Castille et de la Biscaye, compare la pierre à plâtre des collines des environs de Palencia à celle des environs de Paris, et signale les couches lacustres de Burgos.

De même que nous l'avons vu dans l'est de l'Europe, ce sont encore des géologues et des paléontologistes anglais et surtout français qui, dans ces derniers temps, ont introduit en Espagne et y ont appliqué les connaissances de la science actuelle.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE V.

ILES BRITANNIQUES.

§ 1. ANGLETERRE.

Exposition. — L'histoire de la science, dans les pays dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent, a dû être présentée d'une manière assez irrégulière en nous conformant seulement aux temps et aux lieux ; nulle part nous n'avons encore aperçu de vues bien générales suivies par les auteurs qui se sont succédé. La marche de la partie positive de la science nous offrira, en Angleterre, un tableau différent ; elle nous frappera, en effet, par une certaine unité de direction dans les recherches, unité plutôt naturelle que systématique, et résultant à ce qu'il semble des caractères particuliers d'une grande partie de son sol si heureusement disposé pour l'étude des terrains sédimentaires et qui l'avait en quelque sorte prédestinée à devenir le berceau de cette partie de la science moderne.

Ouvrages théoriques et généraux. — Les physiciens et les naturalistes de ce pays ne sont pas restés en arrière de ceux du continent en ce qui concerne la théorie générale de la terre ; mais nous croyons qu'il serait peu utile et qu'il y aurait peu d'intérêt à nous étendre ici sur les ouvrages de Burnet, de Warren, de J. Ray, de Whiston, de R. Hook et d'autres œuvres qui, remplies de traditions religieuses, toujours plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ou moins associées à des suppositions ou à des hypothèses gratuites, sont, malgré le mérite de leurs auteurs à certains égards, plutôt du domaine de l'imagination que de celui de la science. Buffon en avait déjà donné de bonnes analyses à la suite de sa *Théorie de la Terre*, et, quoique quelques-unes de ses objections ne soient pas précisément celles que l'on pourrait opposer aujourd'hui à ces fables géogéniques, sa critique n'en a pas moins une valeur qui nous dispense de revenir sur ce sujet, également traité par Desmarest dans son article de *Géographie physique* (1795).

On doit dire cependant que J. Woodward, dans son Essai d'une histoire naturelle de la Terre et des corps qu'elle renferme (1695), fait une honorable exception. Il y reconnaît la véritable origine des fossiles qui devaient se trouver au fond de la mer au moment du déluge. Ces débris organiques furent enfouis dans des dépôts qui se consolidèrent ensuite. Le sol de l'Angleterre, dit-il, est composé de couches horizontales superposées et formées sous les eaux ; mais il ajoute que les matières sédimentaires sont arrangées suivant leurs pesanteurs spécifiques, les supposant toutes en dissolution en même temps dans le même liquide. L'examen attentif qu'a fait Woodward des caractères des fossiles et de leur arrangement dans les strates prouve que c'était un observateur beaucoup plus judicieux que la plupart de ses contemporains.

Une étude plus sérieuse pour nous et beaucoup moins connue est celle de Needham, qui, vers le milieu du XVIIIe siècle, rendait compte d'une manière très-remarquable de la structure et de l'origine des montagnes. Celles-ci, dit-il, sont composées de couches concentriques, d'égale épaisseur de bas en haut, visiblement soulevées et rompues après qu'elles eurent acquis une certaine résistance, depuis l'état presque fluide où elles se sont nécessairement trouvées lors de leur formation, et comme le prouvent les coquilles et les empreintes de poissons et de plantes distribuées régulièrement dans toute leur étendue. L'égale épaisseur qu'elles conservent sur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

toute la pente d'une montagne est encore une preuve qu'elles ont été formées horizontalement avant leur soulèvement. Aucune autre théorie, même la plus plausible, telle que celle de M. de Buffon, ne peut donner, continue-t-il, une raison physique de ce phénomène, si ce n'est celle d'une force expansive agissant doucement après le dépôt régulier des couches dont les montagnes sont composées. Un courant ou un phénomène atmosphérique, quel qu'il soit, ne peut jamais distribuer et fixer également sur une pente des coquilles et d'autres substances légères, encore moins élever une montagne à couches régulières. Toutes celles qui font partie des grandes chaînes portent visiblement l'empreinte du feu souterrain d'où elles tirent leur origine, et dont l'action pour les faire surgir a été balancée ou modifiée par la gravitation. Comme L. Moro, Needham exagérait beaucoup l'effet des volcans; mais il est remarquable de voir que dans le même moment Arduino en Italie, Lehmann et Fuchsel en Allemagne, Needham en Angleterre, professaient, sur la composition et la formation des montagnes, des idées fort justes qui mirent encore près d'un demi-siècle à germer dans l'esprit des observateurs.

Travaux descriptifs. — Si, de ces vues théoriques, nous passons aux travaux plus particulièrement descriptifs, soit stratigraphiques, soit pétrographiques ou paléontologiques, nous signalerons d'abord les recherches de G. Owen qui, vers la fin du XVIe siècle, avait écrit sur la topographie du Pembrokeshire un Mémoire qui ne fut publié que longtemps après sa mort, et où se trouvent tracées, avec beaucoup d'exactitude, la direction et l'étendue des couches de houille, ainsi que celles des calcaires qui les accompagnent dans toute la partie sud du pays de Galles. Il montre en outre leurs relations avec les parties du Gloucestershire et du Somerset qui l'avoisinent. Ce travail est probablement le premier qui ait été tenté pour établir ce principe : que les mêmes séries de couches se succèdent dans un même ordre, régulièrement, sur de grandes surfaces, de manière à dévoiler leur constitution géologique.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dix-septième siècle. — Lister, Lhwyd, etc. — Dans le siècle suivant, T. Lawrence, Merret, Childrey, J. Beaumont et Plott, dans son *Histoire naturelle de l'Oxfordshire*, préludent par quelques descriptions locales de fossiles aux travaux plus sérieux du XVIIIe; Martin Lister semble avoir eu le premier l'idée de cartes géologiques régulières, et fut frappé de l'analogie de la craie sur les côtes opposées de la France et de l'Angleterre. Il a représenté pour la première fois une coquille du genre *Productus* (*P. giganteus*), qui a joué un si grand rôle parmi les brachiopodes de la période carbonifère. Mais l'ouvrage le plus remarquable, qui vient clore cette période, est celui de E. Lhwyd ou Liudius, qui traite de la *distribution des pierres fossiles de l'Angleterre et d'autres pays, remarquables par leurs formes particulières*. Ce livre, accompagné de 25 planches, se distingue par son esprit essentiellement linnéen, par la précision et l'exactitude des descriptions comme par la simplicité de la méthode. C'est une énumération systématique de 1600 fossiles, animaux et végétaux, et de quelques substances minérales. Les localités d'où ils proviennent sont partout indiquées avec autant de soin qu'on pourrait le faire aujourd'hui. Il proposa le nom de *Terebratula*, sous lequel pendant longtemps furent compris presque tous les brachiopodes, mais qui ne fut définitivement adopté dans la science qu'un siècle après par Bruguière, qui le substitua à celui d'*Anomia*, créé anciennement par F. Colonna. Il désigna aussi sous le nom d'*alvéole* le cône cloisonné intérieur des Bélemnites, sous celui de *Trinucleus* un trilobite devenu le type de tout un genre de cette famille; mais ses idées sur la nature et l'origine des fossiles, qui ne répondaient nullement à l'exactitude de ses observations, peuvent prendre rang parmi les plus folles de ce temps-là. Enfin, le goût de ce genre d'étude se développe tout à fait au commencement du XVIIIe siècle, où nous voyons une multitude de publications destinées à faire connaître les débris organiques fossiles de diverses parties de l'Angleterre, surtout des comtés de l'est et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

du sud[1]. Nous mentionnerons particulièrement le Mémoire de Sloane sur les ossements de grands mammifères fossiles trouvés en Angleterre, qui sont des restes d'Éléphants et de cétacés, et non ceux d'une race éteinte de géants comme on le croyait avant lui.

Dix-huitième siècle. — Géologues stratigraphes. — Dans le même temps, quelques observateurs purement stratigraphes se faisaient connaître par des travaux sur les couches secondaires, que nous appelons aujourd'hui jurassiques et crétacées, dans le Somersetshire, le Bedfordshire et le Kent. Ce sont particulièrement Holloway, Packe et Strachey, qui étaient déjà dans une voie meilleure que la plupart de leurs contemporains du continent. Packe donna, en 1730, une carte chorographique de la partie orientale du Kent, et Strachey, en étudiant le district houiller du Somerset, fit voir qu'il comprenait très-bien la succession régulière des strates de ce pays, depuis la craie, les calcaires oolithiques, le lias, les couches rouges de grès et d'argile, le terrain houiller, le calcaire métallifère des Mendip-Hills, etc.

J. Michell qui, vers 1760, publiait un Mémoire sur les tremblements de terre, se prononçait d'une manière encore plus formelle que ses devanciers sur la succession régulière des masses de roches. Il remarqua que, dans la structure de la terre, les zones de diverses substances se suivaient parallèlement jusqu'aux crêtes des chaînes, et cela dans les montagnes du nouveau monde comme dans celles de l'ancien, et qu'en Angleterre la direction générale des couches et des chaînes qu'elles constituent était du N.-E. au S.-O. La série des terrains de ce pays, depuis la craie jusqu'au terrain houiller, qu'il publia en 1788, était certainement un résultat plus complet que ce que Werner donnait dans le même moment pour l'Allemagne centrale, et tout à fait comparable à ceux de Fuchsel et de Lehmann. La structure géologique du

1. *Loc. cit.*, p. 175 et suivantes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Derbyshire avait été également bien comprise par Whitehurst dix ans auparavant. De la ressemblanche des roches appelées *toadstones* avec les laves des volcans, de leur position et de leurs effets, il en avait conclu leur injection à travers les couches qui les recouvraient. Il a réellement laissé peu à faire relativement au calcaire carbonifère et aux depôts houillers de ce pays, mais des idées théoriques inadmissibles sont venues gâter un bon travail stratigraphique que Kier a continué pour le Staffordshire, dont il a décrit le calcaire, la houille et les basaltes.

Avant de passer aux travaux qui ont plus particulièrement contribué à établir en Angleterre les vrais principes de la théorie des terrains de sédiment, disons quelques mots des publications dont les fossiles ont été l'objet, en commençant par les invertébrés.

Paléozoologie. — Invertébrés. — Brander et Solander firent connaître, en 1766, les coquilles des argiles tertiaires de Barton (Hampshire), en rejetant les idées de Woodward, qui regardait ce dépôt comme le résultat du déluge. Parmi les fossiles qu'ils représentent, un très-petit nombre est connu, suivant eux, vivant dans les mers britanniques ou même sur les côtes d'Europe, et la plupart, au contraire, seraient différents des animaux de la faune actuelle. Barrington s'est occupé aussi des fossiles de Christ-Church, Walcoll de ceux des environs de Bath, et, en 1794, parut la première livraison de l'ouvrage de W. Martin sur les pétrifications du calcaire carbonifère du Derbyshire, ouvrage terminé en 1809. C'est, avec celui de Brander, ce que les paléontologistes iconographes d'Angleterre avaient exécuté jusque-là de plus important par l'exactitude et le nombre des objets figurés.

Au commencement de ce siècle, J. Parkinson publie un ouvrage beaucoup plus considérable : les *Débris organiques de l'ancien monde*, travail accompagné de 50 planches d'une bonne exécution. Le premier volume est consacré à une histoire de la science qui, sans être aussi complète que celle de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Walch, est mieux coordonnée, puis à ce qui concerne les végétaux fossiles ou les substances qui en proviennent; le second, aux spongiaires, aux polypiers et aux crinoïdes; le troisième, au reste des radiaires, aux mollusques, aux crustacés, aux poissons et aux mammifères. Le même auteur, en décrivant la craie blanche et les dépôts tertiaires des environs de Londres, a su en répartir les fossiles dans les différentes couches; il a constaté la superposition du crag à l'argile de Londres et les différences complètes de leurs fossiles, en faisant remarquer que, parmi ceux du premier de ces dépôts, quelques-uns étaient inconnus et d'autres identiques avec des espèces vivant sur les côtes d'Angleterre.

Plus tard, J. Muller a donné un excellent livre sur l'histoire naturelle des crinoïdes ou animaux marins en forme de lis, avec des observations sur les genres Astérie, Euryale, Comatule et *Marsupites*. Bien supérieur à l'ouvrage que Rosinus avait donné en Allemagne sur le même sujet, celui-ci a servi de point de départ à toutes les études dirigées depuis sur cet embranchement des animaux rayonnés. D'autres recherches moins importantes de paléontologie géographique ont paru vers le même temps[1], et l'on ne peut mieux clore la liste des principaux travaux iconographiques, auxquels ont donné lieu les coquilles fossiles d'Angleterre au commencement de ce siècle, qu'en citant ici le *Mineral conchology* de Sowerby, commencé en 1812 et continué pendant près de vingt ans. Il a été longtemps le recueil de cette nature le plus considérable que l'on ait entrepris, car il forme 6 volumes grand in-8°, avec plus de 600 planches coloriées; et si, depuis, d'autres l'ont dépassé à quelques égards, il n'en reste pas moins un témoignage honorable du zèle scientifique et des connaissances variées de son auteur comme de ceux qui lui ont succédé dans cette publication.

Vertébrés. — Parmi les animaux vertébrés, la classe des

1. *Loc. cit.*, p. 180.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

reptiles, qui n'avait encore offert que des restes peu remarquables dans les terrains d'Angleterre, s'enrichit vers ce temps de types extraordinaires, qui ouvrirent un nouveau champ d'études à la paléozoologie et à la zoologie comparée. Plusieurs de ces types furent réunis ensuite sous le nom d'énaliosaures ou de Lézards marins, offrant des vertèbres semblables à celles des poissons, des dents qui les rapprochent des Crocodiles, un tronc analogue à celui des Lézards, et des pattes conformées comme celles des cétacés. On y établit d'abord deux genres : les Ichthyosaures et les Plésiosaures.

Ichthyosaure. — Découvert en 1814 par Sir Évrard Home, dans le lias de Lyme-Regis, le premier de ces genres, d'abord placé parmi les poissons à cause des caractères de la tête et des vertèbres qu'on connaissait seulement, donna lieu à des discussions que firent cesser les éléments plus complets de son squelette, étudiés par de la Bèche et Conybeare. Ces savants montrèrent que l'anneau des pièces osseuses de la sclérotique était un caractère des Lézards et non des poissons; la position des narines contiguës au lacrymal, à la jonction des naseaux et des intermaxillaires, fut constatée de nouveau, ainsi que l'existence de quatre membres. La grandeur de l'œil et le cercle de pièces osseuses qui l'entourent sont ce qui frappe au premier abord dans la tête de ces reptiles. Les vertèbres, toutes biconcaves, ressemblent à des dames à jouer. Le sternum, l'épaule et les nageoires antérieures, en forme de palettes, rappellent les Salamandres et les Dauphins. Ces dernières sont composées de 5 ou 6 rangées d'osselets, tous comparables aux phalanges des Dauphins, mais au nombre de 20 et davantage dans chaque rangée; ils sont aplatis et en forme de pavés sub-hexagonaux.

Ainsi, dit Cuvier, rien ne nous empêche de nous représenter complétement l'animal. Sa queue était médiocre, le museau long et pointu, armé de dents aiguës; les yeux, d'une grosseur énorme, devaient donner à sa tête un aspect

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tout à fait extraordinaire et lui faciliter la vision pendant la nuit. Il n'avait probablement aucune oreille extérieure, respirait l'air en nature, et devait venir souvent à la surface de l'eau; ses membres ne lui permettaient que de nager, et il ne pouvait sans doute pas ramper sur le rivage autant que les Phoques actuels.

Les caractères des dents en ont fait distinguer bientôt 4 espèces : les *I. communis*, *platyodon*, *tenuirostris* et *intermedius*, toutes provenant du lias de la même localité. D'autres furent ensuite découvertes dans les divers étages jurassiques d'Angleterre et jusque dans la craie du même pays, puis retrouvées plus tard dans des dépôts correspondants sur le continent.

Plésiosaure. — Le genre Plésiosaure, dont le nom indique son affinité avec les Lézards, fut signalé en 1821 par Conybeare et de la Bèche. Sa tête ressemble à celle de ce dernier genre, les dents sont analogues à celles des Crocodiles, le cou est extrêmement long, le tronc et la queue ont les proportions relatives ordinaires; les côtes rappellent celles des Caméléons et les pattes celles des Baleines. Les narines sont près de l'orbite, comme dans ces derniers et les Ichthyosaures; les dents sont grêles, pointues, cannelées et inégales. L'animal, dans son ensemble, devait avoir un aspect d'autant plus insolite, que les extrémités des membres étaient aussi de véritables nageoires en palettes, composées de 5 séries de phalanges allongées. Sa longueur totale pouvait être de 9 mètres. Le Plésiosaure à long cou (*P. dolichodeirus*) provenait aussi du lias de Lyme-Regis; une seconde espèce a été signalée dans l'argile de Kimmeridge et dans les divers termes de la série secondaire jusqu'à la craie.

Téléosaure. — Le Téléosaure, ainsi désigné par Geoffroy, est encore un reptile de la formation jurassique d'Angleterre, signalé dès 1718 par W. Stukley, comme provenant de Newark; un demi-siècle après, Woller Chapmann le découvrit dans les schistes alumineux du lias de Whitby; il est de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la tribu des amphicœliens, et le corps des vertèbres est légèrement concave des deux côtés.

Mégalosaure. — Le Mégalosaure, de l'ordre des dinosauriens, caractérisés par les cinq vertèbres soudées du sacrum, fut décrit par W. Buckland, et provenait des couches oolithiques de Stonesfield. Les dents sont comprimées, aiguës, arquées en arrière, à deux tranchants finement dentelés. Sa longueur totale, jugée d'abord de 10 à 12 mètres, fut estimée près du double par Cuvier, d'après les dimensions de l'os coracoïde. Il surpassait, dit ce dernier, les plus grands Crocodiles connus, et approchait, pour la taille, d'une petite Baleine. Il devait être extrêmement vorace et vivre dans la mer. Le genre constaté aussi dans les calcaires jurassiques des environs de Caen a continué à vivre pendant la période wealdienne.

Iguanodon. — Quelques dents, communiquées d'abord par G. Mantell à G. Cuvier, firent penser à ce dernier qu'elles devaient avoir appartenu à un reptile saurien plus extraordinaire encore que ceux dont nous venons de parler. Ces dents prismatiques, plus larges en dehors, portaient trois carènes mousses longitudinales; la couronne, à bords tranchants dentelés, rappelant celle des dents de l'Iguane, Mantell désigna l'animal sous le nom d'*Iguanodon*. Un squelette presque entier, découvert peu après dans les grès wealdiens de Tilgate, permit de se faire une idée assez exacte de cet énorme reptile, qui devait être un herbivore terrestre. Il était haut sur jambes, les membres postérieurs sensiblement plus longs que les antérieurs; sa longueur totale, estimée d'abord à 20 mètres, fut réduite par M. R. Owen à 9. L'Iguanodon, dédié au savant qui le découvrit le premier, est jusqu'à présent la seule espèce bien connue.

Ainsi, quelques années avaient suffi pour amener en Angleterre la découverte des formes de reptiles les plus gigantesques et les plus extraordinaires; et, comme nous l'avons fait remarquer pour la faune plus restreinte dans le temps

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

du gypse en France, aucune autre découverte aussi remarquable, faite dans la même direction, n'est venue s'ajouter depuis quarante ans à celles que nous venons de rappeler.

Il était aussi réservé à Cuvier, qui visitait, en 1818, les collections d'Oxford, d'y reconnaître, dans deux fragments de mâchoires provenant des calcaires oolithiques de Stonesfield, des restes de mammifères didelphes. C'était la première fois qu'un animal d'un ordre aussi élevé était signalé dans des couches secondaires. Le fait fut confirmé par W. Buckland et d'autres naturalistes, au moyen de nouveaux débris provenant de la même localité, et qui donnèrent lieu à d'assez vives discussions parmi les anatomistes. Ces derniers finirent par y trouver les représentants de deux petits genres : *Thylacotherium* et *Phascolotherium*.

Quoique les travaux géologiques et paléontologiques que nous venons de rappeler ne soient ni aussi nombreux ni aussi étendus que ceux publiés en Italie, en Suisse et dans les diverses parties de l'Allemagne, du XVIe au XIXe siècle, ils sont cependant empreints d'une plus grande précision sous les rapports stratigraphiques, géographiques et de la distribution des fossiles, ce que nous attribuons principalement, comme nous l'avons déjà fait pressentir, aux caractères physiques du sol de l'Angleterre, qui traduisent avec une grande netteté, même pour un observateur superficiel, ses caractères géologiques.

En outre, vers le temps où nous sommes arrivés, une heureuse impulsion, acceptée de tous les géologues du pays, sans protestation, sans discussion et sans lutte, vint accélérer le mouvement du progrès scientifique.

W. Smith. — C'est à William Smith, ingénieur des mines, que cette impulsion est due. Il commença ses recherches aux environs de Bath en 1790, dressa, la même année, un tableau des couches du comté, qui fut le point de départ de tout ce qu'il a fait depuis. Entre cette première date et le commencement du siècle, il publia de nombreux documents dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

divers volumes du *Conseil de l'agriculture;* une série de rapports parut en 1794, contenant des cartes géologiques du nord du Yorkshire, du Derbyshire, du Nottinghamshire, du Devonshire et du Kent, et, jusqu'en 1813, les cartes de neuf autres comtés furent également publiées. Le texte qui s'y rapporte ne parut, à la vérité, qu'en 1815, mais il est évident que les cartes précédentes établissent, pour leur auteur, un droit de priorité tout aussi incontestable que l'explication qui devait les accompagner. Le mérite de ces travaux fut justement apprécié en France par un savant élève de Werner, d'Aubuisson de Voisins, dans son *Traité de géognosie* (1819), et nous avons pu dire nous-même longtemps après :

« Les géologues anglais, appréciant la profondeur et la « justesse des vues de M. W. Smith sur les dépôts secondaires « de leur pays, ont conservé sa classification et sa termino- « logie encore vraie et suffisante, après une épreuve de qua- « rante ans. Ils ont respecté cette terminologie, non pas seu- « lement parce qu'elle avait été établie par un de leurs com- « patriotes, et sur leur propre sol, mais encore parce qu'elle « était l'expression la plus naturelle des faits; et, comme si la « géologie stratigraphique était destinée à leur devoir plus « qu'à toute autre nation, ce fut aussi vingt-cinq ans plus tard « qu'un digne émule de W. Smith (sir R. I. Murchison) fondait « la classification de tout le terrain de transition, classifica- « tion qui put faire ensuite avec non moins de bonheur le tour « du globe sans avoir été trouvée en défaut[1]. »

Les couches tertiaires n'ont été représentées que d'une manière générale sur les cartes de W. Smith, mais les limites des roches crétacées ont été tracées avec exactitude. A partir de cet horizon jusqu'au nouveau grès rouge, et même jusqu'au calcaire carbonifère, tout le classement lui appartient, ce qui avait été exécuté auparavant étant peu important comme arrangement général. On lui doit la détermination presque

1. D'Archiac, *Histoire des progrès de la géologie,* vol. VI, p. 6, 1856.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

toujours juste des divisions les plus essentielles de la série, et de les avoir caractérisées, suivies et indiquées d'une extrémité de l'île à l'autre. Ce qui constitue essentiellement le mérite et l'originalité de ces recherches, c'est la méthode que l'auteur employa, on peut même dire qu'il inventa et appliqua pour fixer de la manière la plus simple, la plus naturelle et la plus pratique à la fois, les limites des divers systèmes de couches et leurs positions relatives. Cette méthode consistait à reconnaître les fossiles qui, par leur constance, caractérisent le mieux chaque couche partout où celle-ci se rencontre et ensuite la différence des espèces fossiles d'une couche à une autre, ou, en d'autres termes, à déterminer les relations qui existent entre l'âge ou la position d'une couche donnée et les corps organisés qu'elle renferme.

Ce résultat, on le conçoit, ne pouvait être obtenu qu'après une étude préalable des relations des couches sur un grand nombre de points; car il fallait d'abord prouver physiquement le parallélisme ou la continuité de celles qui contenaient des fossiles semblables, puis la discontinuité ou le non-synchronisme de celles qui en renfermaient de différents. Or, dans le pays que Smith explorait, une même couche ou un même ensemble de bancs pouvant être suivi sans interruption sur de très-grandes étendues, il était à même de s'assurer ainsi de l'exactitude du principe de sa méthode.

Les nombreuses applications qu'il en a faites sont exposées dans son tableau géologique des fossiles d'Angleterre, qui montre l'identité et la continuité des couches dans leur ordre naturel de superposition. Ce tableau, publié en 1815, se trouve en tête de l'ouvrage intitulé : *Système stratigraphique des fossiles, composé d'après la collection du British Museum, accompagné de tables de la distribution géologique des échinodermes.* Quatre parties seulement ont été publiées en 1816, d'un autre ouvrage intitulé : *Les couches identifiées par leurs fossiles.*

Si nous avons dit que W. Smith avait créé sa méthode,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

c'est dans la conviction que les recherches de l'abbé Giraud-Soulavie lui étaient complétement inconnues, comme elles l'étaient aux compatriotes de ce dernier, puisque Alex. Brongniart, venu trente ans après, n'en parle pas, et semble avoir également ignoré à son tour les résultats obtenus par le célèbre géologue anglais, qui l'avait précédé dans la même voie. La question de priorité, quant au principe et à son application directe, nous paraît donc résolue en faveur de l'auteur de l'*Histoire naturelle de la France méridionale*, à qui, jusqu'à nous, on en avait refusé le mérite.

Auteurs divers. — Pendant que W. Smith jetait une si vive lumière sur la géologie de certaines parties de son pays, d'autres observateurs s'occupaient aussi de différents terrains sur divers points. Ainsi, J. F. Berger faisait connaître la structure physique du Devonshire et du Cornouailles; Middleton donnait une énumération fort exacte des dépôts tertiaires depuis les plus récents jusqu'à la craie; Webster, une description des couches d'eau douce de l'île de Wight. Les planches jointes à ce dernier travail en augmentent beaucoup l'intérêt, en ce que jusqu'alors la représentation graphique des dépôts tertiaires avait été fort négligée, et que l'une d'elles montre leur disposition géographique relative dans le nord de la France et en Angleterre. W. Buckland publia un Mémoire particulier sur les plus anciens de ces dépôts, désignés sous le nom de *plastic-clay*, et confirma, par l'examen comparatif de quelques parties des Alpes et de la France, la justesse des vues de son compatriote. N. S. Winch a traité du Northumberland et du Durham, H. Gilby des calcaires magnésiens des environs de Bristol, et Cumberland de divers crinoïdes, des calcaires carbonifères et magnésiens du même pays.

W. Phillips a démontré, mieux qu'on ne l'avait encore fait, la correspondance des couches, des deux côtés du Pas-de-Calais, et les fossiles qu'il avait recueillis, étudiés par Parkinson, ont confirmé les données stratigraphiques. Mais le plus fécond et le plus laborieux des successeurs immédiats de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Smith est G. Mantell. Le Sussex et les parties voisines du Kent, qui ont été le champ spécial de ses recherches, lui doivent une véritable illustration et d'être devenues des localités types pour la série crétacée et wealdienne. Ses *Fossiles des South-Downs*, qui parurent en 1822, furent suivies d'autres publications non moins importantes sur la même région.

W. Buckland. — Dans le même temps qu'Alex. Brongniart esquissait heureusement les relations des dépôts tertiaires d'une partie de l'Europe, un des géologues anglais que nous venons de citer provoquait par des recherches fort étendues sur les débris organiques des cavernes, des fentes, des brèches, des graviers et des sables des vallées, l'introduction d'un nouveau terme dans la série des terrains. Il s'occupait des phénomènes géologiques et biologiques qui ont immédiatement précédé l'époque actuelle, et qui caractérisent ce que l'on a appelé depuis l'*époque quaternaire*. C'était tout un ordre de faits, négligés ou mal compris jusque-là, dont cette étude marque, dans l'histoire de la science, une phase nouvelle et importante sur laquelle nous devons nous arrêter.

W. Buckland [1], après avoir décrit la caverne de Kirkdale, ouverte dans le coral-rag de la vallée de Pikering (Yorkshire), y signale, enveloppés dans le limon qui en recouvrait le sol, des ossements d'Hyène, de Tigre, d'Ours, de Loup, de Renard, de Bélette, d'Éléphant, de Rhinocéros, d'Hippopotame, de Cheval, de Bœuf, de plusieurs espèces de Daims, de Lièvres, de Lapins, de Rats d'eau, de Souris, d'oiseaux de proie, de passereaux, de palmipèdes, etc. Les ossements d'Hyène, de beaucoup les plus nombreux, avaient appartenu à 200 ou 300 individus de tous les âges. Quatre des genres précédents : l'Éléphant, le Rhinocéros, l'Hippopotame et l'Hyène, dont les restes fossiles ont été signalés aussi dans une grande partie de l'hémisphère boréal, vivent principalement aujourd'hui au sud

1. *Reliquiæ diluvianæ or observations of the organic remains*, etc., in-4°, avec 27 planches de cartes, de vues et de fossiles, 1823. — *Transact. philos.*, 1822.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de l'équateur, et la seule région où ils soient tous quatre réunis est le sud de l'Afrique. Ils y vivent et meurent ensemble, comme autrefois dans le nord de l'Angleterre. D'autres grottes ou cavernes du même pays, avec les restes d'animaux qu'elles renferment, furent également décrites par Buckland : telles sont celles de Kerby-Moorside, dans le voisinage de la précédente; d'Hutton, dans les Mendip-Hills; d'Oreston, de Kent's-Holl, près de Plymouth; de Paviland, près de Swansea, etc. Tous les ossements découverts dans ces diverses localités proviennent des mêmes espèces que ceux des dépôts de sable, de gravier et de cailloux roulés diluviens des plaines et des vallées, non-seulement en Angleterre, mais sous les hautes latitudes de l'hémisphère nord. Le remplissage des fentes et des cavernes et le phénomène qui a occasionné ces diverses accumulations semblent, dit l'auteur (p. 43), avoir été les derniers événements qui ont modifié la surface de la terre d'une manière générale, et les changements partiels qui ont eu lieu après, tels que la formation des deltas, des terrasses, des tufs, des graviers des rivières et des torrents, ainsi que les tourbières, montrent qu'ils n'ont commencé à se produire que depuis ce même phénomène.

Il est probable, ajoute-t-il (p. 44), que, pendant cette période anté-diluvienne, l'Angleterre était réunie au continent; le canal peu profond qui les sépare aujourd'hui, et une partie considérable de l'emplacement occupé par la mer d'Allemagne, des côtes d'Angleterre à l'embouchure de l'Elbe, peuvent avoir été soumis à une dénudation diluvienne.

C'était la première fois que des vues aussi générales étaient émises sur ce sujet, que se trouvaient réunis et coordonnés les résultats très-différents de phénomènes tous compris entre l'époque tertiaire et l'époque actuelle, et c'est ainsi que le dernier terme de la série géologique, auquel les recherches de nos jours sont venues donner tant d'intérêt, fut exposé, caractérisé et introduit à juste titre dans la science.

Mais Buckland ne se borna point à l'examen des cavernes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

à ossements et des dépôts diluviens de son pays; il visita celles de l'Allemagne, célèbres par leurs fossiles, et partout constata les mêmes circonstances de gisement et la présence, dans le plus grand nombre des cas, de débris d'animaux semblables à ceux de l'Angleterre. Partout des dépôts stalagmitiques recouvraient les dépôts ossifères de sable, de limon, de cailloux roulés ou non, et la même concordance entre les espèces des cavernes et celles des dépôts de transport des vallées lui fit généraliser avec encore plus de raison le phénomène dont il semble, dit-il, impossible de se rendre compte autrement que par le passage d'un déluge affectant partout simultanément, et à une époque peu ancienne, la surface entière de notre planète.

Une autre conséquence importante de ces faits (p. 162), c'est que la mer actuelle n'a point changé de place; de grandes portions de l'hémisphère nord étaient alors, comme de nos jours, au-dessus des eaux; ces surfaces où se trouvent les fentes et les cavernes étaient émergées lorsque les grands mammifères terrestres habitaient le pays, ou les remplissaient de leurs débris et de ceux de leur proie, immédiatement avant l'inondation par laquelle beaucoup d'entre eux y furent entraînés; d'où il suit que partout où ces cavités se rencontrent, c'est-à-dire dans la plus grande partie de l'Europe et sur les points des autres continents où de semblables accumulations d'ossements pourraient être découvertes dans des circonstances semblables, il n'y a pas lieu de supposer un changement de la surface du sol, tantôt couverte par l'eau et tantôt émergée, comme beaucoup d'auteurs l'avaient admis.

La formation des vallées par des dénudations et des ravinements, étudiée en Angleterre par Calcott, John et autres, en France par Buffon, puis les blocs erratiques des Alpes et du Jura, les dépôts de gravier, de sable et de blocs de l'Amérique du Nord, les terrasses qui bordent les grands lacs, les alluvions aurifères, platinifères, stannifères et diamantifères

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des diverses contrées seraient encore des phénomènes de la même période. Ainsi, dans cette dispersion des blocs de granite et de dépôts de graviers du nord de l'Amérique, décrite par Bigsby, nous avons, dit Buckland (p. 218), la preuve d'une débâcle par les eaux diluviennes dans l'hémisphère occidental, analogue à ce que nous avons vu en Europe, et la présence des os d'Éléphants et des autres animaux communs aux graviers des deux continents montre que l'époque de leur dépôt a été la même dans l'un et dans l'autre.

Greenough, dans son *Examen des premiers principes de la géologie*, arrivait à une conclusion semblable sur l'unité des phénomènes prouvés partout par la ressemblance des effets. C'était donc encore ici l'application à des dépôts comparativement récents des principes déjà appliqués aux couches tertiaires et secondaires, mais qui ne devaient l'être que plus tard à celles du terrain de transition.

Enfin il nous reste à signaler deux publications d'un grand intérêt au point de vue où nous nous plaçons, parce qu'elles résument chacune, sous la forme qui leur est propre, l'état de la connaissance du sol en Angleterre au moment même où se termine notre revue historique.

Greenough. — L'une est la carte géologique de ce pays, dressée par Greenough, en 1819, presqu'à la même échelle que celle de Smith. Rien d'aussi complet en ce genre n'avait encore paru en Europe, et l'on ne peut que s'étonner de la rapidité des perfectionnements réalisés en si peu d'années. Un coup d'œil jeté sur cette carte suffit pour donner la mesure non-seulement de l'avancement de la science dans cette portion des îles Britanniques, mais encore de la distance où elle laissait derrière elle les résultats obtenus partout ailleurs sur le continent.

W.-D. Conybeare et W. Phillips. — L'autre publication, à laquelle nous venons de faire allusion, est celle où W.-D. Conybeare et W. Phillips exposent, avec une admirable clarté, toute la théorie des terrains secondaire et tertiaire de la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Grande-Bretagne. Ils y proclament hautement le principe de la distribution des espèces fossiles en rapport avec l'âge des couches et le développent d'une manière plus complète qu'on ne l'avait encore fait. Dans ce livre, qui restera comme un modèle de sagacité et de la géologie comprise dans son véritable sens, les auteurs, jetant un coup d'œil rapide sur les terrains de l'Angleterre, depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents, esquissent à grands traits et avec précision leurs caractères les plus généraux, et nous reproduirons le passage suivant qui pourra servir de terme de comparaison avec ce que nous avons déjà vu dans d'autres pays.

A la base de toute la série se montrent les *roches primitives* dépourvues de restes organiques et auxquelles succèdent celles *de transition* renfermant un petit nombre de polypiers, de crinoïdes et de mollusques différents de tous ceux qui vivent actuellement. Les fossiles du *calcaire carbonifère* qui vient ensuite sont presque les mêmes que les précédents, mais plus abondants. Les *dépôts houillers*, qui reposent à leur tour sur le calcaire, offrent à peine quelques traces de coquilles, tandis que les restes de végétaux terrestres y sont très-répandus; ce sont des fougères, des roseaux, des joncs d'espèces inconnues et des troncs de grands arbres étrangers à la nature actuelle. Le *calcaire magnésien* qui les surmonte offre encore une faune marine, tandis que la période du *nouveau grès rouge* semble avoir été presque complétement dépourvue d'êtres organisés, comme si la nature eût voulu se préparer pour un nouvel ordre de choses.

Celui-ci commence avec le *lias*, continue par les *roches oolithiques*, les *argiles* et les *sables verts ferrugineux* pour se terminer à la *craie*. Toutes ces couches renferment des polypiers, des crinoïdes, des échinides, des coquilles, des crustacés, des poissons et des quadrupèdes ovipares, dont les familles diffèrent souvent de celles qui avaient eu des représentants pendant les époques de transition et carbonifère, et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dont les espèces diffèrent également d'un système de couches à un autre.

Jusqu'alors les fossiles étaient généralement à l'état de pétrification (d'empreinte, de moule, de contre-empreinte, de calcaire spathique ou silicifié); mais, au-dessus de la craie, le test des coquilles est plus souvent conservé et ne diffère de celui des vivantes que par sa fragilité ou l'absence de coloration. Des couches remplies de coquilles d'eau douce alternent avec celles à coquilles marines, comme si elles avaient été déposées successivement dans les eaux douces et les eaux salées. Dans les plus élevées de cette nouvelle série, les coquilles du *crag* montrent une grande analogie avec celles qui vivent actuellement sur les côtes d'Angleterre; et enfin, au-dessus de tous ces strates, s'étendent indistinctement des accumulations de sable et de gravier, semblables aux produits d'un déluge, contenant de nombreux débris de grands mammifères terrestres, dont plusieurs appartiennent à des espèces qui n'existent plus, associées avec d'autres étrangères aux climats où on les trouve actuellement et avec quelques-unes qui habitent encore sur les lieux mêmes.

L'esquisse d'une carte géologique d'Angleterre, et surtout les coupes stratigraphiques générales, jointes aux descriptions fort concises du texte de l'ouvrage de Conybeare et Phillips, témoignent également d'une profonde intelligence dans la manière de comprendre et d'expliquer les relations des divers systèmes de couches.

Société géologique de Londres. — Nous ne devons pas non plus omettre de mentionner une des causes essentielles qui ont contribué au développement et à la bonne direction des recherches en Angleterre. La *Société géologique de Londres* fondée en 1807, marchant sur les traces de sa sœur aînée, la *Société royale*, s'est toujours maintenue depuis à la hauteur de la mission qu'elle s'était donnée. Elle a offert l'exemple d'une institution indépendante de toute administration, servant en quelque sorte d'école permanente aux uns, et ayant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des encouragements constants pour favoriser les publications des autres. Les mémoires qui composent les 5 volumes in-4° de la première série de ses *Transactions*, imprimée de 1811 à 1821, montrent aussi toutes les qualités d'exécution que nous avons souvent regretté de ne pouvoir signaler dans les travaux des géologues du continent : savoir, la multiplicité des cartes coloriées, des coupes ou profils tracés avec soin et dans des proportions relatives se rapprochant de la nature, des vues ou paysages qui contribuent à faire saisir les caractères physiques et l'aspect du pays, enfin tous les détails qui prouvent comment; dès l'origine, cette Société avait compris son rôle, et comment ensuite elle l'a rempli pendant plus d'un demi-siècle au plus grand avantage de tous.

§ 2. ÉCOSSE.

Exposition. — L'histoire de la géologie en Écosse offre un contraste frappant avec ce que nous venons de voir en Angleterre. On ne concevrait pas cette singularité entre deux peuples qui parlent la même langue, sont depuis longtemps réunis sous le même sceptre, et ne sont séparés que par une petite chaîne de montagnes, si, à l'antipathie que l'Écosse a pu conserver contre sa puissante voisine, ne se joignaient des différences profondes dans les caractères géologiques dominants des deux pays. C'est bien ici que l'on reconnaît l'influence immédiate de la nature sur la direction de la science; l'exemple est aussi manifeste qu'en Saxe et dans la région du Harz.

L'Écosse, pays essentiellement montagneux, formé de roches anciennes pénétrées çà et là de roches cristallines, dont les côtes sont partout profondément découpées, bordées d'une ou plusieurs chaînes d'îles, disposées en guirlandes élégantes et variées, où les phénomènes ignés ont associé partout

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

leurs produits aux roches schisteuses cristallines, argileuses, arénacées ou calcaires, l'Écosse, disons-nous, présente sous son ciel brumeux, à l'œil du géologue comme à celui du simple voyageur, les aspects à la fois les plus sévères, les plus pittoresques et les plus variés. Ces diverses circonstances suffisaient, on le conçoit, pour imprimer aux études des naturalistes du pays un caractère propre; mais si maintenant à ces particularités de nationalité, de situation géographique, de climat, de composition et de relief du sol, on ajoute ce double fait, que les principes de Werner y avaient des partisans tellement influents et dévoués, qu'une Société scientifique fut fondée sous le patronage même du professeur de Freyberg, tandis que ce fut précisément en face de cette école que prit naissance et se développa la théorie de Hutton, qui lui était directement opposée, on comprendra que la ville d'Édimbourg, dont la Société royale fut créée en 1763, réunissait dans ses murs les éléments de discussion scientifique les plus propres à piquer la curiosité. En effet, l'histoire de la géologie, vers la fin du siècle dernier et dans les vingt premières années de celui-ci, y présente un tableau que nous chercherions vainement ailleurs. Pour éviter toute confusion et pour en faire mieux saisir au lecteur les diverses parties et les différents aspects, nous traiterons successivement : 1° des *théories géologiques;* 2° de la *géologie descriptive;* 3° de la *description des divers groupes d'îles* qui entourent l'Écosse à l'ouest et au nord.

Théories géologiques. — J. Hutton. — C'est surtout aux observations et aux idées théoriques de Hutton, puis aux recherches expérimentales de sir J. Hall que l'école écossaise doit son originalité et son plus grand éclat.

J. Hutton, né à Édimbourg le 3 juin 1726 et mort le 26 mars 1797, chimiste et observateur exact, publia en 1777 son premier mémoire géologique sur la nature, la qualité et la distinction de la houille et du *culm*. Divers voyages exécutés sur le continent et dans les îles Britanniques, mais

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

surtout une étude particulière de son pays natal, l'avaient préparé à la conception d'une théorie qu'il exposa devant la Société royale d'Édimbourg au printemps de 1785, sous le titre de *Théorie de la terre ou recherches des lois observables dans la composition, la dissolution et la reformation des roches sur le globe* [1].

L'auteur ne remonte pas à l'origine des choses et se borne à étudier les changements que les corps ont éprouvés depuis l'établissement de l'ordre actuel, en tant que les preuves de ces changements peuvent être encore observées.

Le premier fait général qui semble l'avoir frappé, c'est que la plus grande partie des corps qui composent la croûte extérieure du globe montrent que celle-ci est formée de matériaux, de minéraux ou de corps organisés provenant d'une époque antérieure. Les dépouilles ou les ruines d'un ancien monde sont partout visibles et reconnaissables dans le monde actuel, et, quoiqu'on ne les retrouve pas dans chaque fragment de roche, elles sont si généralement répandues qu'elles ne permettent pas de douter que les couches qui constituent nos continents ne soient toutes formées aux dépens de couches plus anciennes.

Les roches actuelles, à l'exception de celles qui ne sont pas stratifiées, ayant toutes existé sous forme de matériaux meubles, rassemblés au fond de la mer, doivent avoir été consolidées et changées en pierres par l'effet d'une cause très-puissante et très-générale. Cette cause, c'est la chaleur souterraine, et Hutton répond aux objections que l'on pourrait lui faire à cet égard, en introduisant un principe nouveau : la pression exercée par le poids de la masse de l'Océan, qui doit avoir existé sur les points où les substances minérales ont été consolidées. La chaleur, quoique intense, ne pouvait volatiliser une partie de ces substances qu'à la surface et sous la faible pression de l'atmosphère. La même pression, en for-

1. *Transact. of the roy. soc. of Edinburgh*, vol. I, p. 209, 1788.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

çant ces substances à rester unies, put occasionner la fusion de quelques corps qui, dans les feux que nous produisons, seraient seulement calcinés.

Le troisième fait général sur lequel cette théorie est fondée est que les roches stratifiées, au lieu d'être horizontales ou presque horizontales, comme elles le furent sans aucun doute à l'origine, offrent aujourd'hui tous les degrés d'inclinaison possible et même sont verticales; en outre elles étaient autrefois au fond de la mer et sont actuellement élevées de plusieurs milliers de mètres au-dessus de sa surface. De ces circonstances, comme des brisures, des inflexions, des plissements des couches, on doit conclure qu'elles ont été soulevées par quelque force faisant expansion au-dessous d'elles. Cette force, qui a brisé le lit de l'Océan et soulevé, à 4800 mètres au-dessus de sa surface, les roches de son fond, dépasse tout ce que nous connaissons, mais semble se rapprocher plutôt de la cause des volcans et des tremblements de terre que de toute autre dont on voit les effets aujourd'hui. Ainsi, dans cette théorie, les dérangements des couches sont attribués à la chaleur agissant avec une grande force d'expansion et élevant les roches qu'elle avait d'abord consolidées.

D'autres preuves de dérangements fréquents survenus dans les roches sont les fentes remplies par des substances étrangères, les veines métallifères, les porphyres, les trapps, les granites en filons qui tous sont des matières plus ou moins cristallines et dépourvues de restes organiques. Les veines et les filons, généralement plus récents que les couches qu'ils traversent, ont aussi apporté avec eux les témoins des actions violentes qui ont accompagné leur arrivée et des désordres occasionnés dans les roches encaissantes. Suivant Hutton, les matériaux de tous les filons ont été fondus par la chaleur souterraine, puis injectés dans les fentes des roches dérangées de leur position première, conclusion qu'il applique nécessairement à toutes les masses de trapp, de porphyre, de gra-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nite, intercalées dans les strates ou élevées en pyramides. Ainsi, dans cette fusion et cette injection des roches non stratifiées, on a la troisième et dernière grande opération attribuée à la chaleur interne agissant sur les substances minérales.

Arrivé à ce point de son système, Hutton considère les changements que ces mêmes substances éprouvent au dehors. Toutes, sans exception, se détruisent, depuis les bords de la mer jusqu'au sommet des montagnes; depuis les argiles les plus tendres jusqu'aux quartzites les plus durs, toutes les roches sont sujettes à voir leurs parties se désagréger, et les corps ainsi ramenés à leurs éléments chimiques ou physiques sont entraînés par les eaux au fond des mers.

En comparant la première et la dernière de ces propositions, on voit que ce sont seulement deux degrés de la même série de phénomènes, que les substances qui composent la partie extérieure de l'écorce terrestre sont alternativement décomposées, désagrégées et reformées. De tels changements peuvent avoir été souvent répétés et il n'y a aucun débris, manquant actuellement parmi les minéraux ou les parties des roches, qui ne nous porte en pensée jusqu'aux continents futurs dont ceux de nos jours ne sont que les intermédiaires.

Nous voyons alors une succession de grands changements naturels dans les conditions de la surface de la terre, succession dont nous ne découvrons ni le commencement ni la fin, et qui s'accorde parfaitement avec tout le reste de l'économie de la nature. En effet, dans la série des animaux et des végétaux qui ont habité et couvert le globe, nous n'apercevons non plus ni commencement ni fin, et les mouvements planétaires, où l'astronome a porté notre pensée si loin dans l'avenir comme dans le passé du monde, ne nous montrent pas davantage le commencement ni la fin de l'état actuel des choses.

On ne peut pas supposer que les marques de ces époques subsistent; l'auteur de l'univers ne lui a pas donné de lois qui, comme celles des nations, portent toujours en elles le germe

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de leur propre destruction. Il n'a imprimé à ses œuvres aucun des caractères de l'enfance, aucun des signes de la vieillesse, aucun symptôme auquel nous puissions reconnaître leur durée passée ni leur durée à venir. De même qu'il a, sans aucun doute, donné un commencement au système actuel, de même il peut en placer la fin à quelque moment déterminé des temps, mais nous pouvons être assurés que ce grand événement ne sera point occasionné par les lois qui régissent le monde sous nos yeux et qu'il n'est indiqué par rien qui soit accessible à nos investigations.

Poursuivant ses vues théoriques sur l'action de la chaleur, Hutton appelle simple la fluidité des substances qui ne résulte pas de leur combinaison avec un dissolvant; d'où il suit qu'aucun corps de cette dernière nature n'a pu tenir en dissolution toutes les substances minérales, ni même toutes celles qui se trouvent souvent réunies dans un seul échantillon, et que, dans les corps composés de fragments d'autres corps, la consolidation a été si complète qu'elle n'a laissé aucune place à un dissolvant. Par conséquent la cause de la fluidité des roches ou des substances minérales, qui les a disposées ensuite à se consolider, doit avoir été telle qu'elle ait agi sur toutes, qu'elle n'ait occupé aucune place dans leur intérieur et cependant qu'elle ait pu les pénétrer, quelles que soient leur dureté et leur compacité; or la chaleur est la seule cause qui réunisse ces propriétés; c'est la seule par conséquent qui, sans contradiction manifeste, puisse avoir produit la fluidité et la consolidation des roches.

La découverte si importante de Black, communiquée à la Société philosophique d'Édimbourg au mois de juin 1755, savoir, que la chaux résultait du dégagement de l'acide carbonique, venait appuyer l'hypothèse de Hutton, car les calcaires soumis à une haute pression conservaient leur composition malgré l'élévation de la température, et la persistance de celle des couches calcaires dans la nature se trouvait expliquée.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ces idées eurent d'abord très-peu de retentissement, et plusieurs années s'écoulèrent avant qu'on s'en occupât, soit pour les approuver, soit pour les combattre. Elles étaient en effet présentées trop brièvement, n'étaient pas appuyées sur un assez grand nombre de faits eu égard au vaste champ qu'elles embrassaient, et elles étaient en outre opposées aux opinions reçues. Ajoutons que, dans ce travail, la description des phénomènes géologiques suppose chez le lecteur trop de connaissance de la chose décrite, et que le raisonnement y est quelquefois embarrassé par les soins même que prend l'auteur pour le rendre plus logique. Les faits sont présentés sans aucune préparation, sans transition des uns aux autres, sans aucun arrangement qui les fasse valoir, défauts qui, dans les écrits de Hutton, produisent une obscurité singulière, dit Playfair, pour ceux qui étaient habitués à l'entendre s'exprimer dans la conversation avec beaucoup de force, de clarté et de précision[1].

Malgré l'opinion de l'auteur sur la fluidité des roches ignées, ce ne fut en réalité qu'après ses observations dans le Glen-Tilt, en Perthshire, et dans le Glen-Alloway, qu'il se prononça sur l'introduction, à l'état de fluidité ignée, du granite dans les schistes qu'il a soulevés, brisés, dont il a enveloppé complétement des fragments, et au milieu desquels il a poussé de petites veines pénétrant entre les couches schisteuses[2]. La colline d'Arthur-Seat, près d'Édimbourg, lui avait fourni des exemples d'une autre nature[3].

Ses disciples reçurent le nom de *vulcanistes* ou *plutonistes*, par opposition à ceux de Werner appelés *neptunistes*; et, parmi les plus distingués, nous signalerons Playfair, qui a

1. Une seconde édition de la *Théorie de la Terre* a été publiée par Hutton en 1795. Elle renferme des preuves et des raisonnements plus détaillés et beaucoup d'applications du principe à l'explication des faits. Ces deux volumes ne complétaient pas cependant l'ouvrage; un troisième est resté manuscrit.

2. *Transact. roy. soc. of Edinburgh*, vol. III, p. 77-80, 1794.

3. *Ibid.*, vol. II, 1790.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

donné en 1802 une *Explication* de la théorie de son maître, travail remarquable à beaucoup d'égards, et sur lequel nous nous arrêterons un instant.

Après avoir cité les coquilles fossiles trouvées en place dans la roche par D. Ulloa, près de la mine de mercure de Guanca-Velica, au Pérou, à 2222 toises d'altitude, Playfair se demande si ce changement de niveau relatif de la terre et de l'eau doit être attribué à l'abaissement de la mer, ou bien à l'élévation des strates eux-mêmes, et il se prononce pour cette dernière supposition. Les raisons qu'il en donne sont des plus plausibles, et il cite à l'appui le passage de de Saussure relatif aux poudingues de Valorsine (*antè*, p. 49). Puis il ajoute : « Rien de mieux fondé que ce raisonnement, et, « si son ingénieux auteur l'avait poursuivi plus systématique- « ment, il l'aurait conduit à une théorie des montagnes très- « peu différente de celle que nous cherchons maintenant à « expliquer. » Car s'il est prouvé que quelques lits, aujourd'hui verticaux, ont été formés horizontalement, il n'y a pas de raison pour ne pas adopter la même conclusion pour tous.

Quant au résumé le plus simple et le plus explicite des idées de Hutton, son élève s'exprime ainsi : « Hutton, dit-il, « attribue aux phénomènes de géologie un ordre semblable à « celui qui existe dans les opérations de la nature qui nous « sont les plus familières; il produit les mers et les conti- « nents, non par accident, mais par l'action de causes régu- « lières et uniformes. Il fait servir la destruction d'une partie « au rétablissement d'une autre, et il donne de la stabilité au « tout, non en perpétuant les individus, mais en les reprodui- « sant par succession. » C'est en effet la manière la plus large, la plus simple et la plus conforme aux faits généraux connus alors, et que les découvertes ultérieures sont venues justifier.

L'incandescence de l'intérieur du globe et son refroidissement graduel, quoique excessivement lent aujourd'hui, donnant lieu, par l'expansion des gaz et des matières fluides, au

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

déplacement, au soulèvement et à l'inclinaison des roches stratifiées, complètent un système parfaitement ordonné dans ses diverses parties, parce que les éléments et les forces qui agissent fonctionnent dans leurs attributions spéciales, suivant leurs véritables propriétés, simultanément, dans les limites de leur pouvoir. Ce système est donc préférable à celui de Werner en ce qu'il est moins exclusif, fait la part plus juste entre les divers agents qui concourent au résultat commun, et doit être, par conséquent, plus près de la vérité.

James Hall. — Sir James Hall [1], dont les expériences de physique, appliquées à la géologie, sont restées fondamentales dans la science, reconnut aussi que la pénétration du granite en nombreux filons dans les schistes prouvait qu'il devait s'être trouvé à l'état liquide, et que cette circonstance, comme toutes celles analogues qu'il avait observées en Italie pour d'autres roches, venait confirmer la théorie de Hutton. Aussi ajoute-t-il qu'il y a à peine en physique une vérité établie sur des bases plus solides, et que la publication de la *Théorie de la Terre* doit marquer une époque très-importante dans l'histoire de cette branche de la philosophie naturelle. Il avait remarqué fort bien d'ailleurs que, dans les granites, les cristaux de feldspath, malgré leur plus grande fusibilité, étaient enveloppés souvent dans le quartz amorphe.

A l'hypothèse que les granites, les porphyres et les basaltes avaient dû couler dans un état de fusion parfaite, pour occuper les positions qu'on leur voit aujourd'hui, on avait opposé que toutes les matières fondues artificiellement dans les expériences donnent, en se refroidissant, un verre ou une substance à cassure essentiellement vitreuse, et non une cassure grenue avec des cristaux plus ou moins bien formés. Aussi Hutton avait-il invoqué l'effet de la pression des masses supérieures pour expliquer ces derniers caractères; mais sir J. Hall fit à ce sujet un très-grand

1. *Ibid.*, vol. III, p. 94, 1794.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nombre d'expériences parfaitement concluantes, en démontrant que la même substance devenait cristalline ou vitreuse suivant que le refroidissement était lent ou rapide[1]. Or on conçoit que, vu la faible conductibilité des roches, le refroidissement des matières fluides injectées a dû, dans le plus grand nombre de cas, être excessivement lent. Ces expériences ont été faites sur un grand nombre d'échantillons de diverses roches trappéennes (*whinstone*) et porphyriques. Le basalte, fondu d'abord et refroidi brusquement, a donné un verre, lequel, fondu une seconde fois, mais refroidi alors très-lentement, a reproduit le basalte primitif avec tous ses caractères. La variété des essais ayant constamment amené les mêmes résultats, l'auteur n'a point hésité à les généraliser, à attribuer la même propriété à toutes les roches cristallines, réfutant ainsi les arguments invoqués contre la fusion souterraine des roches.

Les expériences faites avec des laves provenant de volcans différents ont amené des résultats identiques, et prouvé le peu de valeur des opinions de Dolomieu et de Kirwan contre l'intensité de la chaleur du feu des volcans pour fondre les roches, laquelle, au contraire, doit être supposée atteindre une très-grande élévation. La comparaison des trapps de l'Écosse avec les laves porte l'auteur à les regarder comme des produits identiques. Kennedy avait déjà montré que la proportion de la soude (4 à 5 0/0) y était la même. Ces deux sortes de roches ont coulé par l'action de la chaleur qu'elles ont éprouvée, et elles ne diffèrent, dans l'opinion de J. Hall comme dans celle de Hutton, que par suite des circonstances différentes dans lesquelles elles se sont trouvées. Le premier compare encore aux trapps les filons verticaux de lave compacte traversant les nappes amphigéniques de la Somma, qui entoure le Vésuve au nord.

Les idées de Hutton sur les effets de la compression pro-

1. *Ibid.*, vol. V, p. 43, 1805. Mém. lu en 1798.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

voquèrent encore, de la part de son savant compatriote, des expériences non moins curieuses que les précédentes, qui furent exécutées de 1801 à 1803 avec une persévérance et une variété de procédés bien rares et bien propres à en relever le mérite. Sir J. Hall[1] mit d'abord du carbonate de chaux, à diverses reprises, dans des tubes de porcelaine fermés, et qu'il portait à une haute température, mais il n'obtint que des résultats incomplets; le calcaire était endurci et non fondu, ou bien une partie de l'acide carbonique s'était dégagée. Mais ayant ensuite employé des tubes en fer forgé d'une grande résistance, il parvint à y faire fondre et cristalliser le carbonate de chaux. Ces expériences, on le conçoit, donnaient un grand appui à la théorie de Hutton, dont les volcans actuels n'étaient plus qu'un cas particulier, et sir J. Hall ne manqua pas de faire l'application de ses résultats à ces derniers.

Enfin, le savant expérimentateur, frappé des plissements et des contournements que présentent les couches schisteuses anciennes de l'Écosse et même de leur position verticale, surtout dans le voisinage des éruptions granitiques, a cherché à se rendre compte de ces effets au moyen de dispositions ingénieuses qui, depuis quarante ans, ont été reproduites dans tous les livres élémentaires. Il a fait voir comment un certain nombre de pièces d'étoffe représentant des couches, soumises à des pressions latérales en même temps qu'elles supportaient un poids considérable, pouvaient prendre dans leurs plissements des dispositions parfaitement comparables à ce que l'on observe dans la nature[2].

J. Hall s'est aussi occupé, dans son mémoire sur les révolutions de la terre[3], du transport des blocs erratiques des Alpes. Il les suppose d'abord apportés des sommets des montagnes ou de la base des glaciers dans les vallées par les

1. *Transact. roy. soc. of Edinburgh*, vol. V, p. 71, 1805.
2. *Ibid.*, vol. VII, p. 79, 1815.
3. *Ibid.*, p. 139 et 171.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

eaux, aidées de la glace qui les entourait et au moyen d'un flot ou d'une vague puissante; ensuite, le soulèvement des montagnes les aurait portés aux niveaux où on les observe aujourd'hui sur les flancs du Jura[1]. Cette explication était certainement très-plausible alors qu'on ne connaissait pas l'âge relatif de ce soulèvement. La seconde partie de ce travail est consacrée à la description des dépôts diluviens aux environs d'Édimbourg.

Jameson. — Jameson semble avoir été le représentant le plus actif de l'école de Werner, en Écosse; ses travaux nombreux appartiennent à presque toutes les parties de la science, et, pour ne parler ici que de ceux qui se rapportent à des points plus ou moins théoriques, nous rappellerons que, dans ses observations minéralogiques et ses réflexions sur la stratification et sur les veines[2], il admet le remplissage de ces dernières par *en haut*, et a *toujours*, *dit-il*, regardé leur remplissage par en bas et par la chaleur souterraine, comme n'étant pas soutenable; on voit ici dominer évidemment l'influence des idées du maître. Dans un mémoire antérieur, il s'était occupé des veines contemporaines[3]. La présence de l'anthracite et du *black coal* dans les contrées de roches primaires, où aucun fossile n'avait encore été rencontré, les lui faisait regarder comme des dépôts chimiques.

Géologie descriptive. — Si nous passons actuellement aux travaux de géologie descriptive sur l'Écosse, nous aurons à regretter d'abord de n'avoir pu étudier deux ouvrages considérables du savant dont nous venons de parler en der-

1. Rappelons ici que le mode de transport de ces blocs signalés vers le milieu du siècle dernier par Arduino et par Bourguet, qui préoccupa de Saussure, de Luc, L. de Buch et tant d'autres savants, qui devait passionner encore si vivement les géologues cinquante ans plus tard, avait été nettement entrevu, dès 1802, par Playfair, qui l'attribuait à l'extension d'anciens glaciers traversant le lac de Genève et la grande vallée suisse, pour former un vaste plan incliné des sommités des Alpes à celles du Jura (Voy. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 237, 1849).

2. *Mem. of the Wernerian Society*, vol. II, p. 221, 1814.

3. *Ibid.*, vol. I, p. 1, 1811.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nier lieu : sa *Description minéralogique de l'Écosse* [1] et ses *Voyages à travers l'Écosse, dans les îles Orkney et dans les îles occidentales* [2]. On lui doit ensuite de nombreux mémoires détaillés, dans lesquels la terminologie comme les idées dominantes sont toujours celles de Werner. Tels sont ses travaux sur la minéralogie des collines de Pentland [3], sur les conglomérats et les brèches [4], sur les porphyres [5], dont il retrouve en Écosse plusieurs des cinq espèces admises par le professeur de Freyberg, sur l'île d'Arran, les grès de Rosay, de Sky, etc.

Dans sa description géognostique du Lothian et du nord du Berwick, où il mentionne particulièrement le grès rouge et le terrain houiller, on retrouve toujours l'application pure et simple des idées du maître, et rien de plus [6].

Ch. Mackensie, Imrie. — Ch. Mackensie [7], suivant la même voie, décrit les monts Ochil, limite méridionale des Grampians, comme composés de grès rouge, d'amygdaloïde, de grès gris, de calcaire, de schiste argileux, de *claystone*, de tuff, de phonolite (*basaltic clinkstone*), de diorite, de porphyre argileux, de porphyre feldspathique et de feldspath compacte. Dans son essai sur le district méridional du Stirlingshire, Imrie [8] donne une coupe de la colline de Murray's Hall, où les trapps colonnaires reposent sur des trapps massifs et ceux-ci sur les grès, les schistes argileux, les calcaires et les schistes bitumineux. Le même observateur a décrit les poudingues qui longent le pied des Grampians [9], et, plus tard, la série des couches que l'on observe en montant des plaines du Kincar-

1. In-4°, Edinburgh, 1814.
2. 2 vol. in-8°, *ibid.*, 1821.
3. *Mem. of the Wernerian Society*, vol. II, p. 178, 1814.
4. *Ibid.*
5. *Ibid.*
6. *Ibid.*, p. 618, 1818. — *Ib.* Vol. III, p. 225.
7. *Ibid.*, vol. II, 1814.
8. *Ibid.*, p. 24.
9. *Transact. roy. soc. of Edinburgh*, vol. VI, p. 3, 1806.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dineshire au sommet du Battoc, l'un des points les plus élevés de la partie orientale des Grampians. La planche, jointe à ce mémoire, est une ingénieuse représentation graphique ou projection horizontale de tout ce que l'auteur a noté, depuis le niveau de la plaine jusqu'au sommet de la chaîne. C'est un plan infiniment instructif, qui dispense en quelque sorte de texte.

Ogilby, T. Allan. — Ogilby s'est occupé des diorites[1] et des veines les plus récentes de la formation du *flœtz-trapp* de l'est du Lothian[2]; A. Bald a traité, à deux reprises, du terrain houiller du Clack-Mananshire, de la forme de celui de la Grande-Bretagne et des monts Ochils au Forth[3]. Ce travail est accompagné de plans et de coupes faites avec beaucoup de soin, et qui sont la meilleure recommandation pour les travaux de ce genre. T. Allan[4] a bien étudié les roches des environs d'Édimbourg, au point de vue des théories opposées de Werner et de Hutton; et, dans ses remarques sur le terrain de transition du premier de ces savants, remarques faites à la suite d'études comparatives dans le Cornouailles, le Devonshire, etc., il associe les *killas* de ces pays à ce terrain, et montre que le granite lui est souvent postérieur.

Playfair, Webb Seymour, Macculloch. — L'un des points les plus intéressants de l'Écosse, et qui avait attiré souvent l'attention de Hutton, la vallée de Glen-Tilt, dans le Perthshire, fut encore l'objet d'études spéciales de la part de géologues distingués, et qui publièrent presque en même temps les résultats de leurs recherches. Playfair et lord Webb Seymour ont donné un travail très-détaillé sur les roches primaires et sur leurs relations avec les granites[5]; et, de son côté, Mac-

1. *Mem. of the Wernerian Society,* vol. I, p. 126, 1811.
2. *Ibid.*
3. *Ibid.,* vol. III, p. 123, 1821.
4. *Transact. roy. soc. of Edinburgh,* vol. VI, p. 405, 1806; vol. VII, p 109, 1815.
5. *Ibid.,* vol. VII, p. 303, 1815.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

culloch[1] a donné de cette vallée classique une excellente carte et de nombreuses coupes, mettant en évidence la pénétration du granite dans les schistes et les calcaires, s'y ramifiant sous mille formes et dans les conditions les plus variées.

Paléontologie. — Par la nature même des choses, l'étude des fossiles ne devait entrer que très-tardivement dans l'histoire de la géologie de l'Écosse; aussi ne trouvons-nous guère à mentionner ici qu'une tige végétale de $0^m,30$ de diamètre, s'élevant sur une hauteur de 12 mètres à travers les couches de houille et de schistes du bassin d'Édimbourg, signalée par Grierson[2], avec quelques autres de moindre dimension, puis une défense d'Éléphant, trouvée au mois de juillet 1821 en creusant l'Union-Canal, à 5 mètres de profondeur, dans le dépôt de transport ancien de la vallée[3]. Une autre, avec des ossements du même animal, fut recueillie, accompagnée de coquilles marines, dans un dépôt semblable du Ayrshire, au mois de janvier 1817.

Iles de l'Écosse. — Jameson. — Le nombre, la disposition, les caractères orographiques et géologiques si remarquables et si variés que présentent les îles dont les côtes d'Écosse sont bordées à l'ouest et au nord, et qui semblent même n'en être que le prolongement dans l'une et l'autre direction, devaient, on le conçoit, attirer de bonne heure et fréquemment l'attention des naturalistes et surtout des géologues. C'était une bonne fortune pour la théorie de Hutton, que cet immense développement de roches trappéennes, stratifiées ou massives, prismatiques, colonnaires ou amorphes, recouvrant les roches secondaires en nappes horizontales, ou bien traversant leurs strates en filons verticaux sans y produire le moindre dérangement. Les études sur ces divers groupes d'îles ont donc été très-multipliées, et nous devons au moins rappeler ici les plus intéressantes.

1. *Transact. geol. soc. of London*, Ire série, vol. III, p. 259, 1816.
2. *Mem. of the Wernerian Society*, vol. III, p. 156, 1821.
3. R. Bald., *ibid.*, vol. IV, p. 58, 1822.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans sa *Minéralogie des îles d'Écosse*[1], Jameson a donné, sous forme d'itinéraire, la description pétrographique, à la manière de de Saussure et sans aucune vue théorique, de la route d'Édimbourg à Glascow et à Ailsa; puis, passant dans l'île d'Arran, il signale des coquilles dans certaines couches argileuses, sans se préoccuper de leur âge. Dans l'île de Mull, il mentionne les Bélemnites du calcaire, considéré par ce motif comme du terrain de transition, et, au château de Duart, une assise puissante avec des Ammonites. L'auteur, après avoir visité quelques-unes des îles Orkney et des Shetland, traverse de nouveau l'Écosse pour compléter son itinéraire minéralogique qui est accompagné d'une carte sans aucun intérêt.

Hébrides. — J. Macculloch. — Mais un travail bien autrement important, et que l'on peut regarder comme un des plus remarquables de ceux qui ont paru dans les vingt-cinq premières années de ce siècle, est la *Description des îles occidentales de l'Écosse*, par John Macculloch, accompagnée de 11 planches de vues, de 23 planches de coupes et de 10 cartes[2]; nous essayerons d'en donner ici une idée.

L'auteur range les Hébrides dans cinq groupes désignés par leur caractère géologique dominant, sous les noms de *groupes du gneiss*, *du trapp*, *du grès*, *du schiste* et des *îles de la Clyde*. Les quatre premiers sont parfaitement naturels, les îles de chacun d'eux étant composées de roches semblables et affectant les mêmes caractères géographiques; le cinquième doit sa dénomination à la place qu'il occupe par rapport au littoral de l'Écosse.

Dans ce dernier pays, la direction N.-E., S.-O., non-seulement des côtes occidentales, mais encore des vallées et des montagnes, est frappante; or le même caractère se retrouve dans les îles qui les bordent. Dans beaucoup de cas, les

1. 2 vol. in-8°, 1800.

2. *Description of the western islands of Scotland*, 2 vol. in-8°, et atlas, Londres, 1819.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

couches le présentent aussi (île de Sky, etc.), mais dans d'autres (île de Bute) la coïncidence n'existe pas.

Le premier groupe comprend les *îles de gneiss*, dont la plus grande partie constitue la chaîne des îles occidentales, presque identiques d'un bout à l'autre; puis Coll, Terey, et, très-près de Mull, Jona, en sont des démembrements. Macculloch étudie successivement tous les éléments constituant ce groupe, depuis ces dernières îles et Barra-Head jusqu'à Sulliker et North-Rona, les plus septentrionales de la chaîne. Après une description détaillée, il présente des remarques générales sur les roches qui les composent essentiellement, et qu'il divise en deux variétés principales : l'une de structure granitique, l'autre de structure schisteuse. La stratification générale, dirigée comme en Écosse, est surtout apparente dans la variété schisteuse, de même que dans les micaschistes, les quartzites et les schistes argileux. Les variations dans l'inclinaison coïncident avec celles de la direction, et se voient particulièrement dans la variété granitique. Les unes et les autres sont pénétrées de veines de granite qui les caractérisent en quelque sorte, ne se montrant guère dans les schistes micacés que lorsqu'elles proviennent de quelque masse granitique voisine. Abondantes surtout dans le gneiss granitique, elles y sont diversifiées à l'infini par leur nombre, leurs dimensions et leurs ramifications en réseau. Les contournements du gneiss sont toujours en rapport avec le nombre et l'importance des veines; aussi la variété schisteuse est-elle beaucoup moins accidentée que l'autre.

Ces veines sont parfois tellement multipliées que la roche primitive disparaît presque, comme dans les îles Flanman, et surtout le long de la côte nord-ouest, entre Loch-Laxford et le cap Wrath. Sur ce dernier point, aussi remarquable par son aspect pittoresque que par la netteté que présentent tous les résultats du phénomène et leurs dimensions, le schiste amphiboleux et le gneiss sont rompus en une multitude de fragments, enveloppés de toutes parts par les veines du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

granite, comme le sont les roches stratifiées dans l'île de Sky.

On voit donc que ces veines sont plus récentes que le gneiss qu'elles traversent. Dans le gneiss schisteux, elles en suivent souvent la direction; à leur passage, il se manifeste une inflexion si elles en suivent une autre. Il en est de même si c'est une masse calcaire qu'elles traversent; si c'est une masse serpentineuse, la veine participe à la nature de cette dernière. Le granite de ces veines est à grandes parties (feldspath et mica). La pegmatite est beaucoup plus fréquente dans les veines qui traversent le gneiss que dans les autres, et le feldspath y domine. Enfin le gneiss paraît être inférieur à toutes les roches primaires comme aux secondaires; le schiste micacé et les quartzites lui succèdent ordinairement, et reposent accidentellement sur le granite.

Macculloch termine l'étude de ce premier groupe par une classification pétrographique fort détaillée des diverses variétés et sous-variétés de la roche principale ou du gneiss, étude qui, comme on le conçoit, ne peut avoir qu'un intérêt local.

Le second groupe comprend un ensemble d'îles où les trapps dominent, mais sans que ce soit toujours à l'exclusion d'autres roches. Considérés en eux-mêmes, les trapps forment aussi deux massifs principaux qui ont pour centre l'île de Sky et l'île de Mull, et qui se rattachent l'un à l'autre par des îlots ou des parties de la côte d'Écosse. Les îles Shiant au nord et Saint-Kilda à l'ouest sont des points complétement détachés du groupe. Ce qui frappe d'abord dans ces îles, c'est leur non-conformité par rapport à la disposition générale des côtes au nord-est. Ce caractère est surtout remarquable dans l'île de Sky, dont la plus grande partie manifeste une direction différente de la plus petite. La première est formée de trapps, la seconde de roches stratifiées primaires ou secondaires qui se conforment à l'allure générale du relief de l'Écosse.

La comparaison générale de ces îles trappéennes fait voir

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que, malgré les caractères communs qui les relient en un groupe assez naturel, il y a quelques-uns de ceux-ci dans l'île de Sky et dans celles qui l'avoisinent, qu'on retrouve à peine dans l'île de Mull, plus géographiquement reliée à la côte voisine de l'Écosse. Les relations des premières avec celle-ci sont dues aux roches primaires seulement, tandis que les relations de l'île de Mull sont dues aux roches secondaires et aux trapps qui les recouvrent. Il en résulte, dans les unes et dans les autres, un arrangement différent, auquel d'ailleurs ne participent nullement les îlots, qui, comme Staffa et Saint-Kilda, n'offrent point de roches stratifiées.

Dans les divisions nord des îles trappéennes, on trouve à la fois des exemples de roches primaires et secondaires, c'est-à-dire des gneiss et des grès, puis des calcaires à Gryphites ou du lias, et les couches arénacées qui les surmontent. Les deux premières roches se prolongent suivant la même direction N.-E., en Écosse, où le grès alterne avec le gneiss, circonstance anomale qui n'a été comprise et expliquée que dans ces derniers temps. Tous ces massifs de grès isolés aujourd'hui, soit dans ces îles, soit sur les côtes voisines, si profondément découpées, ont donc fait partie d'un seul et même tout.

Le prolongement des calcaires secondaires doit se terminer entre Sky et Rum, au S.-O., où ils ne paraissent pas, et à Rasay, au nord, ce sont des couches plus récentes que le lias, qui reposent évidemment sur le grès rouge primaire. Dans ces îlots microscopiques de Shiant, perdus au milieu des flots, on découvre encore des argiles à Bélemnites sous les trapps et des argiles grises avec des lits de schistes siliceux semblables à ceux de Sky. Ce sont donc aussi des portions isolées d'un même tout, à moins qu'elles ne se réunissent sous la mer, ce qui semble d'ailleurs peu probable. Quoi qu'il en soit, ces lambeaux qui bordent une plus ou moins grande partie des îles Shiant, de Sky, de Rasay et de Scalpa, n'ont aucun représentant sur les côtes opposées de l'Écosse, si ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

n'est dans le loch Greinord, bien loin vers le N., où s'observent deux petits lambeaux isolés de même nature.

Macculloch fait remarquer que, malgré des dérangements locaux, il y a, dans la position de ces couches, une conformité et un ensemble de caractères communs qui permettraient difficilement de regarder ces diverses portions, aujourd'hui distinctes, comme s'étant formées d'une manière isolée et indépendante les unes des autres dans un aussi grand espace.

Quelle que soit la position des roches non stratifiées par rapport aux roches sédimentaires, on voit que ces dernières en sont complétement indépendantes, et n'ont été nullement influencées par l'arrivée des premières. La position des couches est due à une autre cause antérieure aux trapps. Les dérangements occasionnés par ceux-ci ne s'observent que jusqu'à une fort petite distance des points où ils coupent les couches, ou bien y étendent leurs ramifications. Aucune dislocation n'a affecté les trapps et les roches stratifiés par un mouvement commun ou postérieur à tous deux. Il n'y a aucun signe de dérangement qui ne soit antérieur aux trapps, sauf les petits accidents occasionnés par les veines.

Maintenant quel laps de temps s'est écoulé entre les dépôts secondaires et l'apparition des roches ignées, les dislocations des premières étant antérieures à l'apparition des secondes, qui se sont introduites dans les vides que ces dislocations avaient préparés, pour s'étendre ensuite en recouvrant leurs ruines? C'est ce qui reste encore à déterminer.

Nous ne suivrons pas le savant auteur dans les descriptions non moins intéressantes qu'il donne des trois autres groupes d'*îles de grès*, d'*îles schisteuses* et de celles de *l'embouchure de la Clyde*, y compris l'île de Man; il nous a suffi de montrer, par quelques exemples, la manière dont il avait compris et traité son sujet. Si l'on se reporte maintenant au temps où Macculloch observait et écrivait, on ne pourra méconnaître dans son travail l'une des œuvres scientifiques les plus complètes qui aient encore paru. Précision des faits, exac-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

titude des détails nombreux et variés, aperçus sobres de toutes déductions théoriques et n'allant jamais au delà de ce qui est probable; observations généralisées et résumées à la fin de chaque sujet principal; dessins, coupes, cartes à grande et à petite échelle, exprimant graphiquement les caractères extérieurs et les relations des roches, toutes ces qualités, que l'on trouve dans la *Description des îles occidentales de l'Écosse*, en font un livre qui peut être encore présenté comme un excellent modèle aux géologues de nos jours.

Orcades ou **Orkneys. — Jameson.** — Les Orcades, placées sur le prolongement de la pointe nord-est de l'Écosse, constituent un groupe d'îles étudiées par Jameson [1], et présentant toutes les grès anciens qui forment cette même pointe. Ces roches quartzeuses, arénacées, plus ou moins micacées et schisteuses, rougeâtres, blanchâtres ou jaunâtres, avec des poudingues subordonnés, désignées plus tard sous le nom de vieux grès rouge (*old red sandstone*), n'ont acquis leur célébrité que lorsque leur place dans la série géologique générale a été bien déterminée, et qu'elles eurent présenté cette faune ichthyologique si curieuse, où l'on voit la classe des poissons apparaître avec les formes les plus étranges et les plus variées.

Shetland. — S. Hibbert. — Les îles Shetland, autre groupe d'îles nettement détachées des précédentes, mais les continuant géographiquement au N.-N.-E., offrent une composition beaucoup plus compliquée. Déjà étudiées partiellement par Jameson [2], Traill [3] et Fleming [4], elles doivent leur illustration particulière à un ouvrage très-détaillé et très-considérable du docteur Sam. Hibbert [5]. La *Description des îles*

1. *Travels.*
2. *Mineralogical travels through Shetland,* 1798.
3. *Mineralogical account* in the *Tour through Shetland* de Neill, 1803.
4. Voy. *Agricultural survey of Shetland* de Shirreff. — *Transact. Wernerian Society,* vol. I, 1808.
5. *Description of the Shetland islands,* 1 vol. in-4°, avec carte géologique, coupes et dessins, Edinburgh, 1832.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Shetland est précédée d'un *Essai préliminaire sur la stratification*, puis divisée en quatre itinéraires ou *iter*, comme il les appelle, et qu'il étudie séparément, mais dans l'examen desquels il serait, on le conçoit, impossible de nous engager. Les principaux résultats de ses recherches ont été exprimés sur une carte géologique non coloriée, qui n'a point, par conséquent, toute la clarté désirable, et qui n'est pas non plus accompagnée d'explication ou de résumé général propre à faire ressortir ce que le travail avait de plus important. Cependant, pour donner au moins une idée des principaux résultats géologiques de l'ouvrage de Hibbert, exécuté certainement avec un grand soin, nous exposerons brièvement, d'après sa carte, la distribution géographique des différentes roches qui y sont indiquées.

Le gneiss est la roche dominante dans toutes ces îles, et doit constituer aussi le fond de la mer qui les entoure; mais on trouve une grande variété de roches différentes stratifiées ou massives, schisteuses et argileuses, ou bien granitiques et cristallines, soit adossées à ses strates, soit les traversant ou y étant subordonnées.

Ainsi, dans la presqu'île méridionale de Mainland, une bande de grès et de conglomérats, regardés, les uns comme secondaires, les autres comme primaires, est dirigée presque N.-S., dans le sens de la presqu'île, depuis son extrémité jusqu'à l'île Bressay, sur sa côte orientale. Au-dessous sont indiqués, par places, des micaschistes, des schistes chloriteux et des calcaires. L'axe de cette même presqu'île serait composé de schistes argileux, représentés sur une autre carte[1], par des roches trappéennes d'une époque indéterminée. Sur le bord occidental règnent des roches amphiboliques, quartzeuses, et une bande de roches épidotiques et syénitiques, qui coupe l'extrémité sud de la presqu'île, se dirige en remontant au N.-N.-O., et comprend un certain nombre d'îlots de la baie de Scalloway.

1. Boué, *Essai géologique sur l'Écosse.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans la partie centrale et nord de cette même île de Mainland, on trouve, intercalées dans le gneiss, trois principales bandes calcaires dirigées presque N.-S., et, dans sa partie orientale, des bandes calcaires moins étendues; d'autres avec quartz et amphibole, se recourbant au N.-E., alternent avec les schistes argileux. On observe également des bandes calcaires subordonnées au gneiss des petites îles Whalsey et Skerries. Dans la partie opposée ou occidentale de Mainland, au delà de la bande syénitique et épidotique dont nous avons parlé, se montrent le granite, puis un massif de quartzite gris bleuâtre, un autre de quartzite rouge, enfin, des grès et des gneiss faisant face aux côtes de la petite île de Papa-Stour, composée de grès, de conglomérats et de couches argileuses porphyroïdes et amygdaloïdes.

La partie nord-ouest de Mainland comprend une bordure de gneiss à l'est, un massif de syénite et de diorite au sud, circonscrit au nord et à l'ouest par le granite, puis un massif de roches trappéennes, feldspathiques et porphyriques, limitant la baie de Saint-Magnus au nord, comme les falaises de gneiss au sud et les rochers de Papa-Stour.

L'île de Yell, au nord de Mainland, est entièrement composée de gneiss, tandis que celle d'Unst, la plus septentrionale du groupe, et celle de Fetlar, située au-dessous de cette dernière, montrent, appuyées au gneiss qui constitue leurs côtes occidentales, des bandes de serpentine, de roches diallagiques, de schistes chloriteux ou micacés alternants, et plus ou moins arquées dans le même sens ou à l'est.

Quant à l'île de Foula, fort éloignée à l'ouest du groupe principal, elle est en grande partie composée de grès et présente, le long de sa côte nord-est, une zone étroite de schistes argileux, de micaschistes, de gneiss et de granite, résumant ainsi à elle seule les principaux caractères de toutes les Shetland.

Observations générales. — Les divers groupes d'îles dont nous venons de nous occuper sont sensiblement allongés du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

N.-E. au S.-O., comme les parties de l'Écosse qu'elles avoisinent, ou sur le prolongement desquelles elles se trouvent, et cette direction est sensiblement aussi celle des côtes et des Alpes de la Scandinavie. Mais si, au lieu de les considérer orographiquement ou géographiquement, nous avons égard aux caractères essentiels des roches et à leur origine, un fait particulier se révèle. On se rappelle la disposition du *second groupe* de Macculloch, composé des îles Hébrides, où dominent les roches trappéennes. Or ces roches ne suivent point au N.-E. les autres groupes; elles ne se conforment nullement à cette grande direction des roches stratifiées plus ou moins anciennes; on voit, au contraire, qu'au sud d'Isla et de Jura elles se représentent pour constituer des massifs puissants dans la partie nord-est de l'Irlande (comtés d'Antrim et de Londonderry), de sorte que l'alignement des massifs trappéens est sensiblement N.-S., et leur apparition n'a aucun rapport avec la cause des alignements généraux ou N.-E. Aussi est-ce en remontant directement au nord que nous trouverons, sur le prolongement exact du second groupe de Macculloch, un autre petit archipel trappéen, les îles Féroë, placées à peu près à demi-distance des Shetland et de l'Islande, mais se rattachant aussi par leur origine à cette dernière.

Féroë. — T. Allan. — Sir G. Mackensie[1] avait déjà donné une relation de quelques faits géologiques observés dans ces îles; mais T. Allan[2] en a donné une description plus étendue à laquelle nous emprunterons ce qui suit pour relier ce que nous avons dit du sud de l'Islande (*antè*, p. 80) avec les trapps des Hébrides.

Ce groupe, de 60 milles de long sur 40 de large, est exclusivement composé de roches ignées, sauf quelques couches de lignites peu importantes qu'on y trouve subordonnées. Les variétés de trapps qui constituent ces îles sont désignées

1. *Transact. roy. soc. of Edinburgh*, vol. VII, 1815.
2. *Ibid.*, vol. VII, p. 251, 1815.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

par l'auteur sous les noms de *greenstone*, de *greenstone porphyrique*, *amygdaloïde*, de *tuf trappéen* et de *porphyre schisteux*. On y observe quelques dykes de basalte, mais nulle part cette roche ne se présente en nappes ni en colonnes prismatiques, comme dans les Hébrides, à Staffa, et sur la côte d'Irlande. Les assises formées par ces différentes roches courent uniformément du S.-S.-E. au N.-N.-O., avec une si faible inclinaison au S. qu'on ne la reconnaît qu'en embrassant une grande étendue de pays.

Le tuf trappéen est la roche la plus répandue dans ces îles. Le plus grand développement du *greenstone* se voit à Zellatrac, dans l'île d'Osteroë, où l'assise, de même qu'à Fairhead, a 100 mètres d'épaisseur. L'aspect général des roches, par suite de leur disposition, est donc très-monotone, mais celui des montagnes qu'elles constituent est extrêmement sauvage et leurs formes très-abruptes. Aucune végétation arborescente ne croît dans le pays; les sommités sont coniques et atteignent 1000 mètres d'altitude. Les lignes des côtes offrent l'aspect le plus imposant par leurs immenses falaises verticales. Ainsi la face occidentale de Stromoë a de 300 à 600 mètres de hauteur; la falaise de Kodlen, promontoire nord-ouest d'Osteroë, présente une muraille exactement verticale de 343 mètres.

Dans ces roches la calcédoine se présente en masses irrégulières généralement arrondies, mamelonnées à la surface et offrant des zones concentriques à l'intérieur.

D'innombrables dykes ou filons traversent les nappes de trapps. Ce sont des *greenstones* grenus, formés en partie de concrétions prismatiques et presque tous perpendiculaires aux plans des assises. Beaucoup s'observent depuis la base jusqu'au sommet des montagnes et l'on en voit qui s'étendent d'une île à l'autre. On ne remarque à l'intérieur ni plaines ni vallées; toutes les surfaces, plus ou moins unies et en pente, ne permettent ni le séjour des eaux pluviales, ni l'accumulation d'aucun sédiment.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

L'inclinaison uniforme des assises trappéennes dans toutes ces îles, leur régularité et leur disposition symétrique ne laissent que difficilement apercevoir leur mode de formation, et l'on ne voit nulle part le point par où les matières épanchées ont pu arriver au jour. Les plus hautes montagnes sont aussi bien surmontées de nappes horizontales que les parties basses, et l'auteur avoue ne pouvoir se rendre compte d'une disposition aussi singulière.

Géologie générale. — A. Boué. — Enfin, comme pour résumer tous ces travaux, M. A. Boué a publié, vers 1820, son *Essai géologique sur l'Écosse*[1], dans lequel il a joint aux recherches de ses prédécesseurs de nombreuses observations qui lui sont personnelles. Après des considérations générales sur l'orographie et l'hydrographie de ce pays, il traite successivement de tous les terrains, depuis les granites et les schistes cristallins jusqu'aux dépôts d'alluvion; et, dans une troisième partie, qu'on pourrait appeler de *géologie comparée*, il recherche les analogies de ces divers terrains avec ceux d'autres pays tels que l'Irlande, l'Angleterre, la France, l'Allemagne, etc. Mais ici l'état encore trop peu avancé de la science ôte à ces généralisations prématurées beaucoup de leur importance. Dans une dernière partie l'auteur recherche l'origine, le mode de formation des divers terrains et des diverses roches, traite des veines, des filons et des accidents de toutes sortes qui ont affecté les systèmes de couches de ce pays.

Parmi les *desiderata* laissés par ses prédécesseurs, on pouvait signaler surtout une connaissance minéralogique plus approfondie des roches pyrogènes, désignées sous les noms vagues de *trapp*, de *whinstone*, de *grünstein*, etc., et de leurs relations avec l'ancienneté des dépôts stratifiés dans lesquels on les observe. M. Boué s'est efforcé de jeter quelque lumière

1. 1 vol. in-8°, sans date. Il semble avoir été écrit vers 1820, et d'un autre côté on trouve en tête un *Addenda* mentionnant un fait signalé en 1831 et d'autres se rapportant à l'année 1824.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sur ces deux questions restées obscures et nous paraît y avoir réussi dans beaucoup de cas, en mettant la terminologie de ces roches en harmonie avec celle usitée de ce côté du détroit et en commençant à distinguer les roches trappéennes et feldspathiques accompagnant les poudingues et les grès rouges d'avec les basaltes, les dolérites et autres roches pyroxéniques plus récentes. Si d'un autre côté la classification des grès rouges, des schistes argileux, des grauwackes et des grès houillers laissait encore beaucoup d'incertitude, c'est que ce fut seulement quinze ans plus tard que la lumière se fit sur ce sujet si complexe.

Résumé. — Une petite carte géologique d'ensemble de l'Écosse et des îles voisines et une autre orographique et hydrographique complètent utilement ce travail, qui montre qu'alors cette partie nord des îles Britanniques était, sous le rapport géologique, tout aussi avancée que la partie sud.

L'Écosse avait donné lieu à d'excellentes monographies, avait vu naître des idées théoriques élevées et originales et assisté à des expériences d'un vif intérêt pour les appuyer; sous ce dernier rapport elle l'emportait sur l'Angleterre. En outre la science y avait suivi une marche toute différente; s'appuyant d'abord sur les principes de Werner, dont elle adoptait la terminologie, elle s'attacha ensuite à démontrer, par l'étude des faits, la réalité de la théorie opposée de Hutton. La *Société wernérienne*, la *Société philosophique*, puis la *Société royale d'Édimbourg* ne firent pas moins pour elle que n'avaient fait la *Société royale* et la *Société géologique de Londres*. Ainsi, de chaque côté de cette petite chaîne des monts Cheviots, la géologie a marché d'une manière complétement indépendante, et, comme on vient de le voir, non moins fructueuse au nord qu'au sud.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 3. IRLANDE.

Paléozoologie. — T. Molyneux. — Moins avancée que ses voisines, l'Irlande avait cependant aussi donné lieu à des travaux d'une valeur réelle, surtout dans sa partie orientale et nord-est. Dès 1697, Thomas Molyneux[1] faisait représenter un crâne complet de Cerf avec ses bois de plus de trois mètres d'envergure. C'est l'espèce à laquelle on a donné depuis le nom de *Cerf à bois gigantesque* ou *C. megaceros*, trouvée d'abord dans le comté de Meath et sur beaucoup d'autres points de l'île, ensuite en Angleterre et sur le continent. Ce fossile, comme tous ceux qu'on a rencontrés depuis, gisait dans une marne coquillière au-dessous de la tourbe des marais. C'est, sans aucun doute, un des animaux les plus remarquables de la faune des mammifères qui a précédé immédiatement celle de nos jours.

Géologie. — Auteurs divers. — Si T. Molyneux fut prévenu d'une année par Richard Buckley[2] dans la découverte des célèbres basaltes colonnaires de la *Chaussée des Géants*, du comté d'Antrim, il ajouta beaucoup aux recherches de son prédécesseur et donna même un plan de la disposition de ces rochers curieux[3] dont Samuel Foley[4], puis Em. Acosta[5] et J. Hill complétèrent la description[6].

Les roches ignées ou basaltiques du comté d'Antrim et particulièrement de la côte de Portrush ont fréquemment attiré l'attention des géologues et des minéralogistes; la *Chaussée des Géants* n'a pas une moindre célébrité que la grotte de Fingal, dans l'île de Staffa. Elle fut étudiée par

1. *Philos. transact.*, n° 227.
2. *Ibid.*, n° 199, art. 4, 1693.
3. *Ibid.*, 1694, n° 235, 1697, n° 241, 1698.
4. *Ibid.*, n° 212, 1694.
5. *Natural History of fossils*, p. 261, n° 1.
6. *History of fossils*, p. 467, n° 4.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

W. Richardson[1], et plus tard J.-F. Berger, dans des notes publiées par Conybeare, en a donné une description plus complète[2]. Dans ses remarques sur les caractères des comtés du nord-est de l'Irlande, on trouve décrits successivement, parmi les roches primitives : le granite, le gneiss, le micaschiste, le calcaire primitif, le trapp primitif, le porphyre et la syénite, parmi les roches de transition : la grauwacke, le calcaire, le trapp et le vieux grès rouge (*old red sandstone*), parmi les *Flötz rocks* ou roches secondaires : le calcaire inférieur à la formation houillère (c'est le calcaire de montagne, *mountain limestone* des géologues anglais d'alors, et le calcaire carbonifère de ceux du continent), puis la formation houillère elle-même rangée encore, comme dans la classification de Werner, avec le terrain secondaire, ensuite le lias, le grès vert (*mulatto*) et la craie, dont le parallélisme avec les dépôts contemporains de l'Angleterre a été établi par W. Buckland, au moyen de leurs fossiles. L'auteur, sous le nom de *Flötz trapp*, désigne les roches basaltiques, tabulaires, colonnaires, les *greenstones*, les porphyres *clinkstone*, les wackes et les amygdaloïdes. Des lignites ou bois charbonnés y sont rencontrés çà et là.

Dans un mémoire subséquent sur les comtés d'Antrim et de Londonderry[3], Conybeare et Buckland ont donné une carte coloriée représentant la distribution des granites, du micaschiste, de la grauwacke, de l'*old red sandstone*, du *mountain limestone*, du grès rouge, de la craie et du *Flötz trapp*, puis une seconde carte destinée à montrer les rapports géologiques des parties opposées de l'Irlande et de l'Écosse, et enfin trois planches de coupes très-détaillées, indiquant les relations de ces divers terrains et des roches ignées.

T. Weaver. — L'auteur de quelques observations sur la minéralogie des environs de Cork, lues à la Société werné-

1. *Transact. roy. soc. of Edinburgh*, vol. V, 1805.
2. *Transact. geol. soc. of London*, vol. III, 1816, p. 121 et 223.
3. *Ibid.*, p. 196.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rienne en 1817[1], distinguait, dans ce comté, une grauwacke schisteuse, presque verticale, courant très-régulièrement de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., des calcaires bleuâtres foncés, courant dans la même direction, renfermant des fossiles (Nautiles, Spirifers, etc.), dont la liste était donnée telle qu'on pouvait la dresser alors, puis enfin des schistes argileux; mais ce fut le mémoire de T. Weaver *sur les relations géologiques de l'est de l'Irlande*[2] qui fit bien connaître cette partie orientale de l'île. Des vues panoramiques fort étendues, des coupes générales et particulières ou de détail très-soigneusement exécutées à des échelles déterminées proportionnelles, des plans, des cartes locales à grande échelle, et une carte géologique, rendent ce travail un des plus remarquables qui aient été publiés jusque-là, et l'un des plus intéressants par l'étendue et la variété des sujets, comme par la manière dont ceux-ci ont été traités.

Par son caractère même essentiellement descriptif ce beau mémoire est peu susceptible d'analyse. Comme les géologues d'Édimbourg, l'auteur y suit la terminologie de Werner. Ainsi, dans la *région primaire*, il décrit successivement le granite qui forme une chaîne N.-E., S.-O., de Dublin à la vallée de la Nore, puis les micaschistes qui affleurent sur une partie de ses bords, le schiste argileux, constituant deux régions de l'est et de l'ouest, bordant une grande partie de la côte de Wicklow, de Wexford, de Waterford et de Cork, pour se retrouver sur d'autres points au nord et à l'ouest. Les richesses métallifères de ces diverses roches sont ensuite étudiées et comparées avec soin.

Sous le nom de *région de transition*, Weaver comprend son schiste argileux, des conglomérats, des grauwackes ordinaires et schisteuses alternant avec des calcaires, des poudingues calcarifères, des trapps et des porphyres. On ne doit pas

1. *Mem. of the wernerian Society*, vol. III, p. 83, 1821.

2. *Transact. geol. soc. of London*, Ire série, vol. V, part. I, 1819, p. 117-304, pl. 6 à 15.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

s'étonner, ici plus qu'ailleurs, de l'espèce de confusion qui règne encore dans les relations de ces roches. Nous venons de dire que ce n'a été qu'assez longtemps après que la théorie de ces systèmes de couches anciennes a été développée avec une sagacité et une profondeur que nous ne manquerons pas de faire ressortir.

Sous la dénomination de *Flötz tract* ou région du *Flötz*, sont rangés successivement : l'ancien ou le premier *grès Flötz* (ancien grès rouge, *old red sandstone* des géologues anglais), puis le premier *calcaire Flötz* (calcaire de montagne ou *mountain limestone*, des mêmes géologues), la formation houillère qui offre un développement considérable de part et d'autre du cours de la Nore, et dont il mentionne les fossiles en renvoyant aux figures des ouvrages de Martin et de Parkinson. Enfin il décrit les dépôts de transport des vallées, étudie leur origine, leurs caractères, leurs causes, et se trouve ainsi amené à rappeler les diverses localités où ont été rencontrés les restes, encore si abondants aujourd'hui, du grand Cerf d'Irlande.

Résumé général. — On voit donc que les îles Britanniques, considérées dans leur ensemble, ou bien dans chacune de leurs grandes divisions naturelles, nous offrent, au moment où s'arrêtent nos études historiques, des connaissances géologiques, soit théoriques, soit appliquées, plus avancées que dans la plupart des autres États de l'Europe. Sauf l'influence indirecte de Werner sur certains points, on peut dire aussi que leurs savants n'ont rien emprunté à ceux des autres nations; on n'en retrouve pas plus de trace dans les idées générales et spéculatives que dans la manière d'exprimer les recherches directes et positives, toujours si bien comprises et si bien rendues dans les parties graphiques de leurs travaux.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE VI.

§ 1. AMÉRIQUE DU NORD.

La géologie et la paléontologie de l'Amérique du Nord, comme tout ce qui tient aux nouvelles populations de ce pays qui se sont substituées aux anciennes, ne devaient pas nous offrir ce long et pénible enfantement dont nous avons essayé de retracer le tableau en Europe. L'étude stratigraphique du sol y a commencé tard, mais elle y a atteint presque du premier coup le degré d'avancement pour lequel il avait fallu plusieurs siècles de ce côté de l'Atlantique. On devait en effet y profiter de l'expérience de l'ancien monde, sans passer par les tâtonnements, les incertitudes et les erreurs d'une science qui cherche encore sa voie.

Géologie. — Guettard. — Cependant l'Amérique du Nord a eu aussi sa période de pétrographie et de minéralogie géographique avant celle de la géologie stratigraphique. Ainsi Guettard a publié en 1752 un mémoire, dans lequel il compare le Canada à la Suisse sous le rapport des minéraux. Ce travail, fait avec des échantillons et des renseignements qui lui avaient été fournis par des personnes instruites du pays, est accompagné d'une carte qui s'étend depuis la Floride jusqu'au 60e degré lat. N., et sur laquelle sont indiquées, au moyen de 37 signes conventionnels, toutes les localités où étaient connues les espèces de roches et de substances minérales

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

entre l'Atlantique et les Montagnes-Rocheuses. L'application qu'il fait ici de ses trois bandes *sablonneuse*, *marneuse* et *schisteuse* ou *métallifère*, est encore bien moins heureuse que pour la France, l'Angleterre et la Pologne. Sur une portion de carte des rives du Saint-Laurent, à une plus grande échelle, la présence des fossiles est indiquée dans sept ou huit localités différentes, et ceux que l'auteur représente sont une valve d'*Orthis*, une autre de *Leptæna*, qu'il ne doute pas être une empreinte de papillon de nuit, et une grosse dent fossile bien dessinée, dont il ne connaît pas l'animal, mais dont les os fréquents dans le pays étaient rapportés à l'Éléphant, sujet sur lequel nous reviendrons plus loin.

W. Maclure. — Nous avons rappelé les noms de plusieurs auteurs qui s'étaient aussi plus ou moins occupés des roches et des minéraux des États-Unis[1], mais c'est seulement le mémoire de W. Maclure, publié en 1809 sous le titre d'*Observations sur la géologie des États-Unis, et explication d'une carte géologique de ce pays*, qui peut être regardé comme le premier travail de quelque valeur qui fût au niveau de la science, telle qu'elle était alors en Europe.

Maclure avait étudié la géologie à l'école de Werner, séjourna plusieurs années à Paris, puis retourna en Amérique, où, à partir de 1806, il chercha à appliquer à sa nouvelle patrie les principes qu'il avait puisés dans ses voyages et ses relations scientifiques. La classification allemande lui parut s'adapter très-bien à la géologie des États-Unis, quant à la nature des roches et à leur position relative. Dans le mémoire précité, qui fut inséré dans le *Journal de Physique et de Chimie*, il esquisse particulièrement la distribution des roches primitives, de transition, secondaires et alluviales, et donne ensuite des détails plus circonstanciés sur la composition de chaque système de roches ou terrains. Ne pouvant exposer

1. *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. I, p. 207.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ici tous ces faits, nous reproduirons une partie de la lettre qu'il adressait à de La Métherie en même temps que son mémoire, et qui permettra de juger de l'exactitude de ses vues.

« Depuis le Saint-Laurent et les lacs, jusqu'au flux et « reflux de la mer, tout le terrain est de formation primitive; « car sur ce continent, comme sur celui d'Europe, les roches « primitives occupent la plus grande partie des régions sep- « tentrionales.

« La variété confuse et fatigante des diverses roches dans « presque toutes les parties de l'Europe où j'ai eu l'occasion « de les examiner lasse la patience et met en défaut toutes « conjectures, au lieu que, sur ce continent-ci, on peut rai- « sonner *à priori*, et conclure, sans grand risque de se « tromper, qu'en tel ou tel lieu telles et telles roches se « trouveront.

« Il me paraît que, par l'arrangement des substances sur « ce continent, elles ont toutes les caractères qui prouvent « qu'elles sont des dépôts formés originairement par les eaux « dans un état de repos, et que les eaux courantes ni aucun « autre agent actif, tels que le feu ou l'air, sous la forme de « volcans ou de tremblements de terre, n'ont jusqu'à présent « changé ni dérangé matériellement l'ordre de cette déposi- « tion tranquille.

« Nos rivières, quoique leurs sources ne soient pas si « éloignées que celles d'Europe, sont remplies de chutes ou « cataractes jusqu'aux bords mêmes de l'Océan, et ne parais- « sent pas avoir eu un cours suffisamment long pour s'être « formé des lits. Nos montagnes, conséquemment, ne pré- « sentent pas ces précipices escarpés, si communs aux éléva- « tions européennes. Nous n'y trouvons pas non plus autant « de profondes et étroites vallées formées par les torrents...

« Quoique nous ayons d'immenses étendues de houille ou « charbon de terre derrière notre calcaire secondaire, et qui « occupent quelques-unes de nos landes calcaires, dont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« beaucoup approchent, si elles ne sont pas entièrement sem-
« blables à ce que Werner nomme la *formation de houille*
« *indépendante*, néanmoins aucune des roches d'une origine
« douteuse, décrites par Werner comme se trouvant dans cette
« formation, n'a été trouvée dans la formation de houille des
« États-Unis. Point de grünstein (cornéenne), comme il la
« nomme, avec l'augite et l'olivine; point d'amygdaloïde, ni
« de porphyre argileux (*Thon-porphyr*), dont l'origine cause
« l'une des grandes disputes entre les neptuniens et les
« vulcanistes.

« Toute cette série de roches, décrites par Werner sous la
« dénomination de la dernière formation trappéenne (*Flötz*
« *trapp*), manque dans ce pays; pas un morceau de vrai
« basalte n'a été trouvé en deçà du Mississipi, ni même à
« plusieurs centaines de milles à l'ouest de cette rivière.
« Nous n'avons donc pas de ces roches dont la formation
« occasionne la dispute entre les neptuniens et les plutoniens,
« par conséquent rien, d'après les opinions des uns et des
« autres, d'origine volcanique. Quelques morceaux de scories
« et de laves poreuses ont été apportés des montagnes qui
« divisent les eaux du Mississipi et ces rivières qui se versent
« dans la mer Pacifique. On a trouvé de la pierre ponce près
« la source du Mississipi. Il est probable que cette partie de
« cette grande chaîne est volcanique, et il n'est pas sans vrai-
« semblance que ces montagnes soient une continuation de
« celles du Mexique et des chaînes de l'Amérique méridionale.

« A l'ouest des monts Alléghanys, le grand bassin du
« Mississipi est secondaire et d'alluvion, et la chaîne de mon-
« tagnes qui sépare les eaux du Mississipi d'avec les rivières
« sur l'Atlantique est principalement composée de calcaire
« secondaire avec coquillage. »

Si l'on cherche à appliquer les détails du mémoire de Maclure à sa carte, on verra que les *roches primitives* indiquées presque d'une manière continue depuis l'État du Maine jusque dans l'Alabama, formant une bande N.-E.,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

S.-O.; celles de *transition* constituent une bande parallèle, dirigée de même, d'Albany à Alabama, puis une autre, au nord-ouest, de Philadelphie à Baltimore. Les *roches secondaires,* comprenant la *formation du charbon,* occupent la presque totalité du bassin oriental du Mississipi, appartenant aujourd'hui au terrain de transition, et embrassent les grès rouges de l'est des Alléghanys. Enfin, les *roches d'alluvion,* qui bordent l'Atlantique, du Massachusetts à la Nouvelle-Orléans, pour remonter sur la rive droite du Mississipi, représentent assez exactement les dépôts tertiaires, quaternaires, avec quelques portions de dépôts crétacés.

Ainsi, dès 1809, les États-Unis possédaient une carte géologique générale due aux recherches d'un seul observateur. Aucun État de l'Europe n'était plus avancé. Dix ans plus tard, mais par le concours de nombreux travailleurs, l'Angleterre présentait un résultat beaucoup plus complet, et la France ne vit paraître qu'en 1822 un petit Essai de carte géologique, qui n'était guère plus détaillé que le travail de Maclure, lequel embrassait une surface trois fois plus grande.

Dépôts de transport et blocs erratiques. — Des observations, relatives à des phénomènes plus récents, furent faites par M. Bigsby[1] dans la région du lac Huron, et ont permis dès lors d'établir une certaine relation entre les effets analogues dans les deux parties opposées de l'hémisphère nord. Une action énergique, semblable à celle d'un violent cours d'eau se dirigeant des régions polaires vers le sud, aurait entraîné des blocs de diverses roches primitives sur les formations secondaire et de transition qui composent le bassin du lac Huron. On observe en outre, dans cette même région, des traces de dénudations diluviennes semblables à celles de l'Europe, l'excavation des vallées, la séparation des îles de la terre ferme, la formation de pointes isolées, de crêtes rocheuses, dentelées, et la destruction des plus hautes sommités du

1. *Transact. geol. soc. of London,* Ire série, vol. VI.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pays. Tout y accuse une cause différente de celles qui agissent actuellement, et que peut seule expliquer une grande débâcle venant du nord, et accumulant d'immenses dépôts de sable et de gravier trouvés à divers niveaux sur les rives et les îles du lac.

Ces roches transportées sont complétement étrangères à celles des pays qu'elles recouvrent, et sont presque exclusivement plus anciennes. Ce sont des granites, des gneiss, des micaschistes, des diorites, des porphyres, des syénites, des amygdaloïdes venues du nord, où l'on sait qu'elles existent en place. Il en est de même entre le lac Érié et le lac Huron. Ailleurs sont des terrasses semblables à celles de l'Écosse; et, suivant M. Croke[1], les sommets des montagnes de la Nouvelle-Angleterre, composées de schistes, sont couronnés de blocs erratiques de granite. M. Meade a décrit aussi, à 200 milles au nord de New-York, des surfaces considérables couvertes de blocs de quartz, et d'autres roches primitives provenant de montagnes plus ou moins éloignées. Ces faits ont donc pu suggérer à W. Buckland, comme nous l'avons rapporté (*antè*, p. 232), l'idée qu'un phénomène, dû à des eaux diluviennes, s'était produit à la même époque dans le nord du nouveau continent comme de l'ancien, ce que toutes les découvertes ultérieures ont pleinement confirmé.

Paléozoologie. — Mastodonte. — La connaissance des grands animaux fossiles de l'Amérique du Nord a précédé de longtemps, et même de tout un siècle, celle des terrains qui la constituent, et, ce qui est plus particulier, celle de leurs analogues dans l'ancien continent. Dès 1712, le docteur Mather annonçait que des os de dimensions énormes avaient été découverts en 1705 près d'Albany (New-York), non loin de la rivière Hudson. On les attribuait à une race éteinte de géants, toujours suivant la même idée qui se reproduisait depuis l'antiquité. En 1739, Longueil, officier français, naviguant sur l'Ohio, trouva le long d'un marais des dents, des

1. *Journ. de Silliman*, vol. V, n° 2.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

os et des défenses d'un grand animal, qui furent envoyés à Paris, et les premiers qu'on eût encore vus en Europe. Guettard figura l'une de ces dents à huit pointes; Daubenton les rapporta à un Hippopotame, et les os à l'Éléphant. Des restes semblables avaient été observés au Canada et à la Louisiane. En 1765, G. Croghan découvrit dans le Kentucky, sur les bords de l'Ohio, une grande quantité de ces mêmes débris; et Buffon qui s'en occupa, et donna des figures exactes de ces dents dans les *Époques de la nature*, concluait de leur forme et de leurs dimensions l'existence commune aux deux continents d'un animal d'une taille supérieure à celle des plus grands Éléphants connus.

L'*Éléphant* ou le *Mammouth de l'Ohio*, comme on l'appelait alors, ou le *Père aux Bœufs*, suivant la désignation des naturels de l'Amérique, fut l'objet de nombreuses dissertations zoologiques jusqu'à Cuvier, qui créa le genre *Mastodonte* ou *dents mamelonnées* pour ce même animal, qu'il appela *Mastodon giganteum*, le caractérisant d'après les matériaux envoyés en 1806 au Jardin des Plantes par Jefferson, alors président des États-Unis.

Le savant anatomiste français fit voir d'abord que, chez le Mastodonte comme chez l'Éléphant, les dents ne devaient pas exister toutes ensemble, qu'elles devaient se succéder d'avant en arrière, de telle sorte que deux seulement de chaque côté fonctionnaient en même temps, et qu'à la fin il n'en restait plus qu'une, ce qui diminuait beaucoup les dimensions attribuées par Buffon à ces animaux, en leur supposant les mâchoires garnies de 16 dents à la fois. Ensuite, de l'étude comparative des diverses parties de la tête, des défenses, des os du tronc et des membres, Cuvier conclut : que le grand Mastodonte de l'Ohio était fort semblable à l'Éléphant pour ses défenses et toute l'ostéologie, les mâchelières exceptées, qu'il avait très-probablement une trompe, que sa hauteur ne dépassait pas celle de l'Éléphant, mais qu'il était un peu plus allongé, avait les membres plus épais, le ventre plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mince, et que, malgré ces ressemblances, le caractère particulier de ses molaires suffisait pour en faire un genre distinct; enfin, qu'il se nourrissait comme l'Hippopotame et le Sanglier, choisissant de préférence les racines et les autres parties charnues des végétaux, ce qui devait l'attirer vers les lieux humides et marécageux, où, en effet, ses restes se rencontrent le plus fréquemment aujourd'hui, ainsi que sur les points où sourdent des eaux salées.

Les débris de Mastodonte ont d'ailleurs été rencontrés et le sont journellement encore sur une multitude de points des États-Unis, toujours à une faible profondeur, non roulés; quelquefois même leur squelette est encore debout, comme si ces animaux avaient été ensevelis vivants dans la vase. Les os sont fortement imprégnés de matières ferrugineuses, et nulle part ils ne sont accompagnés de traces d'animaux marins.

Éléphant. — En 1807, on rencontra avec le Mastodonte, dans la localité de Big-bone-Lick (Kentucky), des dents d'Éléphant, qu'on recueillit ensuite dans les gisements analogues de la Virginie, de la Louisiane, de la Caroline du Sud, et qui furent rapportées par M. R. Peale à l'*E. primigenius* de l'Europe et de la Sibérie. Si, d'un autre côté, on se rappelle que ces derniers pachydermes fossiles ont été observés sur la côte d'Amérique, au nord du détroit de Behring, au delà du cercle polaire, par de Chamisso, qui accompagnait Kotzbue, on comprendra qu'ils aient pu se répandre au Sud, jusque dans la région où on les trouve associés au Mastodonte. C'est d'ailleurs une particularité qui n'existe pas dans l'ancien continent, où ce dernier genre était éteint lors de la période quaternaire.

Megalonyx. — En 1797, l'ancien président des États-Unis, Jefferson, annonça qu'on avait découvert, à quelques pieds de profondeur, dans la caverne de Green-Briar, dans l'ouest de la Virginie, des ossements fossiles d'un animal inconnu. Il les rapporta d'abord à un grand carnassier, qu'il nomma *Mega-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

lonyx, à cause de la longueur de ses ongles. Le professeur Wistar, au contraire, leur trouvait une certaine analogie avec les pieds des Paresseux actuels. En effet, des moulages de ces pièces, envoyés par Peale à Cuvier, démontrèrent à ce dernier l'exactitude du rapprochement. Les caractères de la phalange onguéale, dont l'articulation est disposée de manière que la flexion puisse se faire en dessous, tandis que c'est l'inverse chez les *Felis*, se retrouvent ici. En outre, ses phalanges inégales existent chez les Cabassous et les Fourmiliers vivants. Les dents sont des cylindres simples, et la couronne excavée est entourée d'un rebord saillant. La taille du *Megalonyx* pouvait être celle d'un grand Bœuf.

Megatherium. — Enfin, un autre édenté gigantesque, le *Megatherium*, dont nous traiterons plus en détail en parlant de l'Amérique du Sud, a vécu aussi dans celle du Nord avec les mammifères précédents. Le docteur Mitchill en a signalé des dents recueillies dans l'île de Skidaway, sur les côtes de la Géorgie, où W. Cowper trouva peu après, dans un marais, un assez grand nombre d'os de diverses parties du même squelette.

Tels sont les principaux résultats des recherches géologiques et paléontologiques exécutées dans cette partie de l'Amérique jusque vers 1820.

Les Antilles. — Disons actuellement quelques mots des Antilles, sur lesquelles Cortes donna un mémoire en 1810. En décrivant d'abord la Guadeloupe, divisée en deux parties par la rivière Salée, il représente l'une comme entièrement volcanique, atteignant 1409 mètres d'altitude, offrant à sa surface quinze cratères, dont un, appelé la Soufrière, manifeste encore quelque activité, et l'autre, la Grande-Terre, ne dépassant pas 117 mètres au-dessus de la mer, et exclusivement formée de roches calcaires coquillières. Les fossiles qu'on y trouve sont des espèces qui vivent encore dans les mers environnantes. L'auteur en conclut naturellement un abaissement de la mer proportionnel à l'élévation actuelle de ces

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dépôts, qui sont surmontés d'une argile remplie de cristaux de quartz, de fer hématite et de fragments de lave roulés. A la Martinique, les pierres coquillières recouvrent les laves qui ont dû s'épancher sous l'eau.

Cortes divise les Antilles en quatre classes, sous le rapport de leur constitution géologique : la première comprend les îles formées en partie de roches primitives et en partie de roches volcaniques et calcaires, telles que les grandes Antilles, la Trinité, Porto-Rico, Cuba, Saint-Dominique et la Jamaïque; la seconde, les îles entièrement volcaniques : la Grenade, Saint-Vincent, Sainte-Lucie, la Martinique, la Dominique, les Saintes, la Guadeloupe proprement dite, Montserrat, Saint-Christophe, Saba; la troisième, les îles entièrement calcaires : Marie-Galante, la Désirade, Curaçao, Bonaïre, et en général les îles et les îlots peu élevés; la quatrième enfin, les îles en partie dues aux feux volcaniques et en partie aux substances calcaires d'origine organique : Antigoa, Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Saint-Thomas, etc.

C'est à l'entassement successif des matières que les îles doivent leur élévation actuelle jusqu'à 1600 mètres, limite des sommets volcaniques de l'archipel. Tous les volcans des Antilles brûlèrent alors en même temps, dit l'auteur, et probablement aussi ceux de l'Amérique méridionale, entre les tropiques; et si ceux de l'Amérique du Sud se trouvaient alors dans leur plus grande énergie, toute la zone torride devait présenter un embrasement général. Après cette époque, continue Cortes, la mer s'est retirée progressivement, laissant à découvert les îles calcaires, et le nouveau monde dut se trouver dans l'état où nous le voyons. Il donne ensuite des détails particuliers sur les minéraux de la Guadeloupe et de la Martinique.

C'est par Cortes que furent découverts, en 1805, des squelettes humains plus ou moins mutilés, près du port du Moule, sur la côte nord-ouest de la Grande-Terre de la Guadeloupe, engagés dans un tuf calcaire moderne, qui se

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

forme encore sur cette côte par l'agglutination des fragments de coquilles, de radiaires et de polypiers, et dans lequel se trouvent aussi des coquilles terrestres qui vivent dans le pays. Ces débris furent décrits par Kœnig en 1814, et plus tard par Cuvier.

§ 2. AMÉRIQUE DU SUD.

Géologie. — Alex. de Humboldt. — Comme pour la partie nord du nouveau continent, ce fut aussi un disciple de Werner qui posa les premiers fondements de la géologie de sa partie sud. En effet, ce que l'on savait de l'Amérique centrale et méridionale, à l'époque où finit notre revue historique, se réduit à peu près aux recherches d'Alex. de Humboldt, exécutées, soit par lui seul, soit avec Bonpland, du mois de juin 1799 au mois de juin 1804. A quelques exceptions près, dont nous parlerons tout à l'heure, ce ne fut que dans un article du Dictionnaire des sciences naturelles, article réimprimé séparément en 1826, sous le titre d'*Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères*, que se trouvent rassemblés et coordonnés tous les matériaux relatifs à la géologie des immenses surfaces que de Humboldt avait parcourues et observées. Mais ces matériaux ayant été fondus et disséminés au milieu des données acquises sur l'Europe, il serait bien difficile d'en extraire aujourd'hui ce qui concerne seulement l'Amérique. Dans son *Voyage aux régions équinoxiales*, comme dans son *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, le même savant a aussi donné de précieuses indications pour les géologues venus après lui; et quant à ce qui concerne les volcans du nouveau monde, nous aurons naturellement occasion de rappeler ses travaux dans la partie de ce livre qui sera consacré à cet ordre de phénomènes.

Pour que l'on puisse néanmoins juger de la manière dont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le célèbre voyageur entendait la géologie stratigraphique, nous emprunterons ce qui suit à son mémoire de 1801, écrit sur les lieux mêmes, et inséré dans le *Journal de Physique*.

Après avoir exposé les caractères orographiques de la Colombie, et en particulier de la province de Caracas et de la chaîne côtière bordant le golfe du Mexique, il passe à l'examen de la direction et de l'inclinaison des strates. Il constate que la première est constamment N.-E., S.-O., et la seconde au N.-O. « Cette grande uniformité dans les deux mondes, continue-t-il, doit faire naître des réflexions sérieuses; elle nous présente un grand fait géologique. Ainsi les directions des couches ne sont pas celles des chaînes de montagnes, et les inclinaisons ne répondent pas nécessairement aux pentes de ces dernières. Il faut convenir que cette uniformité indique une cause très-ancienne, très-universelle, très-fondée, dans les premières attractions qui ont agité la matière, pour l'accumuler dans des sphéroïdes planétaires. Cette grande cause, ajoute-t-il, n'exclut pas l'influence des causes locales qui ont déterminé de petites portions de matières à s'arranger de telle ou telle manière, selon les lois de la cristallisation. De la Métherie a judicieusement indiqué ces phénomènes, cette influence d'une grande montagne comme noyau sur ses voisines plus petites, etc. » Ainsi, cette idée de cristallisation des montagnes, à laquelle de Saussure s'était d'abord laissé entraîner, et que de la Métherie développait et professait, avait aussi gagné à ce moment l'illustre disciple de Werner [1].

Il signale ensuite une immense quantité de pétrifications sur la côte de Vénézuéla, dans un grès calcaire, depuis la cime de Saint-Bernardin, à los Altos de Conoma, jusqu'au Cerro de Meapiré ou la pointe de Puria et la Trinité. Ces dépôts récents, qui seraient les mêmes que ceux de la Grande-Terre à la Guadeloupe, s'étendent jusqu'à une distance de 9 à 10 lieues de la côte.

1. Voy. *Cours de paléont.*, Ire partie, p. 452.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans les roches solides, les fossiles sont plus rares: ce sont des Térébratules appartenant à des calcaires élevés de 1560 mètres, mais sans Ammonites ni Bélemnites. L'auteur décrit successivement les roches primitives, celles qui font le passage de celles-ci aux secondaires, et les roches secondaires elles-mêmes, qui se succéderaient ici, comme en Europe. Il distingue ensuite *deux formations de roches calcaires* denses, une formation de gypse feuilleté et une autre mêlée avec de l'argile muriatifère pétroléenne (le *Salzthon*) et l'argile schisteuse; puis deux formations de grès, l'une plus ancienne, presque sans coquilles, à gros et à petits grains: c'est le grès des Llanos; l'autre remplie de fossiles très-récents, et cependant, dit-il, passant à la roche dense.

De Humboldt représente comme il suit la relation des roches primitives et secondaires dans les deux Cordillères de Vénézuéla et de la Parime, et les deux grandes vallées de l'Orénoque et de l'Amazone.

ROCHES PRIMITIVES.	ROCHES SECONDAIRES.
Schistes porphyriques.	Grès avec coquilles d'espèces vivantes.
Amygdaloïdes avec leucites.	Grès sans coquilles, conglomérat.
Trapp primitif avec olivine.	Gypse grenu et feuilleté.
Ardoise mêlée de cornéenne.	Calcaire dense, lydienne et pierre de corne.
Ardoise primitive avec alun natif.	Calcaire dense, veines spathiques et argile.

Schiste micacé grenatifère et plombagine schisteuse.
Granite feuilleté et couches de calcaire primitif.
Granite massif, mélangé de jade et de plombagine.

« Ce profil indique la manière dont les différentes forma-
« tions sont superposées les unes aux autres; il indique leur
« âge, et non la hauteur des montagnes. »

Si maintenant nous parcourons l'*Essai géognostique sur le gisement des roches*, nous verrons que ces recherches, faites par un esprit aussi éminent, sont la meilleure preuve de l'insuffisance des principes de Werner, lorsqu'il s'agit de comparer les roches sédimentaires de deux continents ou de pays très-éloignés. A quoi servent alors de simples superpositions

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et les caractères minéralogiques seuls? A voir partout du *zechstein*, ce *calcaire alpin* insaisissable, du *grès rouge*, qui peut être de tous les âges, etc., expressions dont la valeur est d'autant moindre qu'on s'éloigne davantage des régions où elles ont été appliquées d'abord, et qui deviennent absolument nulles lorsque l'on compare les deux continents que sépare l'Atlantique.

Paléozoologie. — Les documents relatifs aux corps organisés fossiles de l'Amérique méridionale sont, au contraire, beaucoup plus anciens et plus nombreux que ceux qui se rapportent à la géologie, sauf les phénomènes volcaniques, dont nous traiterons ailleurs; aussi diviserons-nous ce sujet en parlant d'abord des restes d'animaux invertébrés, et ensuite de ces grands mammifères qui ont donné aux pampas des rives de la Plata une véritable célébrité.

Invertébrés. — En 1670, Narborough, voyageur anglais, remarque, à Port-Saint-Julien en Patagonie, un grand nombre d'Huîtres fossiles; et plus tard les jésuites Cardiel et Quiroga confirment cette observation. Dans la Cordillère de Bolivie, vers le 20e degré de latitude, Alonzo Barba signale de nombreux fossiles dans les roches, sur la route de Potosi à Oronuta, et en 1748, don Antonio de Ulloa décrit avec beaucoup de soin ceux qu'il a rencontrés au sud du Chili, le long du Pacifique, de Talcahuano à la Conception, jusqu'à une distance de 5 lieues de la côte. Ils constituent une couche de 4 à 6 mètres d'épaisseur, s'élevant jusqu'à 100 mètres au-dessus de la mer. Il regarde ces coquilles comme identiques avec celles qui vivent sur la plage, et leur présence serait une preuve du déluge universel.

Plus au nord, lors de son second voyage, en 1761, Ulloa, visitant la mine de mercure de Guanca-Velica, au Pérou, trouva, dans la roche qui avoisine l'exploitation, à une altitude de 4330 mètres, des coquilles, entre autres des *Pecten*, circonstance dont on a vu Buffon déduire une conséquence erronée. De ses observations, au contraire, Ulloa tira des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

conclusions fort justes. Ainsi, les deux valves des coquilles acéphalées étant réunies, l'animal qui les a formées devait être vivant, ou mort depuis très-peu de temps, lors de leur enfouissement; la roche ne devait pas alors être solide, mais analogue aux vases de la mer; le climat, à cette élévation, était plus doux qu'il ne l'est actuellement, et le sol ne devait pas être non plus au niveau où nous le voyons; enfin, des révolutions différentes de celles dont nous sommes témoins ont dû porter ces fossiles sur ces hautes montagnes, et, par suite, le nouveau continent serait, en réalité, le plus ancien.

En 1787, Molina signale le premier des fossiles dans la Cordillère du Chili, au sommet du Descabesado, puis dans le voisinage de la mer, près de Coquimbo. En 1806, Luis de la Cruz rencontre des coquilles univalves et bivalves dans les roches à l'est de la chaîne, entre Tilqui et Anquinco.

Dans la partie nord du continent, dans le Vénézuéla et la Nouvelle-Grenade, Alex. de Humboldt en mentionne également sur le littoral de Cumana, à la Guayara, près de Caracas, dans la Colombie, les provinces de Socorro, de Santa-Fé, etc. Beaucoup de fossiles furent aussi découverts entre les deux chaînes orientale et occidentale, depuis Montan jusqu'à San-Felipe. Les coquilles ne sont pas uniformément distribuées dans les couches, mais accumulées par places. Telles sont celles de cette dernière localité et des collines de Guambos à Montan. Les Huîtres sont rassemblées en grande quantité sur ce point, et l'on y trouve associées des Ammonites d'assez grande taille. Ces mêmes couches fossilifères se suivent le long de la chaîne, par Miquipampa et Guolgajoc, vers Gumachuco, etc., jusqu'à Caxatambo, où l'on rencontre une immense quantité de coquilles à près de 4000 mètres d'altitude; puis viennent immédiatement les roches coquillières de Guanca-Velica, observées par Ulloa, et leur prolongement vers Cuzco.

Ce ne fut que trente ans après que ces fossiles, recueillis et rapportés en Europe par de Humboldt, furent étudiés par

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

un géologue non moins célèbre, mais plus pénétré de l'importance des principes de la paléontologie. Il sut en trouver la confirmation dans cette partie du globe, et assigner l'âge de ces grands systèmes de roches secondaires des Andes, que les caractères stratigraphiques ou minéralogiques seuls étaient impuissants à nous révéler.

Vertébrés. — De même que dans l'ancien continent, les fables qui se rattachent à des races de géants avaient pour origine, en Amérique, l'existence d'ossements de grands quadrupèdes, et, pour la plupart des renseignements qui s'y rapportent, nous renverrons le lecteur à la *Gigantologia española*, du père Torrubia. Ces croyances, suivant Cuça de Léon, qui écrivait en 1554, existaient surtout chez les habitants de Santa-Elena, au nord de Guayaquil, où Joseph de Jussieu a, en effet, recueilli une grande quantité d'ossements dans un dépôt d'alluvion. Au dire d'Herrera, des géants peuplaient aussi Tlascala, au Mexique, et il y en avait dans le Yucatan; tous les historiens qui ont écrit depuis la conquête s'accordent à cet égard.

Dans la partie sud du continent, Diego de Avalo y Figuroa annonçait, en 1602, qu'il y avait beaucoup d'ossements fossiles aux environs de Tarija, en Bolivie, ce que confirma J. de Jussieu un siècle et demi plus tard; et vers le même temps Falkner indiquait la présence d'ossements humains de grandes dimensions sur les rives du Carcarañan, l'un des affluents du Parana, ainsi que des dents de 7 centim. de diamètre.

Édentés. — Glyptodon. — Ce dernier voyageur, en décrivant les pampas, dit avoir trouvé la coquille d'un animal, laquelle était composée d'os en forme de plaques hexagonales, de 2 centim. 1/2 de diamètre chacun. Cette carapace avait $2^{m}.73$ de long et ressemblait à celle des Tatous actuels, mais avec des dimensions bien plus considérables. Manoel Ayres de Cazal cite, au Brésil, près de Rio das Contas, une carapace semblable, mais plus grande encore. Il y avait sans doute beaucoup d'exagération dans ces récits, et il s'écoula soixante ans avant qu'on

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sût à quoi s'en tenir à leur égard. En 1833, une carapace semblable, mais moins grande, trouvée sur les bords du Pedernal, dans le gouvernement de Montévidéo, devint le sujet d'assez vives discussions, parce qu'on la rapportait aux ossements d'un autre animal. En effet, jusqu'à ce que l'on eût trouvé ces plaques recouvrant directement les os de leur squelette, on les avait attribuées au *Megatherium*. Mais il a suffi de pouvoir constater les caractères des dents sculptées de l'animal qui avait porté cette carapace, et qui lui firent donner plus tard le nom de *Glyptodon*, pour le distinguer du grand édenté dont le marquis de Loretto, vice-roi de Buénos-Ayres, envoya, en 1789, un squelette complet à Madrid.

Megatherium. — Celui-ci avait été découvert sur les bords de la rivière de Lujan (Luxan ou Lucan), à une lieue au sud-est de la ville de ce nom, trois lieues à l'O.-S.-O. de Buénos-Ayres, et à 10 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Deux autres squelettes semblables furent trouvés vers le même temps : l'un, provenant de Lima, fut aussi envoyé en Espagne en 1795, et l'autre, appartenant au P. Fernando Scio, venait du Paraguay.

J.-B. Bru, qui fit monter le premier squelette dans le musée de Madrid, en donna une description ostéologique, ainsi que J. Garriga, et Cuvier, en 1795, en ayant reçu des dessins, avait placé l'animal parmi les édentés, dans le voisinage des Paresseux, en le désignant sous le nom de *Bradypus giganteus*, qu'il abandonna plus tard pour celui de *Megatherium*, ou grand animal, donné par les auteurs espagnols. Abildgaard, Shaw, Pander et d'Alton s'en occupèrent dans le même temps, mais Faujas et Lichtenstein voulurent y voir une nouvelle espèce d'Éléphant, ce qui prouvait peu en faveur de leurs connaissances ostéologiques.

Comme le remarqua fort bien de suite l'auteur des *Recherches sur les ossements fossiles*, ce qui caractérise la tête de cet animal, c'est cette longue apophyse descendante placée à la base antérieure de l'arcade zygomatique, aussi

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

grande en proportion que dans l'Aï, mais dirigée plus verticalement, c'est cette mâchoire inférieure très-pesante, renflée en dessous, évidée en dessus et très-prolongée en avant, qui devait contenir une langue cylindrique longue et forte, ce sont ces dents molaires, dont 4 de chaque côté en bas et 5 en haut, toutes prismatiques, profondément enchâssées dans le maxillaire et dont la couronne est aussi divisée en collines triangulaires transverses.

Les diverses parties du squelette ne sont pas moins remarquables. L'acromion de l'omoplate est prolongé en arceau et la clavicule éloigne cet animal de tous les grands pachydermes connus ou ruminants; les os des îles forment un demi-bassin large, évasé, ressemblant, par sa grandeur, à celui de l'Éléphant et du Rhinocéros, avec des crêtes dentelées et raboteuses; le fémur est plus gros que celui d'aucun animal connu; les extrémités antérieures présentent trois doigts visibles, armés d'ongles, et deux autres rudimentaires; celles de derrière n'ont que trois doigts, dont le troisième seul était armé d'un ongle aussi fort que le plus grand des trois de devant. Le *Megatherium* devait se nourrir de végétaux et particulièrement de racines. Sa taille et ses griffes puissantes devaient lui fournir des moyens de défense suffisants.

De même que le *Megalonyx* de la Virginie a été rencontré aussi dans les dépôts d'alluvion de l'Amérique méridionale, de même le *Megatherium*, signalé d'abord dans les pampas de Buénos-Ayres, s'est trouvé plus tard associé avec le précédent dans l'Amérique septentrionale, et, si l'on y ajoute ces énormes Tatous que nous venons de voir désigner sous le nom de *Glyptodon*, puis les *Mylodon*, les *Scelidotherium* et d'autres genres plus récemment découverts, on pourra se faire une idée de la faune remarquable par ses nombreux édentés gigantesques qui, dans le nouveau continent, caractérisait la période immédiatement antérieure à la nôtre.

Pachydermes. — La plupart des restes des grands pachydermes connus au moment où se termine cette revue avaient

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

été rapportés en Europe par Alex. de Humboldt, et Cuvier s'est empressé de les mentionner dans la seconde édition de ses *Recherches sur les ossements fossiles.*

Si nous énumérons actuellement ces matériaux en nous dirigeant du N. au S., nous verrons qu'à Hué-Huetoca, près de Mexico, de Humboldt a recueilli des fragments de molaires que Cuvier crut semblables à celles de l'Éléphant de Sibérie, et, dans le même pays, des restes de Mastodonte ont été annoncés. Plusieurs os de ce dernier animal proviennent encore de Caño del Fiscal, près de Santa-Fé de Bogota; ils ont été rapportés au *M. angustidens* d'Europe. Le *camp des Géants* est une localité de ce pays ainsi nommée à cause de la multitude d'os qu'on y trouve; il est situé à 2500 mètres d'altitude.

Dans la province de Quito, près de la ville d'Ybarra, à une élévation de 3300 mètres, a été rencontré un fragment de défense pouvant avoir appartenu à un Mastodonte aussi bien qu'à un Éléphant. Près du volcan d'Imbaburra, à 2300 mètres au-dessus de la mer, des dents de Mastodonte, différentes de celles de l'*angustidens*, ont été recueillies et désignées sous le nom de M. des Cordillères (*M. Andium*). D'un autre côté, les ossements et les dents rapportés du Pérou, par Dombay, auraient appartenu à l'espèce trouvée depuis longtemps en France à Simorre, et regardée comme le type du *M. angustidens.*

Une dent de la grande espèce, déjà signalée sous le nom de *M. Andium*, a été aussi rencontrée près de Santa-Cruz de la Sierra et dans la province de Chiquitos, par Alonzo de Barcelone. Dans la vallée de Tarija, à plus de 130 lieues de la mer et à 200 lieues du Potosi, on trouve, dans l'alluvion de la rivière, dit J. de Jussieu, des os et des dents pétrifiées d'une énorme grosseur. Peut-être ces restes appartiendraient-ils encore au Mastodonte des Cordillères, tandis que d'autres dents carrées, plus petites, rapportées de la Conception (Chili) par de Humboldt, proviendraient d'une espèce différente appelée par Cuvier *M. Humboldtii.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Enfin dans la partie orientale du continent, où l'on devait découvrir plus tard des richesses ostéologiques plus variées encore que dans la partie sud, des os et des dents mâchelières énormes, annonçant l'ancienne existence de grands pachydermes, ont été cités à Villa do Fonado et près de Recife (province de Pernambuco), dans un lac à 8 lieues au nord-est de Penedo, sur les bords du lac de Santa-Catharina, et à San-Pedro, dans la province de Sergipe del Rey [1].

CONCLUSIONS.

Ici se termine, à proprement parler, la période historique de la science, celle de ses doutes, de ses incertitudes, de ses tâtonnements, celle où sa marche générale manquait encore d'une direction rationnelle. Actuellement ses principes fondamentaux sont solidement établis; ils ont été appliqués sur d'assez grandes surfaces continues et sur des points assez éloignés les uns des autres pour qu'on puisse les regarder comme l'expression réelle de la coordination des faits.

A partir de 1822, en Italie, en Suisse, en Allemagne et dans les pays limitrophes, comme en France et dans les îles Britanniques, l'importance des corps organisés dans la géologie pratique est généralement admise. Alors commencent des études paléontologiques plus sérieuses, mieux dirigées, parce que leur but est mieux déterminé, leur utilité mieux démontrée. Aussi les voyons-nous se multiplier et s'étendre à toutes les parties du globe avec une rapidité qui s'accroît chaque

1. Nous n'avons pas cru devoir reproduire ici les documents sur l'Asie, l'Afrique et l'Australie, réunis dans un *Appendice* de notre *Précis sur l'histoire de la paléontologie stratigraphique;* ils n'auraient rien ajouté d'essentiel à ce que nous venons de dire; les observations faites jusque-là dans ces grandes régions n'avaient encore apporté que des faits isolés ayant peu contribué à l'avancement de la science, et nous nous bornerons à y renvoyer le lecteur (Voy. *Cours de paléont.*, Ire partie, p. 217).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jour. Géologues, zoologistes, botanistes travaillent à l'envi à faire revivre, pour la science et ses applications, les faunes et les flores éteintes, depuis les plus grands mammifères jusqu'aux rhizopodes, depuis les plantes les plus élevées jusqu'aux simples agames, depuis les dépôts qui se forment encore sous nos yeux jusqu'aux couches sédimentaires les plus anciennes qui aient conservé des traces de la vie.

Chaque contrée de l'Europe qui, comme on l'a vu, a fourni son contingent de matériaux dans l'édifice commun, n'a pas tardé à être suivie dans le mouvement général par l'Asie, les deux Amériques, les parties les plus accessibles de l'Afrique, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande et des grandes îles qui en dépendent, et c'est ce vaste ensemble de documents, recueillis depuis quarante ans sur tous les points explorés du globe, dont nous allons essayer de présenter le tableau dans la seconde partie de ce livre.

Mais ce que nous nous sommes surtout efforcé de faire ressortir dans celle-ci, dans cet examen comparatif des idées et des faits, dans cette appréciation critique des théories et des systèmes qu'ils ont fait naître, c'est que les principes qui doivent actuellement nous guider n'ont pas surgi tout à coup ni d'une seule tête ni d'un seul pays, mais qu'ils résultent au contraire d'une multitude de recherches commencées depuis que l'on étudie la nature, continuées, à travers les siècles, avec des intermittences, et exécutées par le concours simultané et indépendant de nombreux observateurs dans les contrées les plus différentes. Ces principes, à l'établissement desquels on a vu cependant quelques naturalistes concourir plus efficacement que d'autres, en Italie, en Allemagne, en France, en Belgique et dans les îles Britanniques, ont donc à la fois la sanction du temps et de l'expérience et nous ne pouvons, en les suivant, craindre de nous égarer.

Dans ce qui précède, nous avons peu insisté sur certains points, tels que la classification minéralogique des roches, les phénomènes volcaniques, les tremblements de terre et les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

théories physiques du globe, postérieures à celles de Buffon, et cela parce que des détails pétrographiques, pour préparer le lecteur aux classifications plus récentes, eussent été difficilement compris par de simples descriptions, que l'histoire des volcans et des tremblements de terre se fût bornée à reproduire des descriptions physiques, pétrographiques, géographiques ou pittoresques qu'on trouve dans tous les livres, et, quant à la théorie générale de la Terre, elle va prendre naturellement sa place au commencement même de notre seconde partie.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

DEUXIÈME PARTIE

SCIENCE MODERNE

CHAPITRE I.

VUES GÉNÉRALES.

De même que dans l'histoire des nations l'écrivain ne se borne pas à commencer son récit là précisément où tous les faits sont bien connus, où toutes les dates sont certaines, où tous les monuments complets portent avec eux le caractère irrécusable de leur authenticité, mais cherche à remonter plus loin dans le passé pour découvrir, quelque obscure qu'elle soit, l'origine même des peuples par leur filiation, les migrations, le mélange des idiomes, le caractère de l'écriture, les coutumes, les produits de l'industrie et des arts, la physionomie et les formes du corps, par tout ce qui peut enfin l'éclairer sur la source première de son sujet, de même dans la description de la terre ou l'histoire des phénomènes qui ont eu lieu à sa surface, le géologue ne peut pas se borner à considérer seulement les faits matériels qui tombent sous son observation directe et les causes plus ou moins en rapport avec celles qui agissent encore sous ses yeux. Il est invinciblement porté à regarder au delà pour essayer d'atteindre le commencement même des choses, et c'est une curiosité bien naturelle qu'il faut seulement contenir dans de justes bornes, sans s'écarter, pour la satisfaire, des lois que l'expérience, l'observation et le calcul ont démontrées.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans un système bien conçu tout se tient et s'enchaîne, aucune conséquence un peu importante ne reste isolée de l'ensemble; aussi, dans la théorie de la Terre, les lois de la physique du globe, dont les phénomènes organiques et inorganiques sont des conséquences directes, dans le passé comme dans le présent, ne sont-elles que le résultat de l'origine même de notre planète.

L'histoire de la Terre est liée à celle de l'Univers; nous ne pouvons tenter de remonter jusqu'à son commencement sans élever notre pensée jusqu'à celui de l'univers lui-même, sans chercher à nous rendre compte des principes qui le régissent et auxquels elle est soumise comme tout ce qui se meut dans les espaces célestes. Si ses mouvements sont essentiellement du domaine de l'astronomie, son origine, sa composition, comme le tableau des phases par lesquelles elle a dû passer, rentrent dans celui de la géologie.

En séparant des caractères extérieurs qui font partie de la géographie physique la connaissance des mouvements de la Terre et de ses rapports avec les autres corps de notre système, nous ne pouvons cependant isoler son origine de celle des autres planètes qui se meuvent autour du Soleil, pas plus que les formes et les accidents de sa surface actuelle ne peuvent être séparés des causes internes ou externes auxquelles ils sont dus. Tout en restreignant nos recherches aux phénomènes terrestres, nous ne pouvons passer sous silence les raisons puissantes qui rattachent ce petit point au reste du monde.

Si, d'après la théorie que nous allons exposer, la Terre a la même origine que les autres corps du système dont elle fait partie, sa composition serait aussi semblable à la leur, suivant ce que nous apprennent les pierres tombées du ciel ou aérolithes, suivant les études spectrales sur la lumière solaire, suivant ce que l'on sait de certaines planètes pourvues d'une atmosphère et dont les pôles offrent des calottes de glace ou de neige dont l'étendue et les formes changent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

avec leurs saisons; d'où il résulte que l'examen de la constitution physique de la Terre, malgré le rôle infiniment modeste qu'elle joue dans l'univers, est le premier pas et le plus sûr que nous puissions faire dans la connaissance des autres corps célestes, au moins de notre système. Les relations de la physique du globe sont donc aussi intimes avec l'astronomie qu'avec la géologie.

D'un autre côté nous ne pouvons nous rendre compte des divers états par lesquels a dû passer la Terre et de tous les faits que son écorce minérale nous révèle que par les principes de la physique et de la chimie, de même que les caractères de sa surface, la distribution des terres et des eaux, les reliefs des premières et la profondeur des secondes, etc., résultats des recherches géographiques, montrent qu'ils sont la conséquence nécessaire des phénomènes géologiques, de sorte qu'il n'y a aucune exagération à regarder la science qui nous occupe comme l'expression la plus générale et la plus condensée, comme le résumé le plus complet des lois de l'univers qui toutes y manifestent leurs effets. Il ne faut point s'étonner d'ailleurs si ces rapports ont été longtemps méconnus; car ils ne pouvaient être compris qu'après l'appréciation exacte et successive d'une multitude de données différentes sur lesquelles ils reposent, et par conséquent ils se présentent à nous comme le complément de l'édifice formé de toutes les connaissances qui ont la nature pour objet.

Ainsi de la gravitation, de la lumière, des météorites et de notre satellite, dont les caractères orographiques rappellent en grand ceux de nos volcans, nous déduisons, dit M. Dana [1], l'unité de loi dans l'espace; les éléments peuvent différer dans les divers systèmes, mais ce serait une différence de la nature de celles qui existent parmi les éléments connus et qui, suivant toute probabilité, ne peut donner lieu à aucune loi nouvelle fondamentale.

1. *Manual of geology*, p. 4, 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La Terre, quoiqu'un atome dans l'immensité, est tout un monde par les vérités que son étude nous dévoile, et la science, bien que recueillie seulement à la surface de cette petite sphère, peut servir à comprendre les lois qui régissent les plus grands corps de l'univers. Enfin, dit encore le même savant, il est bon de se pénétrer de ces idées avant de commencer l'examen de notre globe, car elles donnent de la grandeur à la science, de la dignité à l'homme, et elles aident le géologue à comprendre les pensées les plus élevées de la philosophie de la nature.

§ 1. COSMOGONIE.

La cosmogonie, restreinte au système planétaire dont notre globe fait partie, est donc le point de départ de toute étude géologique générale. Exposer ce que l'on sait de plus probable à ce sujet est une nécessité à laquelle tout esprit conséquent ne peut échapper, et dont le lecteur d'un livre tel que celui-ci a droit d'exiger que nous l'entretenions un instant.

Si, pour certaines parties de la science, nous avons vu notre pays devancé par les nations voisines, en ce qui concerne la théorie de la formation de notre système planétaire, la France peut réclamer la plus glorieuse part; Descartes, Buffon et de Laplace laissent, à cet égard, bien loin derrière eux Leibnitz et Newton.

Hypothèse de Laplace. — Nous aurions pu sans doute terminer l'histoire de la géologie par l'exposition de la théorie de Laplace, et c'en eût été le digne couronnement, mais elle nous a paru mieux placée au commencement même de notre principal sujet, auquel elle sert en quelque sorte de *Prologue*, se rattachant directement à la géogénie d'abord et ensuite à la physique du globe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« Quoique les éléments du système des planètes soient « arbitraires, dit l'auteur à la fin de son *Exposition du sys-* « *tème du monde*[1], cependant ils ont entre eux des rapports « qui peuvent nous éclairer sur son origine. En le considé- « rant avec attention, on est étonné de voir toutes les planètes « se mouvoir autour du soleil, d'Occident en Orient, et presque « dans le même plan ; les satellites, en mouvement autour de « leurs planètes, dans le même sens et à peu près dans le « même plan que les planètes; enfin le soleil, les planètes et « les satellites dont on a observé les mouvements de rota- « tion, tourner sur eux-mêmes dans le sens et à peu près « dans le plan de leurs mouvements de projection. Les « satellites offrent à cet égard une singularité remarquable. « Leur mouvement de rotation est exactement égal à leur « mouvement de révolution, en sorte qu'ils présentent « constamment le même hémisphère à leur planète. C'est « du moins ce que l'on observe pour la Lune, pour les « quatre satellites de Jupiter et pour le dernier satellite de « Saturne, les seuls satellites dont on ait jusqu'ici reconnu la « rotation. »

Le système planétaire, tel qu'il était connu alors, formait un ensemble de 11 planètes et de 18 satellites. Les mouvements de rotation du Soleil, de 6 planètes, de la Lune, des satellites de Jupiter, d'un satellite de Saturne et de son anneau étaient établis. En les réunissant à ceux de révolution, ils constituaient ainsi 43 mouvements, tous dirigés dans le même sens.

« Des phénomènes aussi extraordinaires, poursuit de « Laplace, ne sont point dus à des causes irrégulières. En sou-

1. Vol. II, p. 392, 5e éd., 1824 (1re éd., 1797, Voy. *posteà, nota*). Ici, plus que partout ailleurs, nous avons reproduit le texte même de l'auteur, et nous ne croyons nullement que ce soit, comme on l'a dit, le *copier servilement;* c'est, suivant nous, le meilleur moyen d'en faire apprécier la valeur; c'est un hommage rendu à ces grandes illustrations de l'esprit humain que de n'altérer en rien l'expression de leur haute pensée; c'est une justice que l'on rend à la fois au savant et à l'écrivain, quand les deux mérites se trouvent réunis.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« mettant aux calculs leurs probabilités, on trouve qu'il y a « plus de deux cent mille milliards à parier contre un, qu'ils « ne sont point l'effet du hasard, ce qui forme une probabi- « lité bien supérieure à celle de la plupart des événements « historiques dont nous ne doutons point. Nous devons donc « croire, au moins avec la même confiance, qu'une cause « primitive a dirigé les mouvements planétaires.

« Un autre phénomène également remarquable du sys- « tème solaire est le peu d'excentricité des orbes des planètes « et des satellites, tandis que ceux des comètes sont fort « allongés, les orbes de ce système n'offrant point de nuances « intermédiaires entre une grande et une petite excentricité. « Nous sommes encore forcés de reconnaître ici l'effet d'une « cause régulière; le hasard n'eût point donné une forme « presque circulaire aux orbes de toutes les planètes; il est « donc nécessaire que la cause qui a déterminé le mouve- « ment des corps les ait rendus presque circulaires. Il faut de « plus que la grande excentricité des orbes des comètes et « la direction de leur mouvement dans tous les sens en « soient des résultats nécessaires, car, en regardant les orbes « des comètes rétrogrades comme étant inclinés de plus de « 100° à l'écliptique, on trouve que l'inclinaison moyenne « des orbes de toutes les comètes observées approche beau- « coup de cent degrés, comme cela doit être, si ces corps « ont été lancés au hasard. »

Et quelle est cette cause primitive? de Laplace répondra plus loin; mais auparavant il rappelle le passage où Newton exprime cette pensée, que l'influence perturbatrice réciproque des planètes doit à la longue troubler l'harmonie générale du système, les faire dévier de l'ellipse parfaite de leur orbite jusqu'à ce qu'enfin, c'est l'expression du grand mathématicien, *ce système ait besoin d'être remis en ordre par son auteur*. Leibnitz ne manqua pas de relever l'inconséquence de cette conclusion en faisant voir qu'on ne pouvait pas supposer, même dans l'hypothèse, que le Créateur n'eût pas su ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qu'il fallait pour assurer la perpétuité de son œuvre et fût obligé d'y remettre la main pour la réparer de temps en temps. Aussi, de Laplace, calculant toutes ces influences secondaires qui, dans l'opinion de l'illustre géomètre anglais, devaient troubler la stabilité du monde, démontra qu'avec le temps les influences perturbatrices se détruisaient les unes les autres, et que ce même temps ramenait en sens contraire les effets qui avaient momentanément fait dévier le système de sa situation normale.

C'est seulement dans la dernière des *Notes* qui termine son livre que de Laplace répond à la question qu'il s'était posée précédemment, en remarquant d'abord que Buffon lui paraît être le seul qui, depuis la découverte du vrai système du monde, ait essayé de remonter à l'origine des planètes et des satellites. L'hypothèse d'une comète tombant sur le Soleil et en chassant un torrent de matière qui s'est réunie au loin en divers globes, telle que nous l'avons exposée précédemment (p. 120), satisfait au mouvement de translation des planètes dans le même sens, et à peu près dans le même plan, mais il ne s'ensuit pas nécessairement que le mouvement de rotation soit dirigé dans le même sens. Ensuite, le peu d'excentricité des orbites serait contraire à l'hypothèse, parce que la théorie des forces centrales indique que, si un corps se mouvant dans un orbe rentrant autour du Soleil rase la surface de cet astre, il devra y revenir constamment à chacune de ses révolutions. Si donc les planètes avaient été primitivement détachées du Soleil, elles devraient le toucher chaque fois qu'elles reviennent vers lui, de sorte que leurs orbes, dit l'auteur de la *Mécanique céleste*, au lieu d'être circulaires seraient fort excentriques, ou du moins n'auraient pu avoir tous de petites excentricités que par le hasard le plus extraordinaire. Enfin, l'hypothèse ne rend pas compte de l'extrême allongement des orbes des comètes ; mais, à cet égard, on doit se rappeler que Buffon ne comprenait point ces corps dans son application, ce qui devait être, puisque

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

c'était au choc de l'un d'eux qu'il attribuait l'origine des autres [1].

Cette hypothèse, poursuit Laplace, est donc très-éloignée de satisfaire aux phénomènes précédents. Voyons s'il est possible de s'élever à leur véritable cause.

« Quelle que soit sa nature, puisqu'elle a produit ou « dirigé le mouvement des planètes, il faut qu'elle ait em- « brassé tous ces corps ; et, vu la distance prodigieuse qui les « sépare, elle ne peut avoir été qu'un fluide d'une immense « étendue. Pour leur avoir donné dans le même sens un « mouvement presque circulaire autour du Soleil, il faut que « ce fluide ait environné cet astre comme une atmosphère. « La considération des mouvements planétaires nous conduit « donc à penser qu'en vertu d'une chaleur excessive l'atmo- « sphère du Soleil s'est primitivement étendue au delà des « orbes de toutes les planètes, et qu'elle s'est resserrée suc- « cessivement jusqu'à ses limites actuelles. »

« Dans l'état primitif où nous supposons le Soleil, il res- « semblait aux nébuleuses que le télescope nous montre com- « posées d'un noyau plus ou moins brillant, entouré d'une « nébulosité qui, en se condensant à la surface du noyau, « le transforme en étoile. Si l'on conçoit, par analogie, toutes « les étoiles formées de cette manière, on peut imaginer leur « état antérieur de nébulosité, précédé lui-même par d'autres « états, dans lesquels la matière nébuleuse était de plus en « plus diffuse, le noyau étant de moins en moins lumineux. « On arrive ainsi, en remontant aussi loin que possible, à une « nébulosité tellement diffuse, que l'on pourrait à peine en « soupçonner l'existence. »

Rappelant ensuite les observations qui tendent à prouver

1. On peut remarquer, d'un autre côté, que, suivant Buffon, le refroidissement, ayant depuis longtemps amené la consolidation de la terre jusqu'au centre, rend moins compte des phénomènes ignés subséquents et jusqu'à ceux de nos jours que l'hypothèse suivante qui maintient la fluidité intérieure du sphéroïde.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que le groupement de certaines étoiles résulte d'une cause primitive, telle que la condensation des nébuleuses à plusieurs noyaux, de Laplace se demande comment l'atmosphère solaire a pu déterminer les mouvements de rotation et de révolution des planètes et des satellites. « Si ces corps, dit-il, « avaient pénétré profondément dans cette asmosphère, sa « résistance les aurait fait tomber sur le Soleil. On peut donc « conjecturer que les planètes ont été formées, à ses limites « successives, par la condensation des zones de vapeurs « qu'elle a dû, en se refroidissant, abandonner dans le plan « de son équateur. »

L'auteur avait fait voir précédemment que l'atmosphère du Soleil ne peut pas s'étendre d'une manière indéfinie, et que sa limite est le point où la force centrifuge due à son mouvement de rotation balance la pesanteur; d'où il résulte qu'à mesure que le refroidissement, resserrant l'atmosphère, condense à la surface de l'astre les molécules qui en sont voisines, le mouvement de rotation augmente, puisqu'en vertn du principe des aires, la somme de celles décrites par le rayon vecteur de chaque molécule du Soleil et de son atmosphère, et projetée sur le plan de son équateur, est toujours la même. Sa force centrifuge due à ce mouvement, devenant également plus grande, le point où elle fait équilibre à la pesanteur est aussi plus rapproché du centre du Soleil.

« En supposant donc, ce qu'il est naturel d'admettre, que « l'atmosphère s'est étendue à une époque quelconque jusqu'à « sa limite, elle a dû, en se refroidissant, abandonner les « molécules situées à cette limite et aux limites successives « produites par l'accroissement de la rotation du Soleil. Ces « molécules abandonnées ont continué de circuler autour de « cet astre, puisque leur force centrifuge était balancée par « leur pesanteur. Mais cette égalité n'ayant point lieu, par « rapport aux molécules atmosphériques placées sur les « parallèles à l'équateur solaire, celles-ci se sont rappro- « chées, par leur pesanteur, de l'atmosphère à mesure qu'elle

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« se condensait, et elles n'ont cessé de lui appartenir qu'autant « que, par ce mouvement, elles se sont rapprochées du plan « de l'équateur.

« Considérons maintenant les zones des vapeurs, succes- « sivement abandonnées. Ces zones ont dû, selon toute vrai- « semblance, former, par leur condensation et l'attraction « mutuelle de leurs molécules, divers anneaux concentriques « de vapeurs circulant autour du Soleil. Le frottement mutuel « des molécules de chaque anneau a dû accélérer les unes et « retarder les autres, jusqu'à ce qu'elles aient acquis un même « mouvement angulaire. Ainsi, les vitesses réelles des molé- « cules les plus éloignées du centre de l'astre ont été plus « grandes. »

. . . . . .

« Si toutes les molécules d'un anneau de vapeurs conti- « nuaient de se condenser sans se désunir, elles formeraient « à la longue un anneau liquide ou solide. Mais la régularité « que cette formation exige, dans toutes les parties de « l'anneau et dans leur refroidissement, a dû rendre ce phé- « nomène extrêmement rare. Aussi le système solaire n'en « offre-t-il qu'un seul exemple, celui des anneaux de Saturne. « Presque toujours, chaque anneau de vapeurs a dû se rompre « en plusieurs masses qui, même avec des vitesses très-peu « différentes, ont continué à circuler à la même distance « autour du Soleil. Ces masses ont dû prendre une forme « sphéroïdale, avec un mouvement de rotation dirigé dans le « sens de leur révolution, puisque leurs molécules inférieures « avaient moins de vitesse réelle que les supérieures; elles « ont donc formé autant de planètes à l'état de vapeurs. Mais « si l'une d'elles a été assez puissante pour réunir successi- « vement, par son attraction, toutes les autres autour de son « centre, l'anneau de vapeurs aura été ainsi transformé dans « une seule masse sphéroïdique circulant autour du Soleil, « avec une rotation dirigée dans le sens de sa révolution. Ce « dernier cas a été le plus commun ; cependant le système

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« solaire nous offre le premier cas dans les quatre petites pla-
« nètes qui se meuvent entre Jupiter et Mars. . . . . »

« Maintenant, si nous suivons les changements qu'un
« refroidissement ultérieur a dû produire dans les planètes en
« vapeurs, dont nous venons de concevoir la formation, nous
« verrons naître, au centre de chacune d'elles, un noyau
« s'accroissant sans cesse par la condensation de l'atmosphère
« qui l'environne. Dans cet état, la planète ressemblait parfai-
« tement au Soleil à l'état de nébuleuse, où nous venons de
« le considérer; le refroidissement a donc dû produire, aux
« diverses limites de son atmosphère, des phénomènes sem-
« blables à ceux que nous avons décrits, c'est-à-dire des
« anneaux et des satellites circulant autour de son centre,
« dans le sens de son mouvement de rotation, et tournant
« dans le même sens sur eux-mêmes. La distribution régu-
« lière de la masse des anneaux de Saturne, autour de son
« centre et dans le plan de son équateur, résulte naturelle-
« ment de cette hypothèse, et sans elle devient inexplicable.
« Ces anneaux me paraissent être des preuves toujours sub-
« sistantes de l'extension primitive de l'atmosphère de Saturne
« et de ses retraites successives.

« Ainsi les phénomènes singuliers du peu d'excentricité
« des orbes des planètes et des satellites, du peu d'inclinaison
« de ces orbes à l'équateur solaire, et de l'identité du sens des
« mouvements de rotation et de révolution de tous ces corps,
« avec celui de la rotation du Soleil, découlent de l'hypothèse
« que nous proposons, et lui donnent une grande vraisem-
« blance. »

. . . . . .

« Dans notre hypothèse, les comètes sont étrangères au
« système planétaire. . . . . .

« L'examen approfondi de toutes les circonstances de ce
« système, ajoute plus loin de Laplace, accroit encore la pro-
« babilité de notre hypothèse. La fluidité primitive des pla-
« nètes est clairement indiquée par l'aplatissement de leur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« figure, conforme aux lois de l'attraction mutuelle de leurs « molécules; elle est, de plus, prouvée pour la terre, par la « diminution régulière de la pesanteur en allant de l'équateur « aux pôles. Cet état de fluidité primitive, auquel on est con- « duit par les phénomènes astronomiques, doit se manifester « dans ceux que l'histoire naturelle nous présente. Mais, pour « l'y retrouver, il est nécessaire de prendre en considération « l'immense variété des combinaisons formées par toutes les « substances terrestres mêlées dans l'état de vapeurs, lors- « que l'abaissement de la température a permis à leurs « éléments de s'unir. Il faut ensuite considérer les prodi- « gieux changements que cet abaissement a dû successi- « vement amener dans l'intérieur et à la surface de la terre, « dans toutes ses productions, dans la constitution et la « pression de l'atmosphère, dans l'Océan et dans les corps « qu'il a tenus en dissolution. Enfin, il faut avoir égard « aux changements brusques, tels que de grandes éruptions « volcaniques, qui ont dû troubler à diverses époques la « régularité de ces changements. La géologie suivie sous « ce point de vue, qui la rattache à l'astronomie, pourra, « sur beaucoup d'objets, en acquérir la précision et la cer- « titude. »

Telle est, d'après les termes mêmes de l'auteur, que nous avons reproduits scrupuleusement pour n'en altérer ni la clarté ni la noble simplicité, l'idée la plus probable que l'on puisse se faire de l'origine de notre système planétaire, et, par conséquent de celle du globe terrestre qui en fait partie.

Suivant ce qu'écrivait plus récemment un savant critique, « tout ce que dit Buffon de sa *terre* peut donc s'appliquer « à la *terre* de Laplace, sauf quelques particularités relatives « à l'état de la matière au centre de notre globe, lesquelles « sont mieux représentées par la théorie du géomètre que « par celle du naturaliste. Tout le bénéfice des déductions de « Buffon est ainsi acquis à la théorie de Laplace, et il est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« surprenant que cette dernière soit si peu connue et aussi « peu populaire[1]. »

Mais cette circonstance, qui étonne le savant académicien, n'a rien, suivant nous, que de très-naturel : l'*Exposition du système du monde* n'est lue que par peu de personnes, si ce n'est par les astronomes, les physiciens et les mathématiciens, qui s'occupent de synthèses générales. Quant aux géologues, ils s'adonnent beaucoup plus aux diverses parties positives et pratiques de la science qu'aux idées théoriques, aux détails des terrains et de ce qu'ils renferment, qu'aux grands aperçus sur les relations du globe avec le reste de l'univers ; il est donc tout simple que cette magnifique synthèse de ses calculs, que de Laplace a relégués en dernier lieu[2] si modestement dans une *note* placée tout à la fin de son livre et sans titre particulier qui appelle l'attention, n'y ait été découverte, pour ainsi dire, que par quelques *curieux*, et ne soit pas entrée dans le domaine public comme la *Théorie de la Terre*, publiée dans de tout autres conditions.

Enfin, l'hypothèse de Laplace, comme on l'a fait remarquer, rend compte des chutes d'aérolithes. Ces corps, restés d'abord en dehors de l'attraction des planètes, se trouvent ensuite précipités à leur surface lorsqu'elles viennent à être rencontrées par leur sphère d'activité.

Il serait inutile d'entrer ici dans plus de détails sur la cosmogonie et les diverses hypothèses auxquelles elle a pu donner lieu ; aussi renverrons-nous le lecteur que ce sujet pourrait intéresser à ce que nous en avons déjà dit ailleurs[3].

1. Babinet, *Études et lectures sur les sciences d'observations*, vol. IV, p. 37, 1857.

2. Cette réserve de Laplace est ici bien singulière, car, dans la 1re édition de son livre (an IV), dans la 2e (an VII), où il n'y a pas de Notes à la fin, comme dans la 3e (1808) et la 4e (1813), les *faits* et leur *explication* ne sont point séparés, mais réunis dans le chapitre VI intitulé : *Considérations sur le système du monde.*

3. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 2, 1847.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 2. GÉOGÉNIE.

Exposition. — Les phénomènes qui ont succédé à la première formation des planètes, et en particulier de la Terre, ont encore plus occupé les savants que leur origine même. La diversité des hypothèses à cet égard porte sur les états par lesquels notre globe a passé ou dû passer pour arriver au point que les eaux aient pu séjourner à sa surface sans se vaporiser, et commencer alors cette série continue d'autres phénomènes qui se sont produits jusqu'à nous, et dont nous pouvons apprécier la chronologie.

L'existence de la Terre, à partir de son origine, nous présente donc tout d'abord deux phases bien distinctes : l'une, pendant laquelle les actions physiques et chimiques, se produisant seules, constituent la *phase géogénique;* c'est la phase obscure pour nous, celle où les hypothèses jouent le plus grand rôle, c'est la *phase mythologique,* où la vérité ne nous apparaît qu'à travers un voile plus ou moins épais. Les causes des faits ou des résultats nous échappent en partie ; aussi les astronomes, les physiciens, les chimistes, les mathématiciens comme les géologues, en ont-ils fait le champ de leurs investigations, de leurs recherches et de leurs calculs.

L'autre phase est celle où la Terre commence à avoir ses dates précises, où la succession chronologique des faits est représentée par des monuments accessibles à l'observation, à l'appréciation de nos moyens conventionnels de calculer les temps écoulés; c'est la phase *géologique* ou de l'*histoire* proprement dite.

Mais, entre l'examen de ces deux phases, dont la première ne nous occupera qu'un instant, quel que soit le laps de temps qu'elle représente, doivent venir se placer des questions communes à l'une et à l'autre, et que nous désigne-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rons sous le titre de *physique du globe*, parce qu'en effet elles traitent de sujets pour lesquels le concours des calculs, de l'observation et des expériences était nécessaire afin de relier, en partie du moins, l'état actuel de la Terre à son état antérieur, et de remonter, autant que possible, par l'application des lois de la physique générale, à son état primitif. C'est donc un point de vue expérimental et mathématique, parfaitement distinct à la fois, et des spéculations physiques et chimiques relatives à la première phase ou phase *géogénique*, et de la description régulière des phénomènes et des produits de la seconde phase *historique* ou *géologique*.

L'hypothèse cosmogonique de Laplace une fois admise, il restait à se rendre compte des résultats du refroidissement sur la masse terrestre d'abord gazeuse, puis liquide, et enfin solide au moins à sa surface. Ce sujet a exercé les méditations des plus grands physiciens et mathématiciens de nos jours, dont nous avons indiqué ailleurs les idées principales, avant de nous arrêter à celles d'un géologue, qui nous paraissent s'éloigner moins des faits observés.

Les applications de la chimie et de la physique à la théorie de la Terre sont, on le conçoit, d'autant plus nombreuses, que ces sciences elles-mêmes se généralisent davantage. Aussi, depuis les anciennes théories dont nous avons parlé, beaucoup d'essais ont-ils été tentés pour remonter de l'état actuel du globe à son état originaire, et pour expliquer par les lois qui nous sont connues, les phénomènes qui ont dû présider à sa formation comme ceux qui l'ont amené à l'état où nous le voyons aujourd'hui.

Nous avons reproduit et discuté[1] les hypothèses d'Ampère, de Poisson et de Ladam, les importants résultats des calculs appliqués à la physique du globe par M. W. Hopkins, d'intéressantes remarques de Dufrénoy et de M. Élie de Beaumont, d'autres de MM. Angelot, Bischof, Hennessy,

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 1-54, 1847.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

G. Herschel et les *Études* de F. de Boucheporn, mais nous devons nous borner à y renvoyer le lecteur pour passer immédiatement aux considérations chimiques qui nous paraissent se rapprocher davantage de notre but. Elles n'ont été ni moins nombreuses ni moins variées que celles qui se rapportent à l'état physique de la Terre; cependant il nous suffira d'exposer sur ce sujet les idées qui nous semblent les plus propres à fixer l'attention.

Théorie de H.-T. de La Bèche. — Dans ses *Recherches sur la partie théorique de la géologie*, H.-T. de La Bèche considère, à peu près comme l'avait fait Ampère, l'effet du refroidissement sur les principales substances qui constituent les parties solides, liquides et gazeuses de l'écorce du globe, afin de connaître jusqu'à quel point les résultats seraient d'accord avec la distribution et la manière d'être actuelle de ces substances. Après avoir examiné ce qui a dû se passer dans les rapports et les combinaisons du chlore, de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote, du soufre, du phthore, du phosphore et des vapeurs métalliques, au fur et à mesure du refroidissement, et cela par suite du rayonnement de la chaleur de la masse première gazeuse dans laquelle ces diverses substances ont pu être mélangées à l'origine, il fait voir qu'il a dû arriver un moment où il s'est formé une croûte solide oxydée, surmontée d'une enveloppe gazeuse. Celle-ci était en partie composée d'oxygène et recouvrait une masse intérieure fortement chauffée, composée elle-même de substances métalliques à peine mélangées avec l'oxygène et les autres corps simples non métalliques.

Cette hypothèse, dit l'auteur, s'accorde à la fois avec la théorie de la chaleur centrale et avec celle de l'existence, au-dessous de l'écorce du globe, des bases métalliques de certaines substances dont l'oxydation peut aujourd'hui donner lieu à plusieurs phénomènes géologiques.

Si l'on examine la composition chimique de la partie de la Terre qui nous est connue, on sera frappé de l'énorme volume

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'oxygène qui entre, soit dans la composition de l'air et de l'eau, soit dans celle des roches solides. L'oxygène constitue à peu près $\frac{20}{100}$ du volume de l'atmosphère, $\frac{1}{3}$ en volume des gaz qui forment l'eau, et il est contenu en immense quantité dans les diverses roches qui ne sont guère que des substances oxydées. Ainsi la silice constitue au moins $\frac{45}{100}$ de l'écorce minérale du globe; or, étant composée de 48,4 de silicium et de 51,6 d'oxygène, on voit combien le volume de l'atmosphère serait augmenté si l'oxygène contenu seulement dans la silice venait à reprendre son état gazeux, et, à plus forte raison, cet accroissement serait-il énorme si ce même gaz se dégageait de tous les autres minéraux qui composent l'écorce de la Terre, ainsi que des eaux qui sont à sa surface.

Les proportions de l'hydrogène, de l'azote, du carbone, du soufre et du chlore, quoique très-considérables encore, sont bien loin d'approcher de celle de l'oxygène. Les autres corps simples non métalliques, c'est-à-dire le phosphore, le bore, le sélénium, l'iode, le brome et le phthore n'ont qu'une importance plus ou moins secondaire dans la masse connue de la terre.

Le silicium est la plus importante des bases métalliques des alcalis et des terres qui se trouvent à la surface du globe, puisque nous avons vu la silice constituer environ $\frac{45}{100}$ de la partie accessible à nos recherches. L'aluminium vient ensuite; sa quantité totale est sans doute beaucoup moindre, mais il est tout aussi répandu. Indépendamment de sa proportion, qui est de 8 à 30 0/0 dans la plupart des roches cristallines ou d'origine ignée, il y a bien peu de roches d'origine mécanique ou sédimentaire qui n'en contiennent pas, l'alumine constituant la base de toutes les roches argileuses. Le potassium, le sodium et le magnésium viennent après dans l'ordre d'importance; quant au calcium à l'état d'oxyde et combiné avec l'acide carbonique pour constituer les calcaires, bien que paraissant prédominant au premier abord, il n'occupe cependant que le cinquième rang. On le rencontre d'ailleurs fré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

quemment à la surface des continents, et il abonde surtout dans la partie moyenne et supérieure des terrains fossilifères, tandis qu'il est dispersé en très-petite quantité dans les dépôts plus anciens et dans les eaux de l'Océan.

De tous les métaux dont les oxydes ne sont ni des alcalis ni des terres, le fer et le manganèse sont les plus importants à considérer. Ainsi le fer constitue à l'état d'oxyde un peu plus des $\frac{5}{100}$ des terrains stratifiés inférieurs et les $\frac{2}{100}$ de l'écorce minérale. Le manganèse, quoique aussi très-fréquent, ne formerait que $\frac{3}{1000}$ ou $\frac{4}{1000}$ seulement de la masse des roches, et les autres métaux, plus particulièrement répandus dans les veines et les filons, n'entrent que pour une faible proportion dans les éléments minéralogiques constituant ces mêmes roches.

De La Bèche a rangé dans l'ordre suivant, d'après leur degré d'importance, les principales substances qui entrent dans la composition de la partie connue de notre planète, mais il est évident que la densité moyenne de la masse comparée à celle de cette partie connue ne permettrait pas d'étendre plus loin, ou à la partie intérieure de la Terre, ce résultat de proportionnalité des éléments constituants.

CORPS SIMPLES NON MÉTALLIQUES.

1. Oxygène.	3. Azote.	5. Soufre.	7. Phthore.
2. Hydrogène.	4. Carbone.	6. Chlore.	8. Phosphore.

BASES MÉTALLIQUES DES ALCALIS ET DES TERRES.

1. Silicium.	3. Potassium.	5. Magnésium.
2. Aluminium.	4. Sodium.	6. Calcium.

MÉTAUX DONT LES OXYDES NE SONT NI DES ALCALIS NI DES TERRES.

1. Fer. 2. Manganèse.

Ainsi 16 des substances regardées jusqu'à présent comme des corps simples constituent, par leurs diverses combinaisons, sinon la totalité, du moins de beaucoup la plus grande partie

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des matières gazeuses, liquides ou solides, organiques ou inorganiques que nous voyons à la surface de la Terre.

Nous n'avons pas, on le conçoit, à nous occuper ici de ces romans chimiques, plus ou moins ingénieux, basés sur des expériences de laboratoire et créés dans le silence du cabinet par des savants qui n'ont jamais étudié la nature ou qui ne l'ont vue que sous une face et à travers le prisme d'idées préconçues; cela nous mènerait fort loin sans aucun avantage réel pour le lecteur, et nous passerons aux résultats plus positifs des calculs appliqués aux données expérimentales et de l'observation directe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE II.

PHYSIQUE DU GLOBE.

§ 1. TEMPÉRATURE.

Recherches de Fourier. — Les travaux qui, dans le premier quart de ce siècle, nous semblent avoir le plus contribué à établir la véritable théorie de la terre, quant à son origine, sont ceux de Laplace et de Fourier, résumés les uns à la fin de l'*Exposition du système du monde*, les autres dans les *Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires*. Ces travaux ont servi de point de départ à tout ce qui s'est fait depuis dans cette direction, et, s'ils ont été complétés, ils n'ont pas été dépassés. Aussi les regardons-nous comme la base de toute géologie générale. Déjà, au commencement du chapitre précédent, nous avons exposé l'hypothèse cosmogonique si spécieuse de Laplace, et nous ne pouvons mieux commencer celui-ci qu'en présentant le résumé synthétique des calculs auxquels Fourier a soumis les divers éléments qui se rattachent aux températures de la Terre[1].

La chaleur de la Terre dérive de trois sources : 1° des rayons solaires dont l'inégale distribution produit les climats;

1. *Ann. de chimie et de physique*, vol. XXVII, p. 136, 1824.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

2° de la température des espaces planétaires due à l'irradiation des astres; 3° d'un reste de la chaleur primitive.

La température des espaces planétaires étant peu inférieure à celle des régions polaires de notre globe, celui-ci n'aurait que cette même température si les deux autres causes ne contribuaient à l'échauffer.

« La chaleur primitive du globe ne produit plus d'effet sen-
« sible à la surface, mais elle peut être immense à l'intérieur
« de la Terre. La température de la surface ne dépasse pas
« de $\frac{1}{30}$ de degré centigrade la dernière valeur à laquelle elle
« doit parvenir. Elle a d'abord diminué très-rapidement,
« mais, dans son état actuel, le changement continue avec une
« extrême lenteur. »

L'action des rayons solaires, sous notre latitude, ne s'exerçant pas à plus de 30 mètres au-dessous de la surface; l'accroissement que l'on observe quand on pénètre au delà, et qui est d'environ 1° par 32 mètres, ne peut être attribué qu'à une température intérieure propre, très-élevée, qui doit diminuer, mais fort lentement, dans le cours des siècles.

La chaleur solaire produit deux effets distincts : l'un périodique, compris dans son enveloppe extérieure, l'autre constant, observé dans les lieux profonds, à 30 mètres de la surface, par exemple. La température de ces lieux est fixe pendant le cours de l'année, mais différente suivant les climats. Elle résulte de l'action perpétuelle des rayons solaires et de l'inégale exposition des parties de la surface, de l'équateur aux pôles. « On peut déterminer le temps qui a dû
« s'écouler pour que cette action ait produit la diversité des
« climats telle que nous l'observons aujourd'hui. Tous ces
« résultats s'accordent avec ceux des théories dynamiques qui
« nous ont fait connaître la stabilité de l'axe de rotation de la
« Terre. L'effet périodique de la chaleur solaire consiste dans
« les variations diurnes ou annuelles. »

La présence de l'atmosphère et des eaux rend la distribution de la chaleur plus uniforme, et l'on voit, en résumé, que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la surface de notre globe est placée entre une masse solide, dont la chaleur centrale peut surpasser celle des matières incandescentes et une enceinte immense dont la température est inférieure à celle de la congélation du mercure. Or toutes ces conséquences s'appliquent aux autres corps planétaires que l'on peut considérer comme placés dans un milieu dont la température constante serait peu inférieure à celle des pôles de la Terre.

Fourier examine ensuite les effets provenant de ces trois causes, et nous n'aurions peut-être pas à nous occuper ici de ceux dus à l'action solaire, qui sont plus particulièrement du domaine de la météorologie, s'ils n'étaient également dans la relation la plus intime et la plus directe avec les produits organiques des divers âges géologiques, et s'ils ne nous étaient précisément traduits aujourd'hui par les caractères de ces mêmes fossiles végétaux et animaux.

Sur tous les points du globe un thermomètre placé à 40 mètres au-dessous de la surface du sol indique une température fixe. Constante pour un lieu déterminé, elle n'est pas la même sous les divers climats et décroît en général lorsqu'on s'avance vers les pôles. Par suite du mouvement de la chaleur solaire dans l'enveloppe extérieure et l'étendue des variations, la différence « entre le *maximum* et le *minimum* « de température n'est pas la même à toutes les profondeurs; « elle est d'autant moindre que la distance à la surface est « plus grande. »

« Dans les parties de l'enveloppe les plus voisines de cette « dernière, le thermomètre s'élève et s'abaisse pendant la « durée de chaque jour. Ces variations diurnes cessent d'être « sensibles à 2 ou 3 mètres de profondeur. On ne peut « observer au-dessous que les variations annuelles qui dis- « paraissent elles-mêmes à une plus grande profondeur.

« Si la vitesse de la rotation de la Terre autour de son axe « devenait incomparablement plus grande, et s'il en était de « même du mouvement de cette planète autour du Soleil, les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« variations diurnes et annuelles cesseraient d'être observées; « les points de la superficie auraient acquis et conserveraient « les températures fixes des lieux profonds. En général la « profondeur qu'il faut atteindre pour que les variations ces- « sent d'être sensibles a un rapport très-simple avec la durée « de la période qui ramène les mêmes effets à la surface. « Cette profondeur est exactement proportionnelle à la racine « carrée de la période, et c'est pour cette raison que les « variations diurnes ne pénètrent qu'à une profondeur dix- « neuf fois moindre que celle où l'on observe encore les « variations annuelles. »

Considérant ensuite la température des espaces célestes indépendante et de la présence du soleil et de celle que la terre a pu conserver de son état primitif, Fourier fait voir que si le globe terrestre et tous les corps qui constituent notre système planétaire se trouvaient « dans une enceinte privée « de toute chaleur, on observerait des phénomènes entière- « ment contraires à ceux que nous connaissons. Les régions « polaires subiraient un froid immense, et le décroissement « des températures, depuis l'équateur jusqu'aux pôles, serait « incomparablement plus rapide et plus étendu.

« Dans cette hypothèse du froid absolu de l'espace, s'il « est possible de le concevoir, tous les effets de la chaleur, « tels que nous les observons à la surface du globe, seraient « dus à la présence du soleil. Les moindres variations de la « distance de cet astre à la terre occasionneraient des chan- « gements très-considérables dans la température. L'inter- « mittence du jour et de la nuit produirait des effets subits « et totalement différents de ceux que nous observons. La « surface des corps serait exposée tout à coup au commence- « ment de la nuit à un froid infiniment intense. Les corps « animés et les végétaux ne résisteraient point à une action « aussi forte et aussi prompte qui se reproduirait en sens « contraire au lever du soleil.

« La chaleur primitive conservée dans l'intérieur de la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« masse terrestre ne pourrait point suppléer à la température « extérieure de l'espace et n'empêcherait aucun des effets que « l'on vient de décrire; car nous connaissons avec certitude, « par la théorie et les observations, que l'effet de cette cha- « leur centrale est devenu depuis longtemps insensible à la « superficie, quoiqu'il puisse être très-grand à une profon- « deur médiocre. »

« Nous concluons de ces diverses remarques et principalement de l'examen mathématique de la question, qu'il existe une cause physique toujours présente qui modère les températures à la surface du globe terrestre et donne à cette planète une chaleur fondamentale indépendante de l'action du soleil et de la chaleur propre que sa masse intérieure a conservée. Cette température fixe que la Terre reçoit ainsi de l'espace diffère peu de celle que l'on mesurerait aux pôles, et elle est nécessairement moindre que celle des contrées les plus froides. »

« L'origine de ce phénomène est due au rayonnement de tous les corps de l'univers dont la lumière et la chaleur peuvent arriver jusqu'à nous..... Le nombre immense de ces corps compense les inégalités de leurs températures et rend l'irradiation sensiblement uniforme. Cette température de l'espace n'est pas la même dans les différentes régions de l'univers, mais elle ne varie pas dans celles où les corps planétaires sont renfermés, parce que les dimensions de cet espace sont incomparablement plus petites que les distances qui les séparent des corps rayonnants. Ainsi dans tous les points de l'orbite de la terre cette planète trouve la même température du ciel, et il en est de même des autres planètes de notre système. »

Quant à la chaleur propre que le globe terrestre possédait lors de la formation des planètes et qui continue à se dissiper à la surface sous l'influence de la basse température des espaces célestes, Fourier recherche d'abord suivant quelles lois une sphère solide, échauffée par un très-long séjour dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

un milieu, perdrait cette chaleur si elle venait à être transportée dans un espace dont la température constante serait inférieure à celle de ce premier milieu.

« La forme du sphéroïde terrestre, dit-il, la disposition régulière des couches intérieures, rendue manifeste par les expériences du pendule, leur densité croissante avec la profondeur et diverses autres considérations concourent à prouver qu'une chaleur très-intense a pénétré autrefois toutes les parties du globe. Cette chaleur se dissipe par l'irradiation dans l'espace environnant, dont la température est très-inférieure à celle de la congélation de l'eau. Or l'expression mathématique de la loi du refroidissement montre que la chaleur primitive contenue dans une masse sphérique d'une aussi grande dimension que la Terre diminue beaucoup plus rapidement à la superficie que dans les parties situées à une certaine profondeur. Celles-ci conservent presque toute leur chaleur durant un temps immense, et il n'y a aucun doute sur la vérité des conséquences, parce que nous avons calculé ces temps pour des substances métalliques plus conductrices que les matières du globe. »

Cette théorie indique seulement la loi; mais, si l'on réunit et si l'on discute toutes les observations faites à l'intérieur de la terre suivant une verticale donnée, à partir du point où cessent de se manifester les variations diurnes et annuelles dues à l'action solaire, on trouve en effet un accroissement de température équivalent à 1° pour 30 à 40 mètres de profondeur. Il est facile de prouver, et l'analyse le constate, que cet accroissement ne peut provenir de l'accumulation longtemps prolongée de la chaleur solaire, et que la cause de cette haute température des couches profondes vient d'une source intérieure placée au-dessous des points où l'on a pu pénétrer. Mais de combien cette cause élève-t-elle aujourd'hui la température de la surface au-dessus de celle que lui donnerait l'action seule du soleil? L'auteur fait voir que cette quantité est devenue presque insensible, et « qu'il existe un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rapport mathématique entre la valeur de l'accroissement par mètres et la quantité dont la température de la surface excède encore celle qui aurait lieu si la cause intérieure dont il s'agit n'existait pas. Or il déduit de ses recherches analytiques, que l'excès de température que la surface terrestre a présentement, en vertu de cette source intérieure, est très-petit, et qu'il est vraisemblablement au-dessous de $\frac{1}{30}$ de degré centigrade. Il faut bien remarquer, ajoute-t-il, que cette dernière conséquence s'applique à toutes les suppositions que l'on pourrait faire sur la nature de la cause, qu'elle soit universelle, constante ou variable. »

L'illustre physicien, après avoir rappelé la méthode expérimentale et les calculs dont il s'est servi, ajoute que si l'on applique les résultats de son analyse au globe terrestre, pour connaître quels seraient les effets successifs de l'accroissement de température dans un globe formé d'une substance dont les propriétés sont connues, « celui de $\frac{1}{30}$ de degré par mètre « de profondeur, considéré comme résultant de la chaleur « centrale, a été autrefois beaucoup plus grand, qu'il varie « maintenant avec une lenteur extrême, et qu'il s'écoulera « plus de 30,000 ans avant qu'il soit réduit à la moitié de sa « valeur actuelle. »

« Quant à l'excès de température de la surface, il varie « suivant la même loi; la diminution séculaire ou la quantité « dont il s'abaisse durant un siècle est égale à la valeur « actuelle, divisée par le double du nombre de siècles qui se « sont écoulés depuis l'origine du refroidissement; et, comme « une limite de ce nombre nous est donnée par les monu- « ments historiques, on en conclut que, depuis l'école « d'Alexandrie jusqu'à nous, la température de la surface « de la terre n'a pas diminué par cette cause de la « $\frac{3}{100}$ partie de 1°. »

« Quoique l'effet de la chaleur intérieure, dit plus loin « Fourier, ne soit plus sensible à la surface de la terre, la « quantité totale de cette chaleur, qui se dissipe dans un temps

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« donné, comme une année ou un siècle, est mesurable, et « nous l'avons déterminée. Celle qui traverse, durant un « siècle, un mètre carré de superficie et se répand dans les « espaces célestes, pourrait fondre une colonne de glace, qui « aurait pour base ce mètre carré, et une hauteur d'environ « 3 mètres. »

« En résumé, la terre reçoit les rayons du soleil qui pénètrent sa masse et l'y convertissent en chaleur obscure; elle possède aussi une chaleur propre qu'elle tient de son origine, et qui se dissipe continuellement à sa superficie; enfin, cette planète reçoit des rayons de lumière et de chaleur des astres innombrables, parmi lesquels le système solaire est placé. Telles sont les trois causes générales qui déterminent les températures terrestres. La troisième, c'est-à-dire l'influence des astres, équivaut à la présence d'une enceinte immense, fermée de toutes parts, dont la température constante serait peu inférieure à celle que nous observerions dans les contrées polaires. » On remarquera, en dernier lieu, que la chaleur solaire qui pénètre à l'intérieur de la terre par les régions équatoriales, est exactement compensée par celle qui s'écoule à travers les régions polaires, de sorte que la terre rend aux espaces célestes toute la chaleur qu'elle reçoit du soleil, et qu'elle y ajoute encore une partie de celle qui lui est propre.

Mémoire de L. Cordier. — Jusqu'ici nous avons vu les physiciens et les mathématiciens s'appuyer sur l'accroissement de la température dans les lieux profonds; mais, quoique les observations à cet égard fussent déjà nombreuses, leur peu d'accord pouvait faire douter de leur exactitude, et l'on pouvait se demander si ce désaccord provenait d'erreurs dans les expériences ou bien de différences réelles dans les températures annotées. Cette question importante fut traitée avec tout le soin possible par L. Cordier, professeur au Muséum d'histoire naturelle et membre de l'Académie des sciences, trois ans après la publication du travail de Fourier dont nous venons de parler. L'*Essai sur la température intérieure de la*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Terre[1] est le complément critique, expérimental et géologique de tous les mémoires qui l'ont précédé sur cette matière, l'auteur y donnant d'abord une analyse scrupuleuse de toutes les observations antérieures dont il a eu connaissance et les discutant; puis, exposant les méthodes qu'il a employées dans les siennes, ainsi que les résultats qu'il a obtenus; enfin, appliquant aux phénomènes géologiques les conséquences qui se déduisent de l'ensemble de ses recherches. Ce mémoire offre donc un intérêt multiple, dont l'importance ne nous semble pas avoir été suffisamment appréciée, et sur lequel, par conséquent, nous croyons devoir insister ici.

De l'examen et de la discussion d'environ 300 annotations de température, prises dans les travaux de 40 mines de divers pays, et dont les deux tiers avaient été faites dans l'air et le reste dans les eaux de ces exploitations, Cordier déduisit d'abord qu'elles annonçaient, d'une manière plus ou moins positive, l'existence d'un accroissement notable de température à partir de la surface de la terre vers l'intérieur, et cela, comme nous venons de voir qu'on l'admettait généralement alors. A l'Observatoire de Paris, les annotations donneraient 28 mètres de profondeur pour l'accroissement d'un degré cent. dans la température, ce qui, en le supposant constant, placerait la température de l'eau bouillante à 2503 mètres au-dessous de la ville. Les autres résultats, dont la valeur peut être acceptée, varient entre 57 et 13 mètres de profondeur pour 1° d'accroissement, et leur moyenne annonce en général une augmentation plus rapide que celle que l'on croyait. Groupées par régions, les observations font pressentir que les irrégularités ou les différences reconnues tiennent à de véritables différences dans la distribution de la chaleur souterraine d'un pays à un autre.

Les observations personnelles de Cordier ont été faites avec toutes les précautions possibles pour se mettre à l'abri

1. Lu à l'Académie des sciences le 4 juin, le 9 et le 23 juillet 1827.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des causes d'erreurs dans les mines de houille de Carmeaux, de Decise et de Littry, et l'accroissement de 1° de température s'est trouvée, en moyenne, pour la première localité, de 36 mètres, pour Littry, de 19, et, pour Decize, de 15 seulement.

De ces données et des précédentes résulte :

1° Qu'il existe une chaleur interne propre au globe, indépendamment de l'action solaire, et croissant rapidement avec les profondeurs; 2° que l'augmentation de la chaleur souterraine ne suit pas la même loi par toute la terre, et qu'elle peut être double ou même triple d'un pays à un autre; 3° que ces différences sont indépendantes des latitudes et des longitudes; 4° que l'accroissement est certainement plus rapide qu'on ne l'avait supposé, qu'il peut aller à 1° pour 15 et même pour 13 mètres de profondeur dans certaines contrées, et que la moyenne ne peut pas être fixée, quant à présent, à moins de 25 mètres.

« Conclusions importantes, dit l'auteur, qui assurent, « tout en les modifiant notablement, les bases d'après les- « quelles on peut appliquer au globe terrestre la théorie « mathématique de la répartition de la chaleur dans les corps « de grandes dimensions. Elles sont en harmonie avec les « conséquences tirées des phénomènes de nature si diffé- « rente, qui avaient fait pressentir depuis longtemps l'incan- « descence intérieure de la terre. »

En cherchant à appliquer ces résultats à la théorie générale de notre globe, Cordier en déduisit un certain nombre de propositions fondamentales pour les diverses spéculations dont cette théorie peut être l'objet, mais que leur étendue ne nous permet pas de reproduire ici.

Observations diverses sur la température intérieure. — Les recherches expérimentales sur la température intérieure de la terre ne se sont point arrêtées à celles que nous venons d'indiquer, et tout ce qui s'est fait dans cette voie depuis quarante ans semble avoir confirmé le principe de son accrois-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sement, au moins d'une manière générale. Suivant M. G. Bischof, la configuration du sol exercerait une certaine influence sur la marche de la chaleur. Ainsi, dans les plaines et les vallées, l'accroissement serait plus rapide, et sous les montagnes plus lent, et cela d'autant plus que les pentes sont plus fortes. Les couches intérieures d'égale température ou lignes *chthonisothermales* ne sont parallèles à la surface que dans les plaines et sur des étendues peu considérables. Elles se relèvent sous les montagnes et se déprimen sous les mers, les lacs et les glaciers.

— **dans les mines.** — Nous avons réuni, discuté et comparé les annotations faites sur la température intérieure depuis la publication du mémoire de Cordier, et nous avons fait voir que les résultats ne sont pas aussi simples qu'on l'avait cru d'abord[1]. Nous avons considéré la température observée dans les mines en Irlande, en Angleterre, en Belgique, en France, en Allemagne et dans l'Amérique du Nord, et la proportion de l'accroissement s'est montrée très-variable depuis le point de température constante. Dans le terrain houiller de Newcastle jusqu'à 482^{m}.70 de profondeur totale ou 395^{m}.70 au-dessous du niveau de la mer, l'accroissement a été de 1° centigrade pour 32^{m}.57. Dans le Cornouailles, à 530 mètres ou 433 au-dessous de la mer, les observations faites à des distances assez rapprochées, par M. R.-W. Fox, ont donné des résultats peu concordants. Dans d'autres localités peu éloignées on a observé que la température croissait moins rapidement à mesure que l'on se trouvait à de plus grandes profondeurs, où la progression n'était pas continue et régulière comme on l'avait d'abord pensé. De près de 400 annotations thermométriques prises par M. Henwood dans les mines de Cornouailles et du Devonshire, l'auteur a aussi conclu que les lignes isothermales souterraines ne sont point parallèles à la surface du sol. La température diffère également suivant la nature des roches,

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 63, 1847.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

suivant celle des filons, etc.; ainsi elle est plus élevée dans les schistes que dans les granites.

En Allemagne M. Reich a aussi constaté, dans les mines de l'Erzgebirge et des environs de Freyberg, un accroissement de température, mais différent dans les unes et dans les autres. Dans les mines de charbon de la Virginie, M. W.-B. Rogers a trouvé, comme MM. Fox et Henwood, que la proportion de l'accroissement était moindre à mesure qu'on s'enfonçait.

La température observée dans les puits des mines a donné des résultats également variés. Ainsi, dans le puits de Monte-Massi, dans la province de Grossetto, en Toscane, poussé jusqu'à 348 mètres de profondeur, la roche a offert une température de 41°.7, celle de l'air extérieur étant, de 17°.2. Il y avait donc une différence de 25°,5 entre les deux extrémités du puits, et l'accroissement était de 1° par 13 mètres. Une dernière observation, faite à 370 mètres avant l'écroulement du puits, avait donné 42°, la plus haute température qui ait été observée directement à l'intérieur de la terre.

Dans les mines de Valanciana, près de Guanaxato, à 522 mètres de profondeur, mais à plus de 1500 mètres au-dessus du niveau de la mer, la température de l'eau, au fond des travaux, était de 38°.8. Dans les mines de l'Oural, M. Kupffer a constaté aussi l'accroissement en déduisant une moyenne de 25^{m}37 pour 1° Réaumur, et dans l'Inde les observations analogues d'Everest ont conduit aux mêmes conclusions.

— dans les puits artésiens: — Les sondages artésiens devaient, on le conçoit, être utilisés pour ce genre de recherches, et, en se mettant à l'abri des causes d'erreurs qui ne sont pas aussi sérieuses que le croit M. Bischof, on trouve encore de nombreuses preuves à l'appui de l'accroissement de température dans les lieux profonds. Nous en citerons quelques exemples.

M. Walferdin, à qui l'on doit des instruments fort ingénieux et d'une grande précision pour ce genre d'observations, a trouvé dans le puits de Saint-André (Eure), à 263 mètres,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

une température de 17°.95, donnant un accroissement de 1° par 30^{m}.95; dans le puits de Grenelle, qui a atteint, au-dessous de la craie, les argiles du gault, la température de l'eau était de 27°.6 à 548 mètres, ce qui s'accorde avec celle de 26°.43 obtenue à 505 mètres. En se basant sur la température moyenne de Paris (10°.6), l'accroissement serait de 1° par 31^{m}.9 et de 32^{m}.3 en partant de la température constante des caves de l'Observatoire (11°.7 à la profondeur de 28 mètres). D'un autre côté le même savant, dans le forage de Troyes, arrivé à 125 mètres dans les argiles du gault, comme au-dessous de Grenelle, a constaté une température de 15°.54 ou un accroissement de 1° pour 21 mètres, et M. Girardin, dans des sondages exécutés à Rouen, a obtenu des accroissements de 1° pour 20^{m}.15 et de 1° pour 29^{m}.5. De sorte que dans un bassin peu étendu, dont la constitution assez uniforme est bien connue, on est encore loin de posséder la loi d'accroissement de température avec la profondeur.

Le puits de Prégny, près de Genève, poussé à 221^{m}.50, a donné un accroissement de 1° par 32^{m}.55; celui de Cessingen, près de Luxembourg, à 337 mètres, a donné 1° par 25^{m}.5; celui de Mondorf, sur la frontière de France et de Luxembourg, foré dans le lias et arrêté dans le trias à 700 mètres, a donné une température de 34° ou un accroissement de 1° par 29^{m}.60; celui de New-Salswerck, qui a traversé les mêmes roches en s'arrêtant dans les marnes irisées à 622 mètres ou à 540 mètres au-dessous du niveau de la mer, a présenté une température de 31°.25 qui donne un accroissement sensiblement le même que le précédent, mais plus faible qu'au-dessous de Paris. M. Daubrée a fait connaître les observations dirigées par M. le comte de Mandelslohe, dans le forage de Neuffen, en Wurtemberg, à travers les couches jurassiques et le lias, jusqu'à 385 mètres. Des lectures thermométriques avaient été faites à 12 niveaux différents, et celle du fond a donné 38°.7. La moyenne de ces observations, qui sont presque toutes concordantes, donne 1° d'accroissement pour 10^{m}.5

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de profondeur, c'est-à-dire trois fois la proportion ordinaire, et supérieure même au chiffre donné par le puits de Monte-Massi (1° pour 13 mètres). Cet accroissement rapide est attribué au voisinage des basaltes qui auraient encore conservé une certaine quantité de leur chaleur première.

On voit, par ce peu d'exemples que nous avons rapportés et choisis dans des terrains et des conditions d'expérimentation différents, que, tout en faisant abstraction de quelques anomalies extrêmes, des influences locales, etc., nous sommes encore loin de pouvoir indiquer une moyenne de l'accroissement de la température dans les lieux profonds; à plus forte raison si l'on tient compte des résultats singuliers obtenus par des expérimentateurs aussi exercés que MM. Fox, Henwood et W.-B. Rogers.

Bien qu'en traitant de la théorie générale de la chaleur du globe avec Fourier nous ayons dû, pour ne point rompre les raisonnements de ce savant, prendre en considération l'action de la chaleur solaire à la surface de la Terre, on conçoit que nous ne pourrions en parler davantage sans entrer dans le domaine plus particulier de la météorologie; aussi renverrons-nous le lecteur à ce que nous en avons dit ailleurs[1].

§ 2. MESURE DE LA TERRE.

La figure de la Terre est un élément qui se rattache trop directement à son origine pour qu'il n'en soit pas ici question.

En effet, cette figure seule donne la preuve de la fluidité originaire du globe, et nous n'aurions ni sa structure, ni les caractères et la disposition des roches, ni l'accroissement de la température à l'intérieur avec les phénomènes qui en sont la conséquence, qu'elle suffirait, en vertu de la théorie mécanique des forces centrales, pour être regardée comme résultant d'une masse fluide du même volume et douée d'un

1. *Histoire des progrès de la géologie,* vol. I, p. 82.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mouvement de rotation sur son axe. Cette figure, donnée par la théorie et vérifiée pour tous les corps célestes que l'astronomie à pu mesurer, a été obtenue par des expériences directes. Ainsi une masse d'eau contenue dans une enveloppe sphérique flexible comme un ballon de caoutchouc, placée sur une plaque tournante et soumise à un mouvement de rotation, se déprime aux extrémités de son axe et se renfle à son équateur. M. Plateau, en faisant flotter librement une boule d'huile dans un mélange d'eau et d'alcool et imprimant un mouvement de rotation au vase qui contenait le tout, observa que la boule d'huile s'aplatissait faiblement, comme la Terre et Mars, quand le mouvement était peu rapide, mais, si celui-ci était de plus en plus prononcé, l'aplatissement devenait comparable et même supérieur à celui de Jupiter et de Saturne, planètes qui, malgré leurs énormes volumes, tournent sur elles-mêmes avec une rapidité telle que leurs jours n'ont que neuf ou dix heures des nôtres.

L'aplatissement de la Terre ou la différence entre ses deux axes, évalué par Newton à $\frac{1}{230}$ et par Huygens à $\frac{1}{578}$, s'est trouvé, par les nombreux calculs exécutés depuis, compris entre ces deux évaluations extrêmes, quelle que soit la méthode employée, c'est-à-dire les opérations géodésiques et astronomiques à la fois, les expériences du pendule, ou les inégalités lunaires, cette dernière étant due à de Laplace.

Sans entrer ici dans l'examen comparatif de ces diverses méthodes et des résultats différents qu'elles ont fournis, la première, celle qui semble la moins susceptible de causes d'erreurs, a donné à Bessel, par la combinaison faite avec soin de 10 mesures de degrés, pour le rayon équatorial, 6,377,398^{m}.1, pour le rayon polaire, 6,356,079^{m}.9, et pour l'aplatissement $\frac{1}{299,152}$, enfin la circonférence entière ou la longueur totale d'un méridien serait de 40,003,423 mètres[1].

1. Des résultats plus récents déduits par M. Struve et par *l'Ordnance Survey* ont donné pour l'aplatissement $\frac{1}{294,31}$, et M. Yvon Villarceau a déduit des travaux relatifs à la géodésie de la France $\frac{1}{285,78}$.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

D'après ces données le renflement de la terre à l'équateur serait de 21318^{m}.55, et, si on voulait le comparer à la hauteur des montagnes qui nous sont connues, on trouverait qu'il n'est pas égal à trois fois l'élévation du Kintschindjinga au-dessus de la mer (8587^{m}.44), et qu'il est à peu près cinq fois celle du plateau oriental du Tibet (4677^{m}.68). Quant aux différences qui en résulteraient, suivant les valeurs diverses de l'aplatissement fournies soit par les mesures de degrés, soit par les expériences du pendule, soit enfin par les inégalités lunaires, Alex. de Humboldt fait remarquer qu'elles ne sont pas aussi considérables qu'on pourrait le croire au premier abord. Ainsi la différence entre $\frac{1}{310}$ et $\frac{1}{280}$, fractions qui sont les limites extrêmes, ne correspond qu'à 2143 mètres, c'est-à-dire qu'elle n'est pas le double de la hauteur du Brocken ou du Vésuve, et que c'est le $\frac{1}{10}$ environ de la valeur donnée pour le renflement à l'équateur par l'aplatissement de $\frac{1}{299}$ adopté quant à présent.

§ 3. DENSITÉ DE LA TERRE.

La fraction de l'aplatissement admise par les premiers géologues avait été obtenue dans la supposition que toute l'attraction se trouvait réunie au centre même de figure de l'ellipsoïde, mais les mesures de degrés les plus exactes ont fait voir que cette valeur était beaucoup trop forte et que la densité intérieure de la terre n'était pas uniforme. De là les nombreuses expériences du pendule porté sur divers points du globe pour mesurer l'intensité de la pesanteur à sa surface, pour apprécier l'attraction exercée par la masse des montagnes sur le fil à plomb et dont Newton semble avoir le premier compris l'importance et cherché à estimer les effets.

On sait que la densité de notre planète peut être déterminée par trois méthodes : la déviation du fil à plomb, les oscillations du pendule et la balance de torsion.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Par la première, qu'ont employée Hutton et Playfair au mont Schehallien, en Écosse, la moyenne des observations a donné pour sa densité 4,713

Par la seconde, employée par Carlini au mont Cenis, et dont les calculs ont été repris par Giulio, cette densité s'est trouvée de 4,950

Et par la troisième, les observations de Cavendish ont donné. 5,448

Celles de M. Reich, en 1838 5,440

Celles de M. Baily, en 1842 5,660

Celles de M. Reich, en 1847-50 5,577

La moyenne de ces deux derniers résultats, dit Alex. de Humboldt[1], donnerait 5,62 pour la densité de notre globe, celle de l'eau étant 1.

On peut remarquer que cette densité est presque double de celle des roches basaltiques les plus compactes, et elle dépasse celle des pierres d'aimant (4,9 à 5,2). La densité moyenne de toutes les roches qui forment la partie connue de l'écorce terrestre ne dépasse pas 2,4 à 2,6. Si l'on admet, avec Rigaud[2], que l'élément solide est à l'élément liquide :: 10 : 27, et si l'on tient compte de la profondeur des eaux qui, sur certains points, dépasse 8000 mètres, la densité des couches situées immédiatement au-dessous de la surface solide et de celle de l'Océan est à peine de 1,5. Plana, qui admettait pour cette dernière 1,83, portait à 16,27 celle du centre de la terre, que de Laplace n'estimait que 10,047, quoiqu'il exagérât celle des couches de la surface et celle du granite.

Mais des observations faites en 1854 par M. Airy, au moyen du pendule, avec une grande précision à ce qu'il semble, dans les mines de Harton, ont apporté un chiffre sensiblement plus fort que tous les précédents, celui de 6,566[3]. Une modification faite à ce résultat par M. Stocke, en raison de l'effet de la rotation et de l'ellipticité du sphé-

1. *Cosmos,* vol. IV, p. 35.
2. Voy. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 139.
3. Voy. *Cosmos,* vol. IV, p. 544.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

roïde, donnerait pour densité de la terre à Harton, situé par 54°48′ lat. N., 6,565, et pour celle à l'équateur 6,489.

Nous mentionnerons ici, comme se rapportant à la densité de certaines portions de la croûte terrestre, les observations de Rozet[1] sur la direction de la verticale, relativement à l'influence qu'elle éprouve par le voisinage des chaînes de montagnes. Ayant appliqué la formule obtenue pour l'action sur le pied de la verticale d'un cube donné de basalte, par exemple, à une chaîne comme celle des Alpes, il fait voir, comme l'avaient déjà soupçonné plusieurs savants, que les déviations de cette même verticale ne peuvent être uniquement attribuées à la partie extérieure des montagnes, mais qu'elle dépend nécessairement de la structure intérieure du globe; leur marche exige, en outre, que dans les bombements de la surface la densité de la matière ait considérablement augmenté et qu'elle ait au contraire diminué dans les dépressions.

La densité moyenne du globe, dit plus loin Rozet, comparée à celle des roches connues, exige également que sous les chaînes il se trouve des matières soulevées du centre vers la surface; aussi le centre de ces chaînes présente-t-il des roches d'origine ignée dont les densités sont plus fortes que celles des couches de sédiment qu'elles ont traversées, tandis que dans les intervalles des chaînes, où la convergence des verticales est diminuée, il a fallu par la même raison que la matière s'abaissât de la surface vers le centre. « La production de ce double effet exige nécessairement que l'intérieur du globe ait été à l'état fluide. Ainsi, par le seul moyen des observations géodésiques et astronomiques, on peut arriver à démontrer la fluidité intérieure de la terre, aux différentes époques de formation des chaînes de montagnes. »

Ces données ont reçu leur application à certains phénomènes géologiques dont il sera question par la suite.

Magnétisme terrestre. — Soit que les effets du magnétisme

1. *Mém. de la Soc. géol. de France,* 2e sér., vol. I, 1844.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

terrestre se rattachent à l'origine et à l'état propre du globe, soit qu'ils se lient, au contraire, plus intimement aux phénomènes extérieurs et résultant de la température et de l'action solaire, ou bien encore de courants électriques superficiels, comme les belles expériences de Barlow portent à le penser, ils sont certainement en rapport avec ce que l'on doit entendre par l'expression de *physique du globe*, et c'est, en effet, ainsi que nous les avons compris nous-même[1]. Mais, dans le champ où nous devons nous restreindre ici, nous croyons devoir renvoyer le lecteur à ce que nous en avons dit et aux ouvrages plus spéciaux que nous avons indiqués.

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 119, 1847.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE III.

§ 1. PREMIERS EFFETS DU REFROIDISSEMENT DE LA TERRE.

L'hypothèse cosmogonique appliquée à la terre étant admise, et les résultats des calculs et des données physiques expérimentales qui confirment cette hypothèse ou s'accordent avec elle pour attribuer à notre globe un état primitif de fluidité ignée étant également admis, il reste à interroger les actions chimiques, pour voir si elles rendront compte des effets du refroidissement sur les éléments constituants de la masse fluide. En d'autres termes, les lois de la chimie peuvent-elles nous expliquer comment se sont formées : 1° la première écorce minérale cristalline, solide, continue, constituant une enveloppe qui isole la masse interne restée fluide; 2° la masse des eaux recouvrant, sur une épaisseur plus ou moins considérable, la plus grande partie de cette écorce; 3° l'enveloppe gazeuse atmosphérique circonscrivant le tout?

Par l'application de quels principes les oxydes des métaux et des terres se sont-ils combinés et associés pour former les minéraux et les roches de la première enveloppe solide qui a dû servir de *substratum* aux premières eaux? Comment l'oxygène et l'hydrogène se sont-ils trouvés dans les conditions voulues pour se combiner et former la masse liquide? Comment l'oxygène et l'azote, isolés des autres gaz, se sont-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ils trouvés rester à l'état de simple mélange pour constituer l'atmosphère?

Ces importants problèmes, en face desquels on se trouve dès les premiers pas que l'on fait dans l'histoire de la terre, n'ont pas encore été, à ce qu'il semble, nettement posés ni résolus. Ils ont été attaqués par divers côtés, mais jamais en face. On s'est préoccupé, dans leur solution, du rôle qu'a dû jouer tel ou tel corps : de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote, du soufre, du carbone, puis des bases des alcalis et des terres; on a raisonné d'après leurs propriétés telles qu'elles se manifestent dans nos expériences de laboratoire, ou telles qu'elles agissent dans la nature actuelle; mais si les propriétés des corps sont constantes, il s'en faut de beaucoup que les conditions dans lesquelles ils ont pu se trouver aient été les mêmes, ou aient toujours été comparables. Ainsi, au lieu de ces conditions simples, toutes appréciables, dans lesquelles nous nous plaçons, opérons et raisonnons, si nous nous reportons par la pensée à celles, sans doute infiniment complexes et dont nous ne pouvons guère nous faire une idée, où se trouvaient toutes ces substances gazeuses, métalliques et terreuses soumises à une température telle que les plus réfractaires étaient à l'état fluide, conformément à l'hypothèse, on comprendra que les tentatives faites jusqu'à présent pour expliquer clairement la formation successive, ou simultanée, des trois enveloppes solide, liquide et gazeuse de notre globe n'aient pas été couronnées d'un plein succès. Aussi, dans les traités et les ouvrages généraux, passe-t-on à côté de la question, ou l'élude-t-on par quelques phrases qui ne répondent absolument à rien.

Il serait superflu de reproduire ici les essais tentés dans cette voie, souvent par des hommes de mérite; ils nous paraissent trop incomplets, n'embrassent que quelques parties du sujet, ne reposent que sur de pures abstractions, ou bien encore sur des considérations chimiques théoriques que rien ne justifie dans la nature. Nous nous bornerons donc,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans ce qui suit, à examiner quel a pu être l'état et la composition des trois enveloppes extérieures de la terre après leur séparation ou leur isolement de la masse primitive commune, par suite des actions chimiques et physiques résultant du refroidissement.

Sans doute, ces trois enveloppes sont disposées dans l'ordre de leur densité respective comme par rapport à la densité de la masse interne, mais ce fait général ne peut entrer que comme un élément dans la question principale, et il y a toujours une lacune considérable dans nos connaissances directes comme dans nos théories spéculatives. D'un autre côté, les découvertes spectrales, en nous faisant connaître, en partie du moins, la composition de l'atmosphère solaire entourant son noyau liquide incandescent, peuvent faire naître quelques idées sur les résultats de l'oxydation des métaux, bases des terres et des alcalis, dont ces vapeurs nous révèlent l'existence, et sur ceux de leur condensation ou de leur précipitation par le refroidissement de la masse, laissant les gaz non réduits se dégager, ainsi que l'oxygène resté en excès. Il est probable que ce sera plutôt dans cette direction que dans celles où l'on s'est engagé jusqu'à présent que se trouvera l'explication cherchée.

Enveloppe gazeuse atmosphérique. — Après la formation des enveloppes solide et liquide, la composition de la masse des gaz et des vapeurs constituant l'atmosphère terrestre ne devait pas différer sensiblement de ce qu'elle est actuellement quant à ses éléments. Ainsi, l'azote, que nous ne connaissons qu'à l'état de gaz, et qui plus tard entra dans les combinaisons organiques, pouvait s'y trouver en excès, et l'on ne voit pas que la proportion d'oxygène restée libre, après les oxydations si énergiques des premiers temps, ait dû changer sensiblement non plus jusqu'au moment où commencèrent les évolutions de la matière entraînée dans le courant des phénomènes de la vie. Son extrême affinité pour le carbone, les métaux oxydables et l'hydrogène, tout en influant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sur sa proportion dans l'atmosphère, devait être balancée par quelque circonstance qui aura contribué à la maintenir telle qu'elle était nécessaire pour le développement des êtres organisés. L'action de ces derniers aurait pu, par la suite, modifier ces proportions, ainsi que celle de l'hydrogène fixé par les plantes, qui l'empruntaient à l'eau; mais la destruction successive de ces organismes, animaux et végétaux, rendait à l'atmosphère tout ce qu'ils lui avaient temporairement emprunté; de sorte qu'il y a eu, si l'on peut s'exprimer ainsi, une sorte de *fonds de roulement* de ces éléments employés pour subvenir aux besoins des forces vitales, entrant dans les combinaisons infiniment variées qu'elles déterminaient, pour retourner ensuite à la masse commune.

Il ne dut pas en être de même du carbone contenu dans l'atmosphère sous forme d'acide carbonique. Il y était probablement plus abondant que de nos jours, car tout ce qui est contenu dans l'anthracite, la houille, les lignites, les bitumes, la tourbe, la terre végétale, dans les roches solides sous forme de matière organique accidentelle, dans les animaux et les végétaux vivants, aussi bien que dans l'acide carbonique des calcaires sédimentaires, tout ce carbone, disons-nous, fixé ainsi dans la suite par l'action des forces vitales, a dû être enlevé à l'atmosphère primitive, pour n'y plus retourner. Aujourd'hui l'acide carbonique est encore apporté de l'intérieur et versé au dehors par les orifices des volcans, les émanations particulières, les sources thermales et d'autres circonstances qui concourent à son remplacement, mais qui ont dû être bien plus efficaces alors que les communications entre l'intérieur et l'extérieur de la croûte oxydée étaient plus fréquentes qu'elles ne le sont de nos jours. Nous reviendrons plus loin sur ce sujet, et nous nous bornerons à rappeler ici que la proportion d'acide carbonique de l'atmosphère, évaluée généralement aujourd'hui à 6 dix-millièmes, a pu être de 5 à 8 centièmes pendant la période houillère.

Quant à la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère pri-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mitive, elle était sans doute très-considérable, en raison de la température élevée, qui devait produire des effets météorologiques analogues, mais incomparablement plus prononcés que ceux des régions tropicales de nos jours.

Enveloppe liquide. — On a remarqué que dans la distribution actuelle des principales substances minérales, le sodium existait à la fois en grande quantité dans les roches cristallines et dans les eaux de la mer. Dans les premières, il est uni à l'oxygène, dans les secondes, au chlore. La presque totalité du chlore que nous connaissons appartient à cette combinaison dissoute dans les eaux de l'Océan. Nous y comprenons naturellement celui qui entre dans la composition des sels gemmes, en bancs subordonnés à des dépôts de sédiment réguliers, et attribués à une origine marine.

On peut donc, sans trop d'invraisemblance, et pour compléter ce que nous avons déjà dit de la composition de l'atmosphère, supposer, au commencement, que le chlore était, dans ces eaux, combiné avec l'hydrogène et le sodium, comme l'hydrogène avec l'oxygène, constituant le fonds commun, si l'on peut s'exprimer ainsi, de la masse océanique actuelle, avec les muriates de chaux, de magnésie, le sulfate de soude et quelques autres substances. On a vu quel avait été le rôle de l'azote et de l'acide carbonique. Ce dernier devait être aussi dissous en certaine quantité dans les mêmes eaux.

L'abaissement de température, en condensant les vapeurs composées de ces éléments, dès que la surface de la terre permit qu'elles s'y maintinssent à l'état liquide, détermina la formation d'un Océan sans bornes, peu profond, mais parsemé d'innombrables îlots représentant les aspérités de la première croûte oxydée de la terre, et enveloppé d'une atmosphère épaisse, dense, laissant pénétrer à peine une partie de la lumière solaire.

Tant que dura cet état de choses, on conçoit qu'il ne pouvait y avoir d'eaux douces permanentes; car, en supposant que l'atmosphère fût déjà assez refroidie et purifiée des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

substances étrangères tenues en suspension, soit à l'état de gaz, soit à l'état de vapeurs, l'eau résultant de la condensation retombait toujours dans la mer ou sur les îlots primitifs, ne trouvant encore aucun récipient suffisant pour s'y conserver. S'il y en avait, leur faible étendue, leur peu de profondeur, l'élévation de la température du fond comme celle de l'air ne permettaient pas à l'eau d'y séjourner; de sorte que ces étangs et ces lacs des premiers âges de la terre étaient purement temporaires.

Si nous en jugeons par les êtres organisés les plus anciens que nous connaissions, il dut s'écouler un temps énorme avant que les eaux douces persistantes fussent assez étendues pour nourrir les formes animales qui leur sont propres. Pendant une grande partie des dépôts que nous appellerons de *transition*, il n'y eut que des animaux que toutes leurs analogies nous font regarder comme marins. Les plus anciennes traces de végétaux qu'on y rencontre sont aussi d'origine aquatique marine.

La première condition, pour la permanence des eaux douces, était donc l'existence de surfaces émergées, assez étendues et assez élevées pour que celles qui provenaient de la condensation des vapeurs aqueuses de l'atmosphère pussent s'y conserver dans des dépressions sans communication avec l'Océan, et la seconde une température assez basse pour qu'il ne s'y produisît plus de vaporisation complète. Ces conditions paraissent d'ailleurs ne s'être réalisées qu'assez tard dans l'histoire de la terre, car, si une végétation terrestre apparaît pendant la période dévonienne, ce n'est que dans la suivante, celle des dépôts carbonifères, que nous en observons les effets avec certitude et sur une grande échelle. Les témoignages authentiques que nous offrent alors les formes animales et végétales, comme les caractères particuliers des dépôts, leur étendue et leur épaisseur, nous prouvent l'importance du rôle des eaux douces à la surface du globe. S'il a été longtemps nul, puis très-faible, il s'est accru proportionnellement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

à l'extension des terres émergées et à l'inverse des eaux marines ou salées. Les produits organiques, soit animaux, soit végétaux, se sont accrus et modifiés dans le même sens, c'est-à-dire avec l'accroissement de ces mêmes eaux douces, la diminution de la chaleur propre du globe, l'élévation des continents et des îles, et l'action toujours de plus en plus prédominante de la chaleur solaire sur la température propre de la surface en ses divers points.

La répartition actuelle des eaux douces, comparée à celle de certains moments de l'époque tertiaire, montre que nos lacs sont moins nombreux et moins étendus dans quelques régions, mais que nos fleuves et nos rivières ont un cours beaucoup plus considérable par suite des reliefs plus prononcés du sol et de l'éloignement des rivages.

Enveloppe solide. — Si l'on peut se représenter les effets du refroidissement de la surface d'une masse du volume de la terre à l'état de fluidité ignée, par suite du rayonnement de la chaleur dans l'espace, on concevra que les premières parties solides qui se sont formées, d'abord isolées, discontinues, puis augmentant en étendue en même temps qu'en épaisseur, aient fini par se joindre et se souder. Elles ont constitué à la fin une enveloppe continue, isolant alors la masse interne, restée fluide et incandescente, de la masse externe à l'état de gaz et de vapeurs, et dont les éléments devaient plus tard servir à constituer les enveloppes liquides et atmosphériques dont nous venons de parler [1].

Cette première enveloppe solide, que nous devons sup-

1. En tenant compte de la différence de nature des fluides et des proportions du phénomène, on peut parfaitement comparer cet effet à ce qui se passe de nos jours sur les rivières, et particulièrement sur les grands fleuves du Nord, tels que le Saint-Laurent. Lorsque les premiers froids se font sentir, leur surface se couvre de glaçons flottants, d'abord peu étendus et peu nombreux; le froid continuant et devenant plus intense, les glaçons augmentent en nombre et en dimensions, puis ils se touchent; le mouvement cesse, et ils se soudent enfin pour former une croûte de glace continue dont la surface supérieure est inégale et couverte d'aspérités formées par des glaçons placés dans toutes les positions. En outre, cette croûte augmente d'épaisseur par sa surface inférieure tant que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

poser formée de minéraux cristallisés constituant des masses sans apparence de stratification ou d'aucune disposition en couches, resta longtemps à une haute température, et produisant l'effet d'un écran naturel par rapport à la masse fluide interne, dut ralentir la marche du refroidissement, d'autant plus que, par l'effet de ce dernier, la croûte solide tendait à s'épaissir à l'intérieur. Cependant cet épaississement n'était pas tel qu'elle fût soustraite aux modifications incessantes occasionnées par le refroidissement lent, mais continu, telles que les effets de la contraction de la masse produisant des brisures dans divers sens, puis la réaction de la partie fluide incandescente sur son enveloppe encore mince et peu consolidée faisant surgir au dehors, par les interstices, des portions de matières ignées qui les remplissaient sous forme de veines et de filons.

Les massifs cristallins de cette première période, alors que les actions chimiques et physiques s'exerçaient seules, étaient peu élevés, car les chaînes de montagnes n'ont été formées qu'à des époques comparativement récentes, et aujourd'hui ils sont peu reconnaissables. Les bassins des mers étant peu profonds, mais fort étendus, les surfaces émergées étaient, au contraire, peu considérables. L'eau contenue en vapeurs dans l'atmosphère s'est condensée et s'est maintenue à l'état liquide dans les dépressions de la croûte oxydée, lorsque celle-ci s'est trouvée inférieure à 100°, et sa masse a dû augmenter jusqu'à ce que l'équilibre fût établi dans des conditions générales peu différentes de celles de nos jours, c'est-à-dire après que la température extérieure fut assez abaissée

le froid augmente. Seulement ici, le phénomène n'affecte qu'une seule espèce minérale, l'eau passant de l'état liquide à l'état solide, à partir de la température de zéro, tandis qu'à l'origine de la terre ce fut un certain nombre d'espèces minérales qui se solidifièrent par le refroidissement à une température, sans doute encore fort élevée, au-dessus de celle où l'eau cesse d'être liquide. La consolidation de la lave au fond de l'immense cratère du volcan de Kirauea, dans l'île d'Awaï, présente sans doute aussi quelque analogie avec celle de la première croûte du globe.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pour ne plus occasionner ces vaporisations et ces condensations fréquentes dont nous avons parlé.

Ainsi, la surface des parties émergées de la croûte terrestre, comme les eaux de l'Océan, ont dû, pendant un laps de temps considérable, conserver encore une température telle que les êtres organisés ne pouvaient se développer ni au-dessus des unes ni au sein des autres. Les conditions d'humidité et de pression ou de densité devaient aussi être différentes de celles de nos jours, les mers étant plus étendues et les climats plus uniformes. Il n'y avait point de neiges sur les montagnes, d'ailleurs très-peu élevées, et qui n'étaient que des collines tout au plus comparables à celles du Limousin ou de la Bretagne. Il n'y avait point de glaces aux pôles, et les courants atmosphériques, dont la température et l'humidité sont actuellement si variables, n'ont pu acquérir les caractères et l'influence que nous leur voyons qu'à mesure que la terre se refroidissait, que les montagnes prenaient plus de relief par suite de la réaction de la masse interne sur son enveloppe solide, que leurs sommets, comme les extrémités de l'axe de la terre, se couvraient de neiges éternelles. Ce ne fut que plus tard, lorsque la température propre du globe commença à devenir peu sensible à sa surface, que les saisons devinrent plus prononcées par les contrastes et les oppositions en rapport avec l'influence de la chaleur solaire, devenant d'autant plus prépondérante. Tous ces effets ont dû être graduels, comme le refroidissement lui-même, et devenir de plus en plus faibles, du moins quant à ceux qui provenaient de la constitution même de la terre.

Or, du moment où il y eut des eaux permanentes, quelle que fût leur température, des sédiments s'y déposèrent par suite de l'altération, de la décomposition des roches émergées et du transport dans leurs bassins, par les eaux atmosphériques, des éléments qui en provenaient. Ainsi commence un nouvel ordre de choses. Aux roches cristallines massives résultant du refroidissement de la masse fluide incandescente et for-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mant les parois des premiers bassins océaniques, s'ajoutent au fond de ceux-ci des dépôts stratifiés ou en couches superposées indiquant par leur structure en grand, comme par la nature et l'arrangement de leurs matériaux, leur origine sédimentaire. Ce second ordre de phénomènes, dû à des causes générales extérieures et permanentes qui se sont continuées sans interruption jusqu'à nos jours, nous fournit, à partir de cette époque, les éléments d'une série chronologique qui nous permettra de placer, suivant la belle image de Buffon, quelques pierres numéraires sur la route éternelle du temps.

Arrivé à ce point, nous devons quitter le champ des hypothèses générales et tendre à nous rapprocher de plus en plus du domaine des faits révélés par l'observation directe, pour exposer un tableau systématique et naturel à la fois de l'histoire de la terre, en nous servant de toutes les dates que ces observations mettent à la disposition du chroniqueur.

C'est ici le lieu de traiter de la *classification géologique*, c'est-à-dire de l'ordre dans lequel les diverses parties de la science doivent être rangées, et de la *terminologie* ou nomenclature, c'est-à-dire des expressions employées pour désigner ces diverses parties. Nous avons pu jusqu'ici nous en passer, mais nous ne pourrions aller plus loin sans courir le risque de nous égarer.

§ 2. CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE.

La base d'une classification varie suivant le caractère particulier de chaque science. En géologie, la classification n'a point pour base des relations ou des différences de formes extérieures ni de composition intérieure des corps; elle s'appuie sur un tout autre ordre d'idées.

En effet, il y a trois éléments essentiels ou trois coordonnées indispensables pour la détermination géologique d'un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

corps : la *composition*, le *lieu* et le *temps*, ou en d'autres termes, sa nature organique ou inorganique, le point du globe où il a été trouvé, le temps où il a été formé. Le premier élément à déterminer ressort de la minéralogie, de la zoologie ou de la botanique, le second, de la géographie physique; le troisième seul ou le temps, indépendant de toutes les autres sciences, est propre à la géologie. Comme dans l'histoire des peuples, le temps doit servir de base à une classification géologique; c'est le véritable *criterium* auquel tout doit être subordonné.

Mais comment mesurer le temps et comment le représenter sans expression numérique? Un terme relatif peut répondre à cette question. Dans la nature, le temps et ses divisions sont exprimés physiquement par les diverses roches que l'on voit, ou superposées les unes aux autres pour celles qui sont stratifiées ou en couches, ou bien traversées les unes par les autres pour celles qui ne le sont pas.

Ces roches sont donc l'image matérielle, non pas de siècles, ce serait trop peu, mais de périodes embrassant un nombre de siècles variable et indéterminé. Les divisions que nous pourrons établir, d'après leurs divers caractères, dans les roches en couches superposées, ou parfois se pénétrant les unes les autres, représenteront les divisions du temps en unités et en fractions d'inégales valeurs, suivant que nous le jugerons nécessaire. La classification consistera alors à nous offrir, suivant leur ordre d'ancienneté, les phénomènes de diverses sortes dont ces roches nous conservent les traces ou qu'elles expriment elles-mêmes, et dont l'ensemble peut ainsi constituer un véritable chronomètre de la terre. Nous n'aurons sans doute jamais par ce moyen l'expression absolue du temps, mais nous en aurons une représentation relative approchée et figurée, très-suffisante pour les besoins de la science.

Au premier abord, l'application de cette idée semble assez difficile, et, en effet, les anciens ne paraissent pas l'avoir nettement comprise. Il fallait, pour être mis sur la voie, étudier

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

attentivement et d'une manière continue le sol sur lequel nous marchons, et cela dans certaines conditions favorables qui n'existent pas partout; il fallait comparer, sur une assez grande étendue de pays, les résultats de cette étude, c'est-à-dire constater que la partie de l'écorce terrestre accessible à nos regards se compose, suivant les lieux, d'un certain nombre de couches pierreuses de diverses sortes, plus ou moins solides, superposées dans un ordre déterminé. Ce fait reconnu, il s'ensuivait que ces couches avaient été formées les unes après les autres, et que les plus anciennes devaient être celles qui étaient placées le plus profondément. Toute la science était là, et les études historiques de notre première partie ont montré combien il avait fallu de siècles pour arriver à la démonstration irréfutable de ce principe.

Ce point essentiel une fois acquis, commencèrent à surgir ces nombreux essais de classification qui devaient donner les moyens de représenter graphiquement et synoptiquement les couches de la terre dans leur véritable ordre d'ancienneté, d'établir leurs relations, de rapprocher les unes, d'éloigner les autres, de les grouper, de les diviser, de les caractériser enfin pour les reconnaître, comme on le fait pour les autres corps de la nature.

Si les couches qui composent la partie connue de l'écorce terrestre étaient continues, partout les mêmes, conservant la même épaisseur, la même composition minéralogique et renfermant des corps organisés semblables, la constatation de leurs divers caractères une fois faite sur un point quelconque, il ne serait plus resté qu'à l'appliquer à d'autres; la partie eût donné le tout; c'eût été un étalon de comparaison partout applicable. Mais il n'en est point ainsi; l'inégalité du fond des mers et les déplacements que leurs eaux ont éprouvés par suite des oscillations de ce même fond ont empêché cette uniformité et cette continuité des sédiments, et c'est sans doute l'extrême diversité apparente des couches ou des roches d'un pays à un autre, qui a si longtemps empêché de trouver

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

un moyen, pris dans la nature, qui permît de les comparer sous le rapport de leur âge ou de leur ancienneté relative.

Les premiers essais de classification ont été, comme on l'a vu, très-simples et en même temps conformes à la nature ainsi qu'aux idées théoriques que nous venons d'émettre. Mais le principe fondamental de la superposition étant admis, on a bientôt varié dans la manière de l'appliquer, c'est-à-dire de constater la contemporanéité ou la non-contemporanéité des couches ou des roches placées à une certaine distance ou dans des pays différents, et que l'on ne pouvait pas suivre constamment à la surface du sol, de déterminer, par exemple, si telle couche observée en France était du même âge, plus ancienne ou plus récente que telle autre observée en Allemagne, en Angleterre, etc. On employa pour cela des caractères différents, mais d'abord trop exclusivement, au lieu de les faire servir concurremment et simultanément au résultat cherché. Examinons quels sont ces divers caractères, pour pouvoir nous rendre compte de leur valeur relative.

Classifications minéralogiques. — Les premiers caractères qui frappèrent les observateurs et qui durent servir assez longtemps de terme de comparaison furent les caractères minéralogiques et pétrographiques des roches. Les grès quartzeux d'une teinte déterminée, les calcaires compactes ou terreux, blancs, gris, jaunes, noirs, les argiles schisteuses, les schistes noirs, gris ou luisants, etc., furent des moyens de repère jusqu'à ce que l'on eût reconnu que des roches minéralogiquement semblables et de même aspect pouvaient être d'un âge fort différent, et réciproquement.

— physiques ou géométriques. — Un second mode de détermination plus rationnel est celui qui repose sur la détermination des rapports d'ancienneté des diverses roches entre elles. Il résulte des seules considérations stratigraphiques ou de la position relative des couches les unes par rapport aux autres. Il exige l'étude approfondie et la plus attentive des superpositions, des inclinaisons, des directions de ces couches, de tous

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les accidents ou circonstances survenues après leur formation et qui pourraient induire en erreur sur leurs véritables relations originaires. Il peut à la rigueur suffire pour la connaissance géologique d'un pays peu étendu, ou dans lequel toutes les roches observées sont plus ou moins continues, mais dans des régions éloignées, où même voisines, dont les couches sont interrompues ou présentent des caractères et des aspects différents, on conçoit que ce mode de recherches devenait insuffisant. Il fallait donc trouver un caractère plus général, indépendant de l'espace, de la nature des roches, et même de leur position relative dans certains cas, un caractère en un mot qui représentât le temps plus exactement et d'une manière plus indépendante de toutes les autres conditions, et c'est celui qu'offrit la paléontologie.

— **zoologiques.** — On ne tarda pas à s'apercevoir, en effet, qu'en examinant avec soin les restes d'animaux et de végétaux ou les corps organisés fossiles d'une couche donnée, ils restaient généralement les mêmes dans toute son étendue, différaient de ceux de la couche au-dessus comme de ceux de la couche au-dessous, et que ces relations et ces différences pouvaient être constatées, avec quelques modifications que l'expérience a fait connaître, dans des pays très-éloignés les uns des autres, et même sur tous les points de la terre. Comme il arrive toujours, cette précieuse découverte, qui est aujourd'hui la base de la géologie stratigraphique, fut exagérée dans son application, surtout par les zoologistes qui n'avaient pas assez étudié les faits en place ou qui se préoccupaient trop exclusivement de l'importance d'études circonscrites.

— **dynamiques.** — Un autre moyen, qui a pu d'abord séduire de bons esprits, était de baser la chronologie de la terre sur la succession, supposée bien constatée partout, des phénomènes dynamiques qui ont accidenté çà et là, plus ou moins régulièrement, quelques parties de sa surface, occasionné les grands systèmes de brisures de l'écorce solide, les redresse-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ments des couches dans les montagnes, etc.; mais c'était partir d'un principe qui s'est trouvé faux, car si ces mêmes phénomènes dans leur parcours superficiel ont pu être soumis à certaines lois géométriques, ce que nous n'avons pas à examiner ici, le plus simple examen fait voir qu'ils ne sont soumis à aucune règle dans le temps ni dans l'espace, que de grandes portions de cette superficie n'en ont point ressenti les effets, pendant un laps de temps énorme, tandis que sur d'autres ils ont été répétés ou accumulés dans un temps relativement très-court. En outre, dans l'ordre physique pas plus que dans l'ordre politique, des instants de perturbations, de troubles, de violences locales et temporaires, ne peuvent servir de dates pour une chronologie régulière, générale, et il serait tout aussi peu logique de vouloir marquer les âges de la terre par les accidents qu'a éprouvés telle ou telle partie de sa surface, que la chronologie de toutes les nations par les révolutions, les émeutes et autres circonstances fortuites qui ont un moment interrompu la marche de l'existence normale de l'une d'entre elles.

Nous sommes ainsi conduits à chercher ailleurs, c'est-à-dire dans ce qui est régulier, constant et universel, le principe de la chronologie de la terre. De même que nous évaluons le temps par le cours régulier des astres, de même nous devons chercher son expression, pour l'histoire du globe, dans ce qui est le produit naturel et permanent de la vie propre, dans la succession des phénomènes normaux de sa surface, et non dans les accidents produits par des causes internes et indépendantes des lois qui régissent ces mêmes phénomènes.

Cette indépendance avait été d'abord méconnue; on avait cru à une certaine solidarité entre les accidents physiques qui avaient leur cause à l'intérieur et les changements qui s'étaient faits à l'extérieur dans les produits de la vie, dans les animaux et les végétaux des divers âges; il y avait, entre ces deux ordres de faits, si différents quant à leur origine, une apparence de relation qui pouvait séduire au premier abord.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Mais lorsqu'on vint à comparer les terrains des pays les plus tourmentés et les plus accidentés du globe avec ceux des régions où ils n'ont éprouvé aucune perturbation, on remarqua que dans les deux cas la succession des couches était parfaitement la même, et que, dans tous deux aussi, la distribution des corps organisés que ces couches renferment était parfaitement comparable; rien, en un mot, ne trahissait d'un côté l'influence des perturbations qui avaient eu lieu de l'autre.

Quant à nous, nous pensons qu'en géologie, comme dans les autres sciences naturelles, la classification, pour éviter d'être systématique et se rapprocher autant que possible d'une véritable méthode, doit prendre en considération, non pas tel ou tel caractère à l'exclusion de tel autre, mais tous ceux qui peuvent aider à fixer le mieux les dates relatives des phénomènes dans le temps. Tous n'ont certainement pas le même degré d'importance et de généralité, mais chacun d'eux peut être utile dans une circonstance donnée, et aucun, par conséquent, ne doit être négligé dans la pratique de la science, depuis celui qui, fourni par les corps organisés fossiles et bien interprété, donne le principe le plus constant et le plus étendu dans ses applications, jusqu'au caractère minéralogique, qui, le plus restreint, est encore applicable dans bien des cas.

Cela posé, si nous revenons actuellement aux quatre divisions que nous avons vues établies d'abord dans la série géologique des terrains, nous verrons qu'elles ne tardèrent pas à devenir insuffisantes, par suite des recherches multipliées qui obligèrent d'y introduire des sous-divisions de plus en plus nombreuses, de sorte que les mots *terrains primitif*, de *transition*, *secondaire* et *tertiaire*, ne durent plus être regardés que comme exprimant des cadres ou divisions de premier ordre que l'on pouvait conserver sans inconvénients, parce qu'ils permettaient autant de sous-divisions que l'exigeaient les besoins des nouvelles découvertes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Terminologie. — Quant au langage géologique, il ne semble pas pouvoir prétendre de longtemps à la régularité systématique des terminologies zoologique et botanique, étant composé de mots tirés de la plupart des langues modernes, de noms de localités, d'expressions techniques ou même populaires, sans étymologie connue, et qui ne pourraient être remplacés par d'autres sans de grands inconvénients. Les tentatives faites pour obvier à cette sorte d'anarchie n'ont pas été heureuses, comme nous l'avons dit ailleurs [1]; aussi nous sommes-nous borné à faire un choix pour rendre notre nomenclature la plus simple possible, en employant les mots les plus usités, les plus vulgaires même, soit français, soit étrangers ou techniques. Nous avons rejeté la plupart des expressions mythologiques dont le temps est passé, celles tirées des langues anciennes, les associations *hybrides* de prépositions latines avec des noms modernes, et la plupart des mots introduits chaque jour sans nécessité et adoptés sans réflexion.

Les divisions principales de la série géologique se rapporteront aux mots *roches*, *terrain*, *formation*, *groupe*, *étage*, *sous-étage*, ayant chacun un sens fixe, déterminé, et indiquant des sous-divisions de moins en moins importantes. Les mots *assise*, *couche* ou *strate*, *nappe*, *banc* ou *lit* exprimeront de même des divisions du mot *étage*. Cette disposition dichotomique a le double avantage d'établir une certaine analogie avec les classifications des autres sciences naturelles, de s'accorder avec les faits et de permettre l'introduction d'un nouveau terme, s'il est nécessaire, à tel ou tel niveau de la série, sans en troubler le reste.

Afin d'éviter des répétitions trop fréquentes, le mot *époque* sera synonyme de *terrain*, ou employé dans un sens plus restreint, pour désigner le temps pendant lequel s'est formé un ensemble de couches déterminées; il en sera de même du

1. *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. II, p. 144, 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mot *série*. *Système* et *période* seront synonymes de *formation*. Le mot *dépôt* sera pris dans une acception générale pour désigner la réunion des couches qui se sont produites pendant une époque, une période ou bien dans un espace géographique limité.

Classification adoptée. — En résumé, dans cette classification, l'écorce minérale du globe comprend *deux classes de roches :* les *roches sédimentaires*, formées au-dessus de la surface émergée ou non, et toujours stratifiées, et les *roches ignées* ou *pyrogènes*, massives, dont l'origine est au-dessous de cette même surface.

Les *roches de sédiment* se divisent, de haut en bas ou des plus récentes aux plus anciennes, en six *terrains : moderne*, *quaternaire*, *tertiaire*, *secondaire*, *intermédiaire* ou de *transition*, et *primaire*. Chaque terrain ou époque se subdivise en *formations*, *systèmes* ou *périodes*, la formation en *groupes* et ceux-ci en *étages*.

Les *roches ignées* sont aussi classées d'après leur âge connu ou présumé, suivant les roches sédimentaires avec lesquelles on les trouve en relation et suivant leurs caractères minéralogiques. Dans le tableau ci-contre, nous avons réuni les principales sous une dénomination commune, et elles sont énumérées en ordre inverse de leur ancienneté, à cause de la difficulté qu'il y avait à les placer toutes en regard des formations sédimentaires dont elles sont contemporaines, et parce que plusieurs d'entre elles ont surgi à des époques différentes.

La classification et la terminologie générales que nous adoptons, réduites à leur expression la plus simple, pourront donc être représentées comme il suit. Nous faisons, pour le moment, abstraction des quatrième et cinquième divisions, c'est-à-dire des *groupes* et des *étages* dont les détails ne pourraient trouver place ici, et où ils seraient d'ailleurs inutiles; nous les donnerons dans le tableau particulier des divisions de chaque *formation*, au fur et à mesure que nous décrirons ces dernières.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CLASSIFICATION GÉOLOGIQUE GÉNERALE.

ÉCORCE MINÉRALE DU GLOBE.		TERRAINS ou ÉPOQUES.	FORMATIONS, SYSTÈMES ou PÉRIODES.	GROUPES.	ÉTAGES.
	Roches sédimentaires ou stratifiées	moderne.			
		quaternaire.			
		tertiaire.	supérieure.		
			moyenne.		
			inférieure.		
		secondaire.	crétacée.		
			jurassique.		
			triasique.		
		intermédiaire ou de transition.	permienne.		
			carbonifère.		
			devonienne.		
			silurienne.		
			cambrienne (provisoire).		
		primaire.	Schistes cristallins (gneiss, micaschistes, schistes micacés, talcschistes, etc.).		
	Roches ignées et massives	de divers âges.	Granite, pegmatite, leptynite, syénite, diorite, protogine, porphyre, eurite, ophite, serpentine, euphotide, trachyte, basalte, dolérite, phonolite, téphrine, laves et produits volcaniques modernes.		

Observations générales. — Maintenant, quelques réflexions sont nécessaires pour que l'on ne se méprenne pas sur l'importance ou la valeur réelle que l'on doit attribuer à ces divisions de la série géologique.

Le présent de la terre n'est que la conséquence de son passé, et cela aussi bien pour le règne organique que pour le règne inorganique. Les animaux et les végétaux qui nous entourent, et au milieu desquels nous vivons, ne sont que les descendants ou les représentants de ceux qui les ont précédés. Les formes vivantes, comme celles qui sont éteintes, font partie d'une chaîne continue, d'une série d'anneaux non interrompus, ou d'espèces, de genres, de familles, d'ordres, dont chaque terme se trouverait incomplet et sans sa raison d'être s'il n'était accompagné de tous les autres. Les causes physiques et chimiques, qui de l'intérieur de la terre se pro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

duisent encore à sa surface, sont aussi les dernières manifestations de celles qui, aux époques antérieures, ont agi avec plus de force et sur un plus grand nombre de points.

Il résulte de là que l'on ne peut tracer de divisions absolues dans l'histoire de la terre; les plantes n'ont jamais cessé de végéter sur un point ou sur un autre, les animaux de se reproduire ou de se remplacer, les sédiments de se déposer au fond des mers et des lacs, les phénomènes ignés ou volcaniques d'apporter de l'intérieur de la terre des roches diverses, des laves, des gaz et des vapeurs, les fentes de se remplir de substances minérales tapissant leurs parois, et tout cela, pas plus que le temps, n'a cessé de marcher.

Les divisions que nous cherchons à établir : les mots *terrain* ou *époque, formation, système* ou *période, groupe,* etc., dont nous nous servons pour les désigner, ne sont que des moyens plus ou moins artificiels pour coordonner et classer les faits, pour nous les représenter, nous aider à les comprendre et à les retenir. Le commencement d'une de ces divisions représentatives du temps, auxquelles on attache souvent trop d'importance, n'est séparé de la fin de celle qui l'a précédée, que par des différences le plus ordinairement conventionnelles, par conséquent sans valeur absolue. Aussi leurs limites respectives peuvent-elles être changées sans grand inconvénient, suivant le point de vue où l'on se place, et sont-elles le champ le plus habituel des discussions entre les géologues et les paléontologistes. Les lacunes que l'on croit avoir observées pour les justifier ne sont qu'accidentelles, locales, bornées à tel ou tel pays, mais en réalité les véritables lacunes sont dans nos connaissances et non dans la nature. En effet, au fur et à mesure que les premières se remplissent, on voit disparaître les secondes; et, pour quiconque a suivi attentivement la marche de la science depuis trente ans, ce résultat est déjà très-sensible et l'avenir ne peut manquer de le rendre encore plus frappant.

Cependant ces *hiatus* ne seront jamais tous comblés, parce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qu'il y a bien des feuillets du *grand livre* qui ont été détruits, et que d'autres se trouvent enfouis à des profondeurs inaccessibles pour nous. L'induction la plus probable et la plus philosophique à laquelle conduisent les connaissances actuelles, c'est l'enchaînement suivi des faits physiques et biologiques à la surface de la terre, conformément à des lois propres à l'un et à l'autre ordre de phénomènes. Il ne faut donc pas attribuer à des causes générales des perturbations momentanées et restreintes à telle ou telle contrée, perturbations ou oscillations légères qui n'affectent pas plus, en réalité, l'ordre de la nature terrestre, que celles des corps célestes n'influent sur la stabilité de tout le système planétaire. Nous devons donc nous abstenir de ces expressions si usitées, devenues banales et si peu en rapport avec les choses : de *révolutions du globe*, de *cataclysmes*, de *catastrophes*, etc., exagérations emphatiques qui n'imposent qu'aux personnes peu versées dans la connaissance des faits, hyperboles de langage pour exprimer des phénomènes dont les résultats, comparés aux dimensions de la terre, sont tout au plus de la valeur de ces taupinières que nous voyons à la surface d'une prairie nouvellement fauchée.

Enfin, ces divisions géologiques de même nom, ne sont point pour cela d'égale valeur relativement au temps qu'elles représentent, ni à l'importance des phénomènes de toutes sortes qu'elles comprennent. Ainsi, il ne peut y avoir aucune comparaison à cet égard entre le *terrain de transition* et le *terrain tertiaire*, et l'une des *formations secondaires* peut représenter un laps de temps plus considérable que ce dernier *terrain* tout entier. Il en est de même des sous-divisions qui sont d'autant moins constantes qu'elles sont d'un ordre moins élevé, et la formation prise dans son ensemble est plus constante qu'aucun des termes qui la constituent pris en particulier. En résumé, cette classification n'a de valeur qu'en ce qu'elle exprime d'une manière générale la succession ou l'ordre chronologique des faits.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 3. DÉFINITIONS.

Stratification générale. — Avant de passer à la description des terrains, quelques définitions élémentaires sont encore indispensables et doivent trouver place ici. Les *roches*, composées d'une ou de plusieurs espèces minérales, sont, comme nous l'avons déjà dit, *stratifiées* ou *massives*. Elles sont *stratifiées* lorsque leur masse est divisée par des plans parallèles entre eux, qui la partagent ainsi en un plus ou moins grand nombre de couches ou *strates*, bancs ou lits. Les fentes naturelles qui séparent ainsi le plan supérieur d'une couche du plan inférieur de celle qui la recouvre s'appellent *fissures de stratification*, et les plans qui la limitent, *plans de joints*. L'ensemble de ces strates ou couches, avec leurs fissures, est ce que l'on nomme la *stratification* de la masse ou de la roche; c'est la première chose à considérer dans l'étude d'un terrain, et il faut bien se garder de confondre cette *stratification naturelle*, résultant du mode de formation de la masse, avec les fentes et les plans de joints *accidentels* ou *adventifs*, sorte de *clivages* irréguliers ou même réguliers, mais dus à des causes particulières et postérieures à la formation du dépôt. La stratification est *régulière* lorsque les strates sont parallèles entre eux et se suivent sur une étendue plus ou moins considérable dans la même direction; elle est irrégulière lorsque, placés en divers sens, ils sont contournés et affectent différentes formes.

Inclinaison et direction. — Loin d'être toujours horizontaux, les strates sont fréquemment plus ou moins inclinés par rapport à l'horizon, quelquefois même verticaux; et, si le mouvement qui les a redressés a été très-énergique, ils ont pu être renversés. L'*inclinaison* d'une couche est l'angle qu'elle fait avec l'horizon, et cet angle est toujours noté avec soin, de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

même que l'orientation ou le point de l'horizon vers lequel la couche incline ou *plonge*, comme on dit. La *direction* est le sens dans lequel elle court ou qu'elle suit; elle est nécessairement perpendiculaire à l'inclinaison, et doit être également notée.

Faille. — On nomme *faille* une fente produite dans une masse rocheuse, stratifiée ou non, et à la suite de laquelle un mouvement s'est opéré qui a changé le niveau d'une des parties de la masse, de telle sorte que, de chaque côté de la fissure, les mêmes couches ne se correspondent plus. La portion située du côté où la faille incline est alors la plus basse.

Dérangements des couches. — On voit par ce peu de mots, que les roches stratifiées ont éprouvé, après leur dépôt, des dislocations et des mouvements qui les ont dérangées de leur position première, non pas une seule mais plusieurs fois, et cela dans tous les temps, car nous n'admettons pas qu'un dépôt sédimentaire ait pu se former sur un plan un peu incliné et sur une certaine étendue, sans qu'on puisse le reconnaître.

Stratifications discordante et transgressive. — L'observation démontre qu'après ces déplacements des couches, par rapport à l'horizon, de nouveaux dépôts les ont recouvertes suivant les lois ordinaires; et, lorsqu'on vient à comparer ces derniers aux précédentes, on trouve naturellement que les couches ne se suivent pas en se superposant; celles-ci s'étendent sur les tranches des anciennes, avec lesquelles elles font un angle d'autant plus considérable que ces dernières étaient plus inclinées. C'est ce que l'on appelle une superposition *discordante* ou *contrastante*, par opposition à celle dite *concordante* lorsque les couches se succèdent régulièrement. Si un dépôt qui en recouvre un autre s'étend beaucoup au delà des limites de ce dernier, la superposition est dite *transgressive*, sans qu'il soit nécessaire pour cela que le premier ait été sensiblement dérangé de sa position première ou fort incliné par rapport à l'horizon.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Substances minérales accidentelles. Amas, nids, rognons, veines, filons, géodes, dykes, etc. — Indépendamment de la roche principale, qui constitue la masse stratifiée, on peut y rencontrer des substances minérales qui n'en font pas essentiellement partie, et qui ont été formées en même temps par des circonstances particulières, ou bien y ont été introduites après; les unes constituent ce que l'on appelle des *couches subordonnées*, des *amas*, des *nids*, des *rognons*, les autres des *veines*, des *filons* ou des *géodes*, expressions qui n'ont pas besoin de plus amples explications. Les substances minérales peuvent aussi être *disséminées* en plus ou moins grande quantité dans la masse de la roche. On nomme *stockwerke* une portion de roche pénétrée en tous sens de veines ou de filons d'une substance différente de la roche elle-même, dans laquelle elle forme une sorte de réseau. Le *dyke* est un filon de roche ignée ou volcanique, d'une épaisseur, ou, comme on dit, d'une *puissance* plus ou moins considérable, traversant une autre roche et venant souvent former une saillie à sa surface. Ces dernières circonstances s'appliquent également aux roches non stratifiées ou massives d'origine ignée.

Substances minérales constituant les roches. — Les caractères des roches se déterminent d'après les éléments minéralogiques qui les composent, et par conséquent d'après leurs caractères physiques et chimiques; mais, si le nombre des espèces minérales s'élève à plusieurs centaines, on peut dire qu'il n'y en a guère qu'une trentaine qui entrent, comme parties essentielles, dans la composition des roches et par conséquent de la partie connue de l'écorce terrestre. Parmi ces dernières les plus importantes sont le quartz, le feldspath, le mica, le talc, le pyroxène, l'amphibole, le carbonate de chaux ou calcaire, la dolomie, le gypse, la baryte sulfatée, le grenat, la diallage et la serpentine. Si l'on représentait par cent cette même partie supposée connue de notre globe, on pourrait considérer le feldspath et ses variétés ou espèces comme en constituant les $\frac{45}{100}$, le quartz $\frac{35}{100}$, le carbonate de chaux et le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

carbonate de magnésie $\frac{5}{100}$, le mica $\frac{4}{100}$, le talc $\frac{4}{100}$, l'argile $\frac{3}{100}$, le pyroxène, le gypse et l'amphibole $\frac{4}{100}$. Mais en ne considérant que les couches superficielles, les rapports seraient très-différents, et les calcaires, qui sont en proportions insignifiantes dans les roches cristallines anciennes, acquièrent une prépondérance marquée parmi les roches sédimentaires, à partir d'une certaine époque, et avec les roches argileuses et arénacées (les sables, les grès, les poudingues ou brèches, et les conglomérats), elles occupent aujourd'hui une très-grande partie des terres émergées ou non.

Divisions de l'étude des roches. — On conçoit maintenant que l'étude des roches ou des masses minérales stratifiées ou massives, d'origine sédimentaire ou d'origine ignée, peut être faite sous deux points de vue très-différents : d'abord en considérant ces roches en elles-mêmes, simples ou composées, comme constituant des associations de minéraux déterminées, dans des proportions aussi plus ou moins déterminées, dans tel ou tel état, etc., et cela indépendamment du rôle qu'elles jouent dans la composition de l'écorce de la terre, de la place qu'elles occupent dans ce que nous avons appelé l'échelle géologique ou la série des terrains; c'est l'étude *pétrographique* ou *lithologique*, celle à laquelle on s'est longtemps borné; ensuite en étudiant ces mêmes roches relativement à leur position ou à leur ancienneté, les unes par rapport aux autres, dans cette même échelle ou série géologique.

Dans le premier cas la classification des roches a pour base leur texture ou bien la nature de leur principe dominant, suivant qu'elles sont simples ou composées, que leurs éléments sont discernables ou non, etc., en un mot les caractères minéralogiques ou physiques; dans le second, tout l'édifice repose sur leur chronologie, leur âge ou leur ordre de superposition. L'une de ces classifications n'exclut point l'autre; on peut même dire qu'elles se complètent réciproquement; mais, ainsi que nous l'avons déjà fait pressentir, l'étude minéralogique et détaillée des roches ne peut entrer dans un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ouvrage tel que celui-ci ; elle serait mal comprise d'abord en l'absence des éléments eux-mêmes, et ensuite ce serait sortir du cadre que nous nous sommes tracé et nous éloigner du but que nous nous sommes proposé, en sorte que nous nous bornerons à décrire brièvement et successivement dans chaque terrain les principales roches qu'on y rencontre.

Ces notions préliminaires, nécessaires à l'intelligence de tout ce qui suit, une fois comprises, nous passerons à l'objet principal de notre travail, la *Description des terrains*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DES TERRAINS.

TERRAIN PRIMAIRE.

§ 1. DESCRIPTION DES ROCHES.

Granite primitif. — On ne peut guère douter que les roches dues au premier refroidissement de la surface de la terre ne fussent cristallines, massives, plus ou moins analogues au granite ordinaire, et n'aient eu partout à peu près les mêmes caractères. Elles durent constituer les parois des premiers bassins océaniques; mais aujourd'hui nous avons quelque peine à retrouver, avec toute certitude, ce granite incontestablement *primitif* et antérieur à tous les dépôts de sédiment les plus cristallins et les moins nettement stratifiés. Aussi quelques auteurs n'en font-ils aucune mention, et passent-ils de suite à l'étude de ces derniers, comme s'ils n'avaient pas dû être de toute nécessité précédés par une croûte solide ou *substratum*, dont la température fût inférieure à 100°, et dans la formation de laquelle l'eau ne pouvait entrer comme élément essentiel.

Par le faible relief de ces premiers granites, leurs déran-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

gements fréquents par suite du peu d'épaisseur de l'écorce soumise aux fluctuations de la masse fluide sous-jacente, par les altérations et les désagrégations que favorisaient encore la haute température et l'extrême humidité de l'atmosphère, on conçoit que leurs caractères aient été en quelque sorte effacés. Ils ont disparu pour nous ou sont devenus méconnaissables sous les dépôts formés à leurs dépens et composés par conséquent des mêmes éléments : le feldspath, le quartz, le mica, le talc et l'amphibole, arrangés d'une manière un peu différente, c'est-à-dire en lits ou en couches plus ou moins apparentes et dénotant leur origine sédimentaire. Ces effets longtemps continués ont donc nivelé et fait disparaître toutes les aspérités du granite primitif, de sorte qu'il est actuellement fort difficile de distinguer ce qui peut en rester encore à la surface du sol. D'autres granites, plus ou moins semblables, qui ont apparu évidemment plus tard, sont venus déranger, soulever et pénétrer les dépôts sédimentaires cristallins les plus anciens. Aussi nous bornerons-nous à cette simple indication et passerons-nous de suite à la description du *terrain primaire stratifié*, comme étant le premier terme bien connu de la série géologique. C'est, en effet, le seul dont les relations stratigraphiques ou d'âge aient eu une date certaine par rapport à tout ce qui lui a succédé.

Nous décrirons donc successivement les roches plus ou moins schisteuses ou se divisant en feuillets qui le composent, leur position relative la plus générale, les roches subordonnées ou accidentelles qu'on y rencontre, les minéraux les plus fréquents disséminés dans leur masse, les veines et les filons qui les traversent, puis nous passerons à l'étude des roches massives granitiques qui les ont pénétrées et s'y trouvent intimement associées. Nous exposerons quelques vues théoriques sur l'état cristallin des roches stratifiées primaires, nous mentionnerons les découvertes récentes qu'on y a faites de restes organiques, et nous terminerons par un tableau sommaire de la distribution géographique des principaux massifs que cette

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

réunion de roches cristallines, stratifiées et non stratifiées, sédimentaires et ignées, constitue actuellement, à la surface des continents et des îles.

Roches stratifiées. Schistes cristallins. — Sous la dénomination générale de *schistes cristallins*, nous comprenons les roches dont la stratification est plus ou moins prononcée, qui, jusqu'à ces derniers temps, n'avaient point offert de trace de corps organisés fossiles et qui constituent, presque à eux seuls, le terrain primaire proprement dit. Ils sont composés de feldspath, de quartz, de mica, quelquefois de talc, d'amphibole, de tourmaline, de macle, de serpentine, de pyroxène en proportions diverses et diversement associés, formant les espèces de roches suivantes.

Gneiss. — Le gneiss, la plus ancienne de ces roches, celle qui se trouve au-dessous de toutes les autres, qui nous représente les premiers sédiments déposés au fond des premières eaux lorsqu'elles étaient sans doute encore à une température fort élevée, est composé de feldspath blanc ou rose, grenu ou lamellaire, de mica gris ou noir, auxquels le quartz s'ajoute fréquemment. La teinte de la roche est grisâtre ou brunâtre; l'accumulation des paillettes de mica posées à plat lui communique une texture imparfaitement feuilletée dans la cassure, et, dans la structure, une disposition en lits plus ou moins irréguliers et rubanés. Les couches sont en général mal déterminées dans leurs plans, mal suivies, passent de l'une à l'autre, présentent des contournements et des plissements fréquents. On y trouve disséminés la tourmaline, le grenat, la pyrite, le fer oxydulé, le fer titané, le graphite, et l'abondance d'une de ces substances peut déterminer des variétés particulières.

Le calcaire blanc, cristallin ou saccharoïde, constitue parfois des couches courtes subordonnées au gneiss, quelquefois assez étendues et paraissant alterner avec cette dernière roche et par conséquent en étant contemporaine. On y trouve beaucoup de substances minérales disséminées, telles que le quartz,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le spinelle, le grenat, la trémolite, le feldspath, le fer oxydulé, etc.

Micaschiste. — Le micaschiste est composé de mica en lames et de quartz en grains alternant, le premier pouvant former les $\frac{3}{4}$ de la masse, le second quelquefois les $\frac{2}{3}$; sa structure est schisteuse. La prédominance de l'une ou de l'autre substance constitue des variétés quartzeuses ou micacées, ainsi que la présence accidentelle du feldspath grenu, de la tourmaline, de la staurotide, du disthène, de la pyrite, du titane, du graphite, etc.

Comme le gneiss, auquel il succède fréquemment, le micaschiste présente souvent des plissements en zigzag et une stratification très-tourmentée. Un grand nombre d'espèces minérales y donne lieu à des exploitations de cuivre, d'argent, de plomb, d'étain, de fer oxydulé, oligiste et carbonaté.

Schiste micacé. — Le schiste micacé, souvent confondu avec le micaschiste, s'en distingue en ce que l'on n'y aperçoit plus nettement que le mica alternant avec une substance argileuse feldspathique ou quartzeuse extrêmement ténue. La texture est éminemment feuilletée; la cassure, suivant le plan des feuillets, offre une surface souvant luisante et satinée lorsque les paillettes de mica sont excessivement atténuées. La roche passe ainsi au phyllade ou schiste luisant, et, par la présence d'une grande quantité de macles disséminées dans la masse, à un schiste maclifère ou *macline*, roche brunâtre rendue un peu grenue dans la cassure par l'accumulation des petits cristaux de macle enchevêtrés. Le schiste micacé, plus récent que les roches précédentes, sert souvent de passage au terrain de transition où l'on en retrouve, vers la base, de nombreuses variétés.

Stéaschiste ou schiste talqueux. — On pourrait faire ici la même distinction qu'entre le micaschiste et le schiste micacé; le *stéaschiste* comprendrait les roches composées de divers silicates magnésiens ou talqueux avec du feldspath ou du quartz toujours bien apparent, et le *schiste talqueux* celles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans lesquelles ces éléments deviennent indiscernables. En outre ces modifications seraient en rapport avec leur âge, ces dernières plus récentes, moins cristallines, se montrant aussi vers la base du terrain de transition. Ces roches, d'une teinte verte, grise, rougeâtre ou jaunâtre, douce ou rude au toucher, suivant les substances qu'elles renferment, à cassure transverse feuilletée et à surface brillante et satinée dans le plan des feuillets, sont très-variables dans leurs caractères suivant l'abondance du feldspath ou du quartz.

Schiste chloriteux. — Le schiste chloriteux est une modification dans laquelle domine la chlorite ou un silicate de fer, et qui renferme d'assez nombreuses espèces minérales, telles que le fer oxydulé, le talc, le mica, le quartz, l'amphibole, le grenat, etc.

Telles sont les principales roches stratifiées, plus ou moins cristallines, qui entrent dans la composition du terrain primaire, et dont l'arrangement, peu fixe, parce que toutes n'existent pas à la fois, paraît néanmoins être en rapport avec leur texture et la visibilité de leurs éléments, celles dont les substances minérales constituantes sont le plus apparentes, et dont les feuillets sont le plus grossiers, étant les plus anciennes.

Roches massives ou non stratifiées. Texture grenue. — Les roches non stratifiées ou massives, à cassure grenue et cristalline, constituent une partie non moins importante du terrain qui nous occupe. Par leurs caractères mêmes et leur disposition, elles sont facilement distinctes. Elles interrompent la continuité des couches sur des espaces plus ou moins considérables, constituant souvent à elles seules des massifs fort étendus, et quelquefois, au contraire, ne formant, au milieu des schistes cristallins, que des filons ou même des veines qui se ramifient dans les interstices des strates et prouvent ainsi qu'elles sont d'une origine plus récente. Nous signalerons, parmi celles de ces roches qui jouent le plus grand rôle dans la nature :

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Granite. — Le granite est une roche essentiellement cristalline, à cassure grenue, ou à grains plus ou moins gros, composée de feldspath blanc ou rose (albite ou orthose), de quartz et de mica argentin, brun ou noir. La proportion du feldspath varie de $\frac{1}{3}$ à $\frac{2}{3}$ du volume total, celle du mica de 1 à $\frac{2}{100}$, et le quartz forme le reste. Ce dernier, souvent amorphe, entoure les cristaux bien déterminés de feldspath, prouvant que, malgré sa moindre fusibilité, il a pu cependant ne se solidifier qu'après. La roche est dure, mais peu tenace en général; la texture est grenue et la structure en grand massive, sauf dans quelques cas où des fentes, dues au retrait, y déterminent une fausse apparence de stratification. Les teintes sont blanchâtres, grisâtres ou rosâtres, suivant celle du feldspath, du mica et l'abondance de ce dernier. La grosseur du grain varie avec celle des éléments constituants; lorsque les cristaux de feldspath acquièrent de grandes dimensions et se détachent nettement du reste de la masse, on a un *granite porphyroïde*. Si le mica domine, la roche prend une structure plus ou moins schistoïde, et passe alors au gneiss dans le voisinage de ce dernier.

La tourmaline et l'amphibole hornblende sont des substances fréquemment associées aux précédentes; on y trouve aussi la topaze, le zircon, l'épidote, la cordiérite, le grenat, le béryl, le titane rutile, l'étain oxydé, le fer oxydulé, puis le corindon, l'actinote, l'épidote, la pinite, le molybdène, l'urane oxydé, etc. Outre ces minéraux, disséminés dans la masse ou implantés dans les cavités des filons qui la traversent, ceux-ci sont composés généralement de quartz hyalin ou laiteux, de pétrosilex, de barytine, de fluorite et de calcaire renfermant des minerais d'étain, de fer oxydulé, de fer oligiste, de galène, de cuivre, de bismuth, d'argent, d'or, de pyrite, etc. Les filons de syénite, de porphyre, de trapp ou d'autres roches ignées, qui ont pénétré les masses granitiques plus ou moins anciennes, n'ont pas apporté avec eux d'aussi nombreuses substances métalliques.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les granites ont fourni de tout temps et fournissent encore d'excellentes pierres de construction, mais ils présentent rarement des masses d'une certaine étendue dépourvues de fissures, et c'est ce qui rend si remarquables les monuments de l'ancienne Égypte, ces obélisques, ces colonnes, ces sphynx, tous ces monolithes énormes, dont la pierre est si parfaitement homogène et résistante dans toutes ses parties.

Les trois éléments constituants du granite, combinés deux à deux, forment deux autres roches : la *pegmatite* et la *leptynite*.

Pegmatite. — La pegmatite est composée de quartz et de feldspath qui en constitue les $\frac{2}{3}$, et souvent davantage. La cassure est inégale et grenue quand le quartz est abondant, lamelleuse quand c'est le feldspath. Ici le quartz semble avoir cristallisé plus complétement et plus tôt que dans le granite, quoique les cristaux n'y soient pas aussi bien formés que ceux du feldspath dans les granites porphyroïdes, et mieux encore dans les porphyres. La teinte de la roche est le blanc, le gris ou le rose. Lorsque les cristaux de quartz se sont particulièrement développés et allongés dans un sens, ou bien croisés en zigzag, la cassure transverse présente une disposition rappelant celle des caractères hébreux, d'où le nom de *pegmatite graphique* ou *hébraïque* donné à cette variété. La pegmatite est toujours associée au granite, dont on doit la regarder comme une modification. On y trouve souvent du mica en grandes lames, de la tourmaline, le béryl, le titane, l'étain.

L'altération du feldspath de cette roche par la perte de son alcali produit le *kaolin* ou *terre à porcelaine*, et la variété dans laquelle le quartz est en grain, désignée sous le nom de *petunzé*, est employée pour servir de *couverte* à ces mêmes porcelaines; de sorte que la pegmatite, au point de vue industriel, est une des roches les plus précieuses.

Leptynite. — La leptynite est une roche à petit grain, composée de feldspath et de mica, ce dernier formant environ

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

$\frac{1}{100}$ de la masse. Les teintes sont le blanchâtre ou le rosâtre. La prédominance du mica ou la présence du quartz, du grenat, etc., constitue des variétés particulières qui passent, les unes au granite, les autres à la pegmatite et même à la syénite par l'addition de l'amphibole. On y trouve aussi de la pinite et de la tourmaline. Dans les Vosges, au Brézouars et à Sainte-Sabine, des amas de serpentine y sont subordonnés. La roche de topaze de Werner, dont le gisement unique est dans la haute Saxe, est une leptynite. Des topazes nombreuses y sont disséminées, et le quartz cristallisé y est également très-répandu. Une variété remplie d'actinote se trouve dans les Chalanches en Oysans. En général, cette roche est subordonnée ou associée aux granites, aux schistes cristallins, et renferme peu de métaux exploitables.

Protogine. — La protogine est une roche à cassure généralement grenue, comme le granite, mais dont la structure en grand affecte une disposition schistoïde. Elle est essentiellement composée de feldspath blanc ou rougeâtre (orthose et oligoclase), de mica à base de fer et d'un variété de talc. On y trouve en outre de l'épidote en petites zones vertes, la cymophane, la pinite, le grenat, le titane rutile, la pyrite, le sulfure de molybdène, etc. La variété granitique blanche ou colorée en vert par le talc constitue particulièrement le massif central du Mont-Blanc et d'autres cimes des Alpes. Les variétés schistoïdes ou tout à fait schisteuses s'observent sur leurs flancs. L'excès de magnésie, qui fait quelquefois passer le mica au talc ou à des substances voisines, donne des variétés de granite passant à la protogine, comme dans les Pyrénées. Une autre variété doit sa teinte rose à celle du feldspath, et n'est pas rare en Auvergne.

Chlorite et stéatite. — La chlorite et la stéatite sont des roches magnésiennes, silicatées et ferrifères avec eau, généralement verdâtres, à cassure terreuse, tendres, douces et onctueuses au toucher, qui ne constituent que des masses peu considérables subordonnées aux schistes cristallins supérieurs.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Roches amphiboliques. — L'amphibole hornblende, soit seule, soit remplaçant le mica dans son association avec le feldspath, en diverses proportions, donne lieu à un autre groupe naturel de roches très-répandues aussi dans le terrain primaire.

L'*amphibolite*, comme son nom l'indique, est essentiellement composée d'amphibole noir, en cristaux prismatiques. Sa texture, par suite, est lamellaire, et sa structure en grand, tantôt massive, tantôt fissile. Sa teinte est le vert noirâtre. Les substances minérales accessoires y sont nombreuses. Le quartz y est en grains, comme le feldspath, ou bien en veines. L'amphibolite de Ceylan renferme des grenats d'un pouce de diamètre, autour desquels les cristaux d'amphibole sont disposés en rayons. On y rencontre aussi le mica, le diallage, le disthène, l'épidote, le titane, le fer oxydulé, la pyrite de fer et la pyrite cuivreuse. L'*amphibolite schistoïde* est celle dans laquelle les aiguilles, disposées dans le même sens, donnent à la roche une texture fissile et même fibreuse. Ces roches se trouvent associées aux granites et aux schistes cristallins, soit en filons, soit en couches ou en amas subordonnés.

Diorite. — La diorite résulte d'une association, à peu près à parties égales, d'amphibole et de feldspath, bien que, par la teinte de la roche d'un vert plus ou moins foncé, la première de ces substances paraisse dominer. La texture est grenue, à grain plus ou moins fin. Les substances accessoires y sont très-variées : ce sont le quartz, le mica, le diallage, le grenat, la serpentine, l'épidote, la pyrite, le fer oligiste, le fer oxydulé, etc.

C'est une des roches les plus intéressantes à étudier, car on la rencontre dans presque tous les terrains, depuis les granites et les gneiss les plus anciens jusque dans des dépôts tertiaires, qu'elle a dérangés par son apparition. Ses variétés sont d'ailleurs en rapport avec cette diversité de gisements : elle a même quelquefois reçu des noms particuliers suivant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ces derniers. Ainsi, beaucoup de *trapps* des îles occidentales de l'Écosse, dont nous avons parlé, sont des diorites (*Wetstone, greenstone, grünstein, diabase*); les roches des Pyrénées, désignées improprement sous le nom d'*ophites*, et qui appartiennent à des époques très-différentes, sont aussi pour la plupart des variétés de diorite. Dans la belle roche connue sous le nom de *granite orbiculaire de Corse*, le centre des nodules est semblable à la pâte de la masse; puis viennent successivement autour des zones concentriques, alternativement d'amphibole verte et de feldspath blanc, constituant des orbicules rayonnés du centre à la circonférence. La diorite compacte est le *basalte oriental* des archéologues. Les anciens Égyptiens l'employaient fréquemment pour les statues d'hommes et d'animaux. Enfin, on donne, en Bretagne, le nom de *kersanton* à une variété de diorite avec mica et pinite grisâtre, à grain plus ou moins fin, formant des amas et des filons dans les roches cristallines ou de transition. Elle a été souvent employée dans les monuments anciens de ce pays.

Syénite. — La syénite diffère de la diorite par la plus grande proportion de feldspath, qui en constitue les $\frac{9}{10}$. La roche est à grain moyen ou à gros grain, rarement à grain fin. Le quartz et le mica s'y montrent accidentellement. Ses teintes sont le gris, le rose ou le verdâtre. On a vu précédemment (*antè*, p. 84) qu'une variété remarquable de cette roche, caractérisée par la présence du zircon, avait fait éruption aux environs de Christiania, après le dépôt des couches de transition fossilifères. Le titane, l'hyperstène, le diallage, s'y montrent également. Les ballons de Servance et d'Alsace, dans la chaîne méridionale des Vosges, sont presque entièrement formés par une variété à grands cristaux de feldspath rose, avec un peu de quartz. Une autre variété provenant du même pays est connue sous le nom de *granite feuille-morte*; elle est composée de feldspath blanc, de feldspath gris violâtre en grandes lames, de quartz et d'amphibole. Le nom

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de cette roche vient de ce qu'elle a d'abord été exploitée près de Syène, dans la haute Égypte, où se trouve aussi un granite rose *syénitique*, ou renfermant une certaine quantité d'amphibole.

Asbeste. — L'asbeste ne constitue que des filons ou de petits amas dans le terrain primaire.

Roches à texture compacte. — Les roches dont nous nous sommes occupé jusqu'ici étaient cristallines, schisteuses ou granitoïdes, à texture feuilletée ou grenue dans la cassure transverse; celles qu'il nous reste à mentionner sont compactes ou composées d'une pâte d'apparence homogène, renfermant ou non des cristaux plus ou moins nets d'une autre substance ou de la même pure et cristallisée. Quoique se rencontrant aussi dans le terrain primaire, ces roches d'origine ignée qui le traversent sont ordinairement plus récentes, et quelques-unes remontent jusque dans les dépôts tertiaires. Aussi les mentionnerons-nous plus rapidement.

Pétrosilex, eurite. — Le feldspath compacte ou pétrosilex, qui forme la pâte de plusieurs d'entre elles, constitue, comme son nom l'indique, une roche à cassure compacte, écailleuse, d'un éclat gras, comme la cire, plus dure que l'acier, et de couleurs variables, suivant la nature des matières qui y sont disséminées. L'eurite, pour quelques auteurs, est synonyme de la roche précédente; pour d'autres, elle doit être réunie aux porphyres. Nous la regardons comme une sorte de porphyre incomplet, dans lequel sont seulement disséminés des grains de feldspath lamelleux, enveloppés dans une pâte homogène grisâtre, verdâtre ou jaunâtre. On peut en distinguer plusieurs variétés, suivant les substances qui y sont disséminées, telles que le mica, les grenats, le quartz, l'amphibole, etc., et suivant leur texture, quelquefois un peu granitoïde, schisteuse, ou rendue porphyroïde par la présence de quelques cristaux.

Porphyres. — Les porphyres à base de feldspath compacte, plus ou moins colorés par de l'amphibole ou d'autres substances, renferment des cristaux de feldspath blanc, rosâtre

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ou verdâtre, bien formés, se détachant plus ou moins nettement en clair sur le fond de la pâte. Ces roches présentent un grand nombre de variétés, et, comme les diorites, sont fort intéressantes pour le géologue, par leurs compositions diverses et par leur gisement. Très-répandus comme roche d'épanchement, depuis les schistes cristallins jusqu'au trias, ils se montrent en couches, en amas, en filons, dans des roches plus anciennes, ou constituent à eux seuls de petites montagnes. On y trouve des filons ou des amas de minerais de fer (oligiste compacte), de manganèse, de mercure, etc.

Les porphyres ont été de tout temps très-recherchés pour la décoration des monuments. Les anciens employaient la variété dite *rouge antique* pour des cuves sépulcrales, des statues, des obélisques, tels que celui de Sixte-Quint à Rome, les colonnes de Sainte-Sophie à Constantinople, etc. Celui que l'on emploie le plus communément aujourd'hui est le porphyre brun d'Elfalden, en Suède; les porphyres bleus de l'Esterel méritent aussi d'être recherchés.

Ophite. — L'ophite, ou porphyre vert antique, à pâte verdâtre, enveloppant des cristaux de feldspath d'une teinte plus claire, a été employé comme ornement par les anciens. Diverses variétés sont caractérisées par la présence du quartz, du mica, de l'amphibole et même de grains de calcaire.

Labradorite, jade, euphotide, serpentine, etc. — D'autres roches simples, telles que le labradorite et le jade, ne jouent qu'un rôle très-peu important; mais il n'en est pas de même de l'euphotide à base de feldspath compacte jadien ou de feldspath gras, renfermant de nombreux cristaux de diallage bronzite, et surtout des serpentines, qui sont des roches dont la composition est assez variable et mal connue, mais pouvant être regardées comme des silicates magnésiens, à structure massive, à texture compacte, à cassure céroïde, esquilleuse, tenaces, tendres, d'un éclat gras, et douces au toucher. Leurs teintes sont vert clair ou foncé, unies ou veinées, brunâtres ou rougeâtres. Elles renferment des lamelles de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

diallage, des veines fréquentes d'asbeste, du fer oxydulé, des grenats, du quartz et du calcaire. La *serpentine noble*, la *serpentine diallagique* et d'autres variétés sont employées pour des objets d'ornements. Une variété gris verdâtre, très-réfractaire, facile à tailler, est recherchée par les populations des Alpes pour la confection de vases destinés aux usages domestiques : c'est la *pierre ollaire*.

Roches métalliques. — Parmi les substances métalliques qui constituent quelquefois des roches dans ce même terrain, sous forme de filons ou d'amas subordonnés, on peut signaler le fer oxydulé, le fer oligiste, le fer carbonaté et le manganèse oxydé.

Telles sont les principales roches d'origine ignée ou cristallines que l'on rencontre dans le terrain primaire ; les autres sont généralement plus récentes, et nous en parlerons en traitant des époques auxquelles elles appartiennent.

§ 2. ORIGINE DES CARACTÈRES ACTUELS DES SCHISTES CRISTALLINS.

Avant de passer à la distribution géographique des roches primaires, nous exposerons brièvement quelques remarques sur l'origine probable des caractères actuels des schistes cristallins, sur l'influence des roches ignées qui leur sont associées, ainsi que sur leur composition relative.

Ce que l'on vient de dire des caractères des principales roches qui entrent, à un titre ou à un autre, dans la constitution du terrain primaire, suffit pour montrer, comme nous l'avions indiqué au commencement, qu'elles sont formées par l'association, en diverses proportions et à divers états, d'un petit nombre de substances minérales, et si l'on considère la composition élémentaire de ces dernières on voit qu'il y entre un bien plus petit nombre encore de ce que nous appelons *corps simples*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Mais il est essentiel de remarquer que ces roches n'appartiennent pas toutes exclusivement à cette première période historique de notre globe; les porphyres, les diorites, les eurites, les serpentines, les euphotides, les granites même qui semblent avoir formé la base de tout le système, ont continué à se montrer et à surgir à travers des dépôts bien plus récents; ces produits ignés n'occupent donc pas une position déterminée et sont loin d'être tous contemporains. Aussi la connaissance de leur âge relatif nous est-elle révélée seulement par celui des roches sédimentaires dans lesquelles elles sont intercalées, ou bien par celui des roches ignées plus anciennes qu'elles traversent.

Ceci n'est pas vrai seulement pour les produits d'origine ignée, mais encore pour ceux d'origine sédimentaire, pour ces schistes cristallins dont on retrouve, dans les régions qui ont été soumises à de fréquentes dislocations, des représentants pétrographiques tout à fait semblables, quoique d'une époque plus ou moins récente. Mais ces faits particuliers, dus à des circonstances locales, n'affectent point l'ensemble de la classification ; seulement ils exigent que nous disions ici quelques mots sur la cause ou les causes présumées auxquelles on attribue le caractère actuellement plus ou moins cristallin de ces premiers dépôts de l'ancien Océan.

On a d'abord pensé que les gneiss, les micaschistes, les schistes chloriteux, etc., déposés comme les sables, les graviers, les vases, etc., de nos jours, ayant été soumis ensuite à une température élevée et pendant un temps fort long, avaient pu, sous cette action et celle d'une haute pression, reprendre les caractères cristallins des roches d'où ces éléments provenaient originairement. Cette hypothèse ne s'appuie sur rien de positif; ni la faible conductibilité des roches qui formaient nécessairement le *substratum* de celles-ci, ni la température supposée du fond des mers ne l'autorisent. D'un autre côté l'influence des roches ignées qui traversent les couches de sédiment a exercé sur les parties de ces dernières, avec les-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

quelles elles sont en contact immédiat, des actions faciles à apprécier. Elles les ont endurcies, décolorées, y ont développé des substances minérales particulières, suivant la composition de l'une et de l'autre roche, etc. Ces effets chimiques, auxquels on a donné le nom de *métamorphisme*, se conçoivent parfaitement, mais ne s'observent jamais que jusqu'à une assez faible distance de la roche ignée qui les a occasionnés. Il semble donc impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, d'attribuer les caractères des grandes masses de schistes cristallins à ce *métamorphisme de contact*. Il est certain, en outre, que les dépôts de cette époque n'étaient point chimiquement semblables à ceux qui se sont produits depuis et qui se forment encore sous nos yeux.

En effet, le gneiss et le micaschiste sont les roches les plus abondantes de ces temps anciens, puis viennent les schistes micacés, les amphibolites schisteuses, les pétrosilex, les quartzites, les schistes talqueux ou magnésiens, les schistes chloriteux, les schistes argileux, tandis que les calcaires ou le carbonate de chaux simple, et les dolomies ou carbonate double de chaux et de magnésie y sont dans des proportions relatives très-minimes, sauf dans quelques régions dont nous parlerons tout à l'heure, et le sulfate de chaux y manque complétement. Ce sont donc les silicates qui régnaient presque exclusivement alors; le carbone, la chaux et leurs principales combinaisons n'y sont que des raretés.

Pour rendre plus frappante la composition chimique du terrain primaire stratifié et l'opposer à celle des dépôts plus récents, on peut supposer, avec H.-T. de La Bèche [1], qu'un gneiss où le quartz, le feldspath et le mica se trouveraient en parties égales, renferme :

Silice.	70,06
Alumine.	15,03
Magnésie.	1.66

1. *Recherches sur la partie théorique de la géologie*, trad. française, par H. de Collegno, p. 208, 1838.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Chaux	0,37
Potasse	7,92
Oxyde de fer	2,97
Oxyde de manganèse	0,20
Acide fluorique	0,36
Eau	0,66

Ce gneiss étant pris comme terme de comparaison, les huit espèces de roches comprises dans le tableau suivant, et qui toutes appartiennent au terrain primaire, montreront les éléments chimiques essentiels de ce terrain et leurs proportions diverses.

NOMS des ROCHES[1].	Gneiss composé de parties égales d'albite, de quartz et de mica.	Micaschiste à parties égales de quartz et de mica.	Micaschiste à parties égales de quartz, de mica et de grenat.	Amphibolite à parties égales d'amphibole et de feldspath (diorite).	Schistes chloriteux à parties égales de chlorite et de quartz.	Schiste talqueux à parties égales de quartz et de talc.	Protogine à parties égales de quartz, de feldspath et de stéatite.	Eurite analogue à celle de Nantes.	Quartzite composé à parties égales de quartz et de feldspath. (Ce serait une pegmatite et non un quartzite dans le sens ordinaire de ce mot.)
Silice	1,86	3,01	8,12	15,20	6,35	8,38	5,18	5,14	11,96
Alumine	0,17	1,95	0,42	0,53	6,08	9,63	8,44	0,03	5,56
Potasse	3,55	1,86	4,55	1,09	7,14	7,92	3,37	4,52	1,09
Soude	3,31	»	»	»	»	»	»	»	»
Magnésie	0,04	0,83	0,00	7,73	5,62	11,54	7,60	0,74	1,66
Chaux	0,12	0,20	0,08	6,92	0,12	1,63	0,04	0,83	0,01
Acide fluorique	0,00	0,18	0,00	0,39	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Oxyde de fer	0,21	1,11	11,75	1,06	12,34	1,08	1,89	2,97	2,60
— de manganèse	0,06	0,10	1,03	0,09	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Eau	0,21	0,34	0,00	0,66	0,66	0,84	1,34	0,84	0,66

1. Nous avons conservé les dénominations de l'auteur bien que quelques-unes ne s'accordent point avec les nôtres, mais cela n'affecte en rien, comme on le conçoit, la valeur des résultats.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les différences des principales roches primaires stratifiées ne tiennent donc qu'aux diverses combinaisons d'un petit nombre de silicates, et elles expliquent comment dans la nature on voit si fréquemment ces roches passer les unes aux autres, de telle sorte qu'on peut dire qu'il n'y a rien d'absolu dans nos définitions et dans nos dénominations, lesquelles se rapportent seulement à une sorte de moyenne générale dans l'ensemble des caractères. Mais, considérées en grand, ces roches présentent, dans leur état cristallin comme dans leur composition, un aspect tout différent de celles qui constituent les autres terrains, aspect dû sans doute à des circonstances extérieures très-différentes aussi, et parmi lesquelles la température devait jouer le principal rôle.

Cet état était tel que, dans les premiers temps, aucun végétal et aucun animal analogue à ce que nous connaissons ne pouvait exister; il ne pouvait se produire de carbonate de chaux; l'acide carbonique, chassé de l'eau à cette haute température, n'occasionnait pas de dépôts de carbonate de chaux, et la chaux elle-même, moins soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, ne pouvait être dissoute qu'en très-petite quantité, comme le montre le tableau ci-dessus, où elle n'existe, en proportion notable, que dans la moins importante des roches qui sont indiquées. S'il n'y avait que très-peu de chaux en dissolution et point d'acide carbonique, il ne pouvait donc s'y former de ces immenses dépôts calcaires qui constituèrent depuis les masses si considérables de nos continents. Pour les silicates, au contraire, comme le prouvent beaucoup de sources thermales de nos jours, l'élévation de la température, favorable à la solution de la silice, devait l'être également à ses combinaisons diverses. Néanmoins, cet état de choses n'a pas cessé brusquement, comme on va le voir, et à un moment donné, sur quelques points, il existait encore en partie, lorsque sur d'autres les premiers germes de la vie ont pu se développer.

La production de roches d'origine mécanique dans cette

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

circonstance n'a rien de contraire à nos suppositions et il en est de même de celles d'origine chimique, de sorte que l'absence de restes organiques, la rareté du carbonate de chaux, la prédominance des silicates et la possibilité de l'association de dépôts mécaniques et chimiques nous représentent à la fois les caractères négatifs et positifs du terrain primaire stratifié. En outre, et comme on devait s'y attendre, si ces vues sont fondées, ces caractères chimiques généraux s'accordent avec ceux des produits ignés les plus anciens, et les conditions supposées devaient être en effet très-favorables à l'association des roches pyrogènes de cette époque, avec celles qui se déposaient dans un Océan d'une température élevée.

Maintenant ces mêmes conditions suffisent-elles pour rendre compte de l'état cristallin de toutes ces roches primaires, état qui, comme nous l'avons dit, se retrouve parfois, quoique sur des étendues infiniment plus limitées, dans des terrains moins anciens, ou bien est-il dû à des circonstances ultérieures qui auraient agi sur une échelle beaucoup plus vaste que ce que nous avons appelé le *métamorphisme de contact?* C'est là une question théorique fort importante pour laquelle nous sommes obligé de renvoyer le lecteur aux études approfondies de M. Daubrée et de M. Delesse. Nous avons dû nous borner à constater que les roches cristallines primaires stratifiées n'avaient probablement pas, lors de leurs dépôts, tous les caractères que nous leur voyons aujourd'hui, et que les roches plus récentes qui présentent des caractères plus ou moins semblables les ont certainement acquis après leur formation par suite d'un phénomène, fort obscur encore, mais que nous désignerons, comme nous l'avons déjà fait ailleurs, sous le nom de *métamorphisme en grand,* par opposition au *métamorphisme de contact* dont nous venons de parler.

Quelques personnes ont pensé que l'extrême diversité des roches ignées rendait peu probable qu'elles vinssent toutes d'une même masse fluide placée sous l'écorce solide de la Terre, et la supposition que cette masse était composée de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plusieurs zones de matières différentes, arrangées dans un certain ordre, ne suffirait pas pour justifier cette diversité. Aussi, se fondant sur la présence de l'eau dans des roches cristallines et même dans des minéraux, sur la production artificielle de substances minérales par la voie humide et même dans des circonstances naturelles, et en quelque sorte sous nos yeux, et à des températures comparativement peu élevées, des chimistes minéralogistes ont cru pouvoir attribuer l'origine des roches éruptives ou ignées non stratifiées, depuis les granites jusqu'aux laves modernes, à des dépôts sédimentaires placés à de grandes profondeurs, sous une forte pression, soumis à l'action combinée de l'eau et de la chaleur, et qui auraient été ramollis et presque fondus. Ils n'auraient, dans certains cas, conservé de leur premier état que la place où on les trouve encore; dans d'autres ils auraient été déplacés et poussés à travers les couches disloquées, brisées ou fendillées plus récentes. Ces produits auraient alors cristallisé, à la surface ou dans son voisinage, dans des conditions différentes des précédentes restées dessous; leur diversité s'expliquerait par la différence de composition des roches de sédiment dont ils proviennent, et leur structure massive, comme leur texture grenue ou compacte, s'expliquerait par les différences de ceux qui, modifiés ou métamorphisés par les mêmes causes, n'ont pas été déplacés et ont conservé une apparence stratifiée avec une texture plus ou moins schistoïde.

Ces hypothèses, appuyées aussi sur les calculs de quelques physiciens qui n'admettent pas la fluidité interne du globe ni la minceur supposée de son écorce, n'ont pas été rattachées par leurs auteurs à une théorie générale de la formation de la terre. Elles sont, comme on peut en juger, très-compliquées, fondées sur plusieurs suppositions gratuites, sur des faits locaux, des observations et des expériences encore très-restreintes, et nous ne voyons pas leur avantage sur l'ancienne opinion, généralement admise et beaucoup plus simple, qui découle si naturellement de l'ensemble des données

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

acquises et se relie d'une manière intime à l'origine première de notre planète.

En effet, quel que soit le rôle que l'on veuille attribuer intérieurement à la chaleur, à l'eau, à la pression et au temps, il faut toujours, à moins de nier la fluidité primitive du globe, admettre, comme nous le disions tout à l'heure, la formation d'une enveloppe extérieure solide, cristalline, non stratifiée, par suite du refroidissement de la masse liquide incandescente; il faut, avant toute action mécanique sédimentaire, que la surface de cette enveloppe ait été assez refroidie pour que l'eau ait pu s'y maintenir à l'état liquide. Or cette roche fondamentale doit se retrouver quelque part; ce *substratum* indispensable de toutes choses créées, organiques et inorganiques, ne peut avoir complétement disparu sous les sédiments des mers; les soulèvements au moins et les dislocations l'auraient amené à la surface sur certains points, et il doit toujours exister entre les roches sédimentaires les plus anciennes et la masse fluide ou solide interne. C'est pourquoi nous croyons que ces hypothèses, qui remontent bien plus haut que le livre de Keferstein[1] et rappellent singulièrement celle de Hutton, ne répondent nullement, quant à présent, à la généralité des faits si elles en expliquent quelques-uns. Nous ne voyons pas d'ailleurs que les géologues pratiques, les plus familiarisés avec une étude directe des grands phénomènes de la nature, les aient encore appuyées de leur autorité.

1. *Naturgeschichte des Erdkörpers*, 1834. — Voy. aussi Sir J. Herschell (*Proceed. geol. soc. of London*, vol. II, p. 548-596), les travaux de chimie minéralogique si importants de M. Sterry Hunt, minéralogiste du *Geol. survey du Canada* (*Journ. de Silliman*, 2e sér., vol. XXX, p. 135, XXXVI, p. 214, et juillet 1864, *The Canadian Journ.*, 1858, p, 206, etc.), ainsi que les observations si délicates et si ingénieuses de M. Sorby sur la structure microscopique des cristaux (*Quart. Journ. geol. soc. of London*, vol. XIV, p. 453).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 3. PALÉONTOLOGIE.

La première apparition de la vie sur la terre est un sujet qui a toujours vivement préoccupé les naturalistes; aussi a-t-on accueilli avec un grand intérêt la découverte faite par M. W. Logan, dans les roches primaires du Canada, de restes organiques dont M. J. W. Dawson, puis M. Carpenter ont constaté et décrit les caractères [1].

Les roches cristallines stratifiées, désignées sous le nom de *système laurentien* par les géologues du pays, sont les plus basses de l'Amérique du Nord. Ce sont de grandes assises de gneiss et de calcaires alternants, plus ou moins pénétrées de roches ignées massives. Leur puissance connue n'est pas moindre de 10000 mètres. Elles sont recouvertes, à stratification discordante, par un ensemble de roches schisteuses et quartzeuses, de conglomérats, de calcaires et de diorites, dont la puissance est estimée à 5500 mètres, et qui jusqu'à présent n'ont offert aucune trace de fossiles. Or c'est seulement au-dessus de ces dernières roches, désignées sous le nom de *système huronien*, que jusqu'à présent on avait commencé à voir apparaître, dans le *grès de Potsdam* en Amérique et dans les *couches à Lingules* qui le représentent en Europe, un ensemble de corps organiques que quelques personnes avaient appelé *faune primordiale*.

Ceux qui ont été trouvés par sir W. Logan et ses collaborateurs du *geological Survey* du Canada, sur les bords de la rivière Ottawa, vers le milieu du *système laurentien*, et par conséquent à 8 ou 10000 mètres au-dessous du grès de

1. *Canadian naturalist and geologist*, 1859, p. 49. — *Geology of Canada*, p. 49, 1863. — *Quart. Journ. geol. soc. of London*, vol. XXI, p. 51, pl. 6 et 7, 1865. — *The intellectual observer*, mai 1865, p. 298.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Potsdam, sont dans des calcaires cristallins pénétrés de serpentine, de pyroxène blanc et de loganite. Ils n'ont pu être reconnus que sur la roche polie et au moyen de plaques minces placées sous le microscope. Ils ont alors montré tous les caractères de structure du test des rhizopodes, et particulièrement la composition tubulaire de la lame spirale des hélicostègues (Nummulites, Operculines, etc.)[1].

Ces corps, auxquels M. Dawson a donné le nom d'*Eozoön canadense* comme représentant l'*aurore du règne animal*, constituent des masses larges, sessiles, déprimées ou en cylindres irréguliers, s'accroissant par l'addition de couches successives, atteignant un diamètre de $0^m,30$ ou davantage et une épaisseur de $0^m,10$ à $0^m,12$. Ils présentent à l'intérieur des loges assez grandes, surbaissées, peu régulières, séparées par des parois d'épaisseur variable, traversées elles-mêmes par des canaux irréguliers dont les uns mettent en communication les loges contiguës d'un même rang ou celles de deux couches superposées, les autres divergent en faisceaux ramifiés dans la masse calcaire amorphe (*squelette supplémentaire* ou *intermédiaire* des auteurs) qui sépare la paroi propre de chaque loge. Cette dernière seule offre la structure tubulaire.

Par suite de l'infiltration complète de la serpentine ou des autres substances minérales dans toutes les cavités de l'*Eozoön*, ces fossiles ont été moulés avec une extrême perfection, et, par la dissolution de la partie calcaire dans un acide étendu, on obtient la représentation de toutes les parties du sarcode ou matière animale, et cela avec une exactitude telle, que les tubes de la paroi des loges, ainsi injectés naturellement, sont représentés par des cylindres qu'on n'observe qu'avec un grossissement de 200 diamètres.

La découverte de ces grands rhizopodes polymorphes, par conséquent les plus inférieurs en organisation du type

1. L'état des échantillons que nous avons pu observer ne nous a pas encore permis de distinguer nettement ce caractère si important et si bien représenté dans les figures théoriques qu'a données M. Carpenter.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

auquel ils appartiennent et qui paraissent avoir joué dans ces mers primitives, pour la formation des roches calcaires, un rôle analogue à celui des polypiers des mers chaudes de nos jours, cette découverte, disons-nous, n'est sans doute qu'un premier pas fait dans une nouvelle voie qui nous révélera, malgré toutes les difficultés de l'observation, la série des faunes qui ont dû se montrer entre ces premiers essais de la vie et le *grès de Potsdam* ou les *couches à Lingules*, bases du *système silurien* dans le nouveau et l'ancien continent.

Lorsqu'en effet on envisageait le développement graduel général des formes vitales, depuis ce dernier horizon jusqu'à nous, on pouvait s'étonner de le voir tout d'abord si complet que les quatre grandes classes des animaux sans vertèbres y étaient représentées; or on peut supposer actuellement que ce que l'on prenait pour le *commencement* était déjà une période ancienne de la vie, peut-être aussi éloignée dans le temps des rhizopodes laurentiens que cette faune dite *primordiale* l'est elle-même de la nature actuelle. C'est ce grand hiatus que les recherches futures sont destinées à combler.

D'un autre côté, la silicification ou mieux le moulage par un silicate des coquilles de rhizopodes est, comme on sait, un phénomène physiologico-chimique qui se produit encore sur les espèces vivantes des côtes des États-Unis [1], et ce n'est pas un des résultats les moins curieux des observations précédentes que de trouver, à l'origine des choses, sur notre planète, des actions chimiques s'exerçant, dans la même région, sur des produits organiques, exactement comme de nos jours, et sur des corps d'une structure identique, appartenant aussi aux types les plus inférieurs de la série zoologique.

1. Voy. *Introduction à l'étude de la paléontologie,* vol. II, p. 376, 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 4. DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE.

Après avoir ainsi exposé les caractères généraux, la composition, les relations et l'origine probable des divers éléments qui constituent le terrain primaire, il nous reste, pour compléter l'idée qu'on doit se faire de son importance, à esquisser la distribution géographique des régions qu'il occupe aujourd'hui à la surface des continents et des îles, comme nous le ferons d'ailleurs dans la description de chaque terrain, et en commençant toujours par l'ouest de l'Europe pour nous diriger ensuite à l'est.

Iles Britanniques. — Dans les îles Britanniques, la plus grande partie du petit groupe des îles Shetland, la chaîne occidentale de celui des Hébrides, presque toute la moitié nord de l'Écosse, comprenant sa région la plus montagneuse et la plus élevée, l'extrémité nord-ouest de l'Irlande, un îlot au sud de Dublin et des masses plus ou moins considérables, entourées par les roches de transition du Devonshire et du Cornouailles, appartiennent au terrain primaire. Les îles d'Aurigny, de Guernesey, de Jersey et Chaussey en sont entièrement formées.

France. — En France, à l'ouest d'une ligne tirée de Barfleur à Alençon et prolongée au sud jusqu'à Saint-Maixent, c'est-à-dire dans le Cotentin, la Bretagne et la Vendée, une multitude de massifs cristallins surgissent du terrain de transition. Vus en grand, ils forment deux groupes principaux : l'un au nord, dirigé E., O. d'Alençon à Brest et à l'île d'Ouessant, l'autre N.-O., S.-E., des environs de Quimper à Parthenay. Ils sont séparés par l'axe de transition de la presqu'île de Bretagne, et l'on peut, dans cette région d'un très-faible relief, qui montre, comme le massif central de la France, qu'il n'y a aucune relation nécessaire entre l'ancienneté des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

roches et leurs altitudes, étudier le terrain primaire tel que nous le concevons, dans tout son développement, avec tous ses caractères et les modifications les plus variées. Dans la bande nord surtout le nombre des filons de roches amphiboliques qui traversent le granite ou le gneiss est réellement prodigieux.

Des montagnes du Morvan ou des environs d'Avallon au nord, jusqu'à la montagne Noire au sud, puis des environs de Montmorillon, de Confolens et de Nontron à l'ouest, jusqu'à la rive gauche de la Saône et du Rhône, de Mâcon à Lyon et Valence à l'est, règne un vaste massif cristallin dont les bords sont profondément découpés par des vallées qu'occupent les dépôts tertiaires et secondaires. Ses plateaux supérieurs, à une altitude moyenne de 600 mètres, sont couronnés par les massifs trachytiques, basaltiques et phonolitiques du Mont-Dore, du Cantal et du Velay, puis par les cônes plus récents des volcans éteints des Monts-Dômes.

Pyrénées. — Dans la chaîne des Pyrénées, du cap Creus à Saint-Sébastien, les roches primaires, autant qu'on en peut juger d'après nos connaissances actuelles, constituent des îlots plus ou moins étendus, disposés suivant deux groupes allongés de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E. Le plus considérable s'étend de l'extrémité orientale de la chaîne aux environs de Saint-Girons avec quelques îlots sur son prolongement; le second, depuis les points culminants de la Maladetta, au centre de la chaîne, s'étend jusqu'au méridien d'Arudi, et deux autres îlots s'observent vers l'extrémité ouest-nord-ouest. Dans l'un et l'autre groupe les roches cristallines constituent les cimes les plus élevées, le Canigou, la Maladetta, le pic du Midi de Bagnères et celui de Pau.

Les côtes de la Provence des environs de Toulon à Fréjus et à Antibes, y compris les îles d'Hyères, appartiennent en partie au même terrain.

Alpes. — Dans la région des Alpes, en raison de la fréquence et de l'énergie des phénomènes de soulèvement qui

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

s'y sont produits, la séparation des roches cristallines primaires d'avec celles qui peuvent appartenir à une époque plus récente devient beaucoup plus difficile que dans les précédentes. Des modifications profondes dans les caractères originaires des dépôts de transition ou secondaires y auraient masqué ou fait disparaître complétement tout ce qui pouvait servir à les distinguer. Quoi qu'il en soit, si des Alpes maritimes jusqu'au sud de Vienne on trace une zone de 20 à 25 lieues de large dans sa partie moyenne, mais très-atténuée à son extrémité orientale, comprenant la ligne de faîte et toutes les sommités de la chaîne centrale, cette zone recourbée, dont la concavité est tournée au S.-E., sera presque entièrement formée de roches cristallines schisteuses ou granitiques, pénétrées sur ses pentes méridionales de porphyres, de serpentines, d'euphotides, de mélaphyres et de roches volcaniques ou trappéennes dans les parties les plus basses. Comme dans les Pyrénées, les plus hautes cimes, telles que le Mont-Blanc, le Saint-Gothard, le mont Rose, etc., sont formées de roches cristallines schisteuses ou granitoïdes. La belle coupe donnée en 1857 par M. F. de Hauer montre la disposition des roches primaires plus à l'est, dans l'axe même de la chaîne sous le méridien de Trieste.

Vosges et Forêt-Noire. — Au nord les deux chaînes jumelles que sépare la vallée du Rhin, les Vosges et la Forêt-Noire, sont en très-grande partie composées de gneiss, de schistes cristallins, de granite, de leptynite, de syénite et de porphyres; puis, sur le prolongement de la seconde, le massif de l'Odenwald en est comme la continuation, mais sans avoir sa contre-partie sur la rive gauche du fleuve.

Allemagne. — Dans l'Allemagne centrale les montagnes de la Moravie, le Bohmerwald, le Fichtelgebirge, l'Erzgebirge et les petites chaînes qui, en Saxe et en Silésie, séparent les bassins de l'Elbe et de l'Oder, appartiennent au terrain primaire, comme le Brocken, au centre du Harz.

Scandinavie, etc. — La plus grande partie de la presqu'île

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

scandinave et surtout sa chaîne occidentale jusqu'au cap Nord, la Laponie et la Finlande appartiennent certainement aux roches primaires les plus anciennes de l'Europe, et il en serait de même d'une grande partie des îles du Spitzberg et de la Nouvelle-Zemble.

Russie méridionale. — En redescendant au sud de la Russie, et longeant ensuite le pourtour du bassin méditerranéen, nous trouvons d'abord une large zone cristalline, qui des côtes de la mer d'Azow se dirige à l'O.-N.-O., et occupe une grande partie du pays qui sépare le Bog du Dnieper pour aboutir aux marais de Pinsk en conservant une largeur de 40 à 50 lieues. Vers l'embouchure du Danube, la région de la Dobrutscha située sur sa rive droite, entre le rempart de Trajan et Isaktcha, est granitique, de même qu'au sud l'espace compris entre le golfe de Bourgaz et Midiah.

Hongrie, Turquie d'Europe et Grèce. — L'axe semi-elliptique des Carpathes, depuis le méridien de Trauenstein jusque dans sa partie orientale dans les Siebenburgen, la Transylvanie et le Banat, présente d'importants massifs cristallins allongés dans le même sens, entourés de dépôts secondaires et tertiaires inférieurs au nord, et de roches ignées peu anciennes au sud. Au delà du défilé des Portes-de-Fer, dans la Turquie d'Europe, une grande partie des montagnes de la Bosnie, de la Servie et de l'Albanie, appartiennent, suivant les recherches de MM. Boué et Viquesnel, aux roches primaires, qui s'étendent, d'une part, jusque près des côtes de la mer de Marmara, et de l'autre longent le golfe de Salonique. Elles composent les montagnes qui bordent la mer Égée, toutes celles de la Macédoine, l'Olympe, les côtes nord de la Béotie, la pointe de l'Attique au cap Sunium, et toutes les îles de l'Archipel, qui se continuent dans la même direction, laissant au sud celles d'origine volcanique. La partie occidentale du Péloponèse, comprenant la Laconie, le cap Matapan et l'île de Cérigo, est formée de roches cristallines, comme la portion occidentale de Candie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Iles de la Méditerranée. — Les montagnes de la Calabre et la pointe de la Sicile qui leur fait face, les trois quarts de l'île de Corse à l'ouest et la moitié orientale de la Sardaigne, sur son prolongement, sont également primaires.

Espagne. — En Espagne, à son extrémité nord-est, un massif granitique suit à peu près la direction de la côte, du cap Saint-Sébastien aux environs de Barcelone. Dans le centre de la Péninsule, la chaîne du Guadarrama au nord de Madrid, dirigée N.-E., S.-O., le massif de Tolède au sud et d'autres allongés du N.-O. au S.-O. au milieu du terrain de transition de l'Estramadure, de la Sierra-Morena, d'Huelva, de Badajoz, etc., sont de roches cristallines. A l'ouest, le massif triangulaire de l'Alentejo s'élève du milieu des dépôts de transition. Enfin le massif le plus considérable de cette partie occidentale de l'Europe, partant de la vallée du Tage sur les limites de l'Espagne et du Portugal et constituant les provinces de Beira, d'Entre-Douro-et-Minho, de Tras-Os-Montes et tout le royaume de Galice, est composé de roches primaires.

Si l'on faisait abstraction des vastes plaines de la Russie situées à l'est du 35e degré ou du méridien de Moscou, on pourrait regarder ces roches comme constituant au moins un cinquième de la surface de l'Europe.

Côtes nord de l'Afrique. — Sur le reste du pourtour de la Méditerranée, en longeant les côtes de l'Afrique, on les retrouve sur celles du Maroc, d'Alger, de la province de Constantine et de Bone. Dans la partie nord de la mer Rouge, la presqu'île du Sinaï, comme les deux rives du golfe de Suez et d'Akabah, en sont formées. Elles sont très-développées dans la partie moyenne et occidentale de l'Asie Mineure, aussi bien que, dans plusieurs des îles voisines. Limitées au nord par la craie, au sud-est et au nord-ouest par les dépôts tertiaires, moyens ou inférieurs, elles sont traversées par des produits volcaniques récents, et les vallées qui les séparent sont occupées par des sédiments lacustres.

Asie occidentale. — La région occidentale du Taurus, le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pourtour oriental du mont Argé jusque près du lac de Van, la partie nord de la province d'Erzeroum et les limites de celle de Trébizonde sont indiqués comme formés de roches cristallines, et du pied de l'Ararat, qui élève son cône volcanique à 5280 mètres, non loin de Bajazid, longeant le lac Ourmiah, pour se diriger au sud-est, comme les montagnes de Zagros, une bande granitique ou de roches primaires semble accompagner la ligne de partage des eaux qui se jettent, au nord-est, dans la Caspienne, et de celles qui se rendent par le Tigre dans le golfe Persique. A l'est du lac Ourmiah et de Tauris, d'autres massifs granitiques viennent se rattacher à l'extrémité orientale du massif carbonifère, crétacé et nummulitique de l'Elbourz, que surmonte le volcan du Demavend.

Asie centrale. — La chaîne méridienne de l'Oural, depuis la mer de Kara au nord jusque près des côtes de l'Aral au sud, est constituée, dans toute sa moitié orientale ou asiatique, par des roches cristallines que traversent d'une manière presque aussi continue une multitude de roches éruptives (porphyres, diorites, serpentines, etc.). Le massif central de l'Altaï, que flanque au nord le terrain de transition, est également cristallin jusqu'autour du lac Baïkal, et sans doute au delà; il paraît en être de même de l'axe de la presqu'île du Kamtchatka, comme de tout le massif de l'Himalaya, du Caboul aux frontières de la Chine, comprenant les plus hautes cimes du globe. On peut supposer qu'il en est encore ainsi dans les chaînes du Bolor, du Kouen-Lun et du Tchi-an-Tchan.

Le granite forme le *substratum* de la presqu'île occidentale de l'Inde au sud du Gange, recouvert par des dépôts secondaires et tertiaires, au milieu desquels il apparaît fréquemment, sauf dans la grande région trappéenne des Gathes et du Duncan, où ne se voit aucune roche cristalline ancienne, granitique ou schisteuse. Au sud, au contraire, tout le massif du Nilgherries, comme l'île de Ceylan placée sur son prolon-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

gement, est exclusivement granitique ou formé de gneiss et de micaschistes riches en pierres précieuses. Il semble en être de même de la presqu'île orientale dans le royaume d'Ava, celui de Siam et la pointe de Malacca avec les îles voisines.

Afrique et Australie. — Dans sa partie orientale, le long de la mer Rouge, et en Égypte, à partir des cataractes, puis en remontant au sud vers le massif montagneux de l'Abyssinie, où prennent leur source toutes les eaux qui se rendent dans la Méditerranée et dans le grand Océan, le continent africain présente des roches primaires, ainsi que sur beaucoup d'autres points. Dans la région du Cap, on les observe encore sur la côte occidentale, et au centre même de ces immenses surfaces si peu explorées, mais dont l'émersion complète au-dessus du niveau des mers semble remonter à des temps plus anciens que dans la plupart des autres régions du globe. La plus grande partie de Madagascar et les îles de Kerguelen, situées à demi-distance du Cap et de l'Australie, comme la Nouvelle-Guinée, seraient aussi primaires. Beaucoup de parties de la chaîne orientale de ce dernier continent, et presque tout son versant occidental, puis à l'ouest, d'Albany jusqu'à la rivière Murchison, les îles du détroit de Bass, la portion nord de la terre de Van Diemen et sa région sud-ouest comme la chaîne centrale de l'île sud de la Nouvelle-Zélande, sont formées de roches schisteuses cristallines, sans doute encore du même âge, les roches de transition pouvant, sur beaucoup de ces points, servir de repère pour les classer.

Amérique du Nord. — Si nous jetons actuellement un coup d'œil sur la composition des terres du nouveau continent dans l'hémisphère nord, nous trouverons toutes les parties connues du Groënland, des côtes de la mer de Baffin jusqu'au 75e degré, du détroit de Davis, du golfe des Esquimaux, les îles Melville, Boothia, Somerset, Southampton, James et le Labrador, c'est-à-dire tout ce qui entoure la mer d'Hudson, presque exclusivement composés de roches primaires. Celles-ci s'étendent des terres Victoria à la terre de Wollaston, bor-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dent le lac Supérieur et les autres lacs du nord pour gagner le Canada et longer la rive gauche du Saint-Laurent jusqu'à son embouchure, occupant aussi l'île de Terre-Neuve, pour constituer ainsi la plus grande région cristalline continue de tout le globe. Elles se prolongent encore au sud-ouest par le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, les États de Vermont et du Maine, en formant au delà une partie de la chaîne des Alleghanies, accompagnées de roches de transition plus ou moins modifiées, jusque dans l'Alabama, où elles se terminent le long des roches crétacées.

Dans les parties occidentales du nouveau continent, depuis les côtes de la mer Glaciale et le détroit de Béhring jusqu'au cap San-Lucas, à l'extrémité de la presqu'île de la Californie, règne une zone presque continue, d'une grande largeur dans l'Orégon et où le terrain primaire domine presque exclusivement. Une bifurcation de ce massif suit les Montagnes-Rocheuses dans leur axe jusqu'à Mazatlan, pour reparaître encore à l'est dans le Nouveau-Mexique. Des roches semblables existent aussi le long de la côte dans l'île de Vancouver, en remontant au nord dans celle d'Aliaska et dans quelques autres des possessions russes.

Amérique du Sud. — Dans l'Amérique méridionale, les roches primaires occupent trois vastes régions distinctes : la première est située au nord de l'Équateur, entre l'Orénoque et l'Amazone, s'étendant de l'Yapure à la Guyane; la seconde, à l'est, comprend au moins la moitié de l'empire du Brésil, en se prolongeant au sud jusqu'à Montévidéo, à l'embouchure de la Plata; la troisième, à l'ouest, constitue une grande partie des massifs des Andes, depuis le golfe de Guayaquil et probablement plus loin encore en remontant vers le nord, dans la Nouvelle-Grenade et le Mexique, jusqu'à la Conception et l'île de Chiloé, au sud. On observe en outre quelques îlots s'élevant du milieu des Pampas, sous le parallèle du cap Corrientes.

Terres australes. — Les îles qui avoisinent le pôle austral,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les Terres-Palmer, de la Trinité, Louis-Philippe, Graham, Adélie, Clarie, Sabrina et d'Enderby, etc., sont encore formées de roches cristallines primaires, comme celles du pôle boréal, et parfois éclairées aussi dans ces régions glacées par les feux volcaniques du mont Erebus, comme celles des régions arctiques par les volcans de l'Islande et de Jean Mayen, nous offrant à la fois, vers les deux pôles de la terre, les preuves de l'action ignée intérieure la plus ancienne et la plus récente.

RÉSUMÉ.

Si l'on fait abstraction des dépôts quaternaires qui recouvrent d'immenses surfaces dans le nord de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique, puis dans les grands bassins de l'Amérique du Sud, et enfin en Afrique et en Australie, et si l'on ne considère que les portions occupées par les sédiments de transition, secondaires et tertiaires, et les produits volcaniques modernes, on peut évaluer l'étendue superficielle des roches primaires à un quart de la partie géologiquement connue des continents et des îles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE V.

TERRAIN DE TRANSITION.

CLASSIFICATION.

On a vu ce que Werner, puis ses disciples et ses continuateurs, entendaient par *terrain de transition* ou *intermédiaire*, et les travaux publiés de 1820 à 1830 jetèrent peu de lumière sur cette grande série de roches qui avaient immédiatement succédé au *terrain primaire* en le recouvrant sur une infinité de points.

Le *Manuel géologique* de H. T. de La Bèche, qui parut en 1830, fut en quelque sorte la dernière expression de l'état de choses, on pourrait dire *chaotique*, qui existait encore à cet égard.

Vers ce temps, on essayait en France d'établir une première division très-rationnelle dans l'ensemble des couches comprises entre les dépôts houillers et les schistes cristallins. MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, chargés d'exécuter la carte géologique de notre pays, y reconnurent un grand caractère stratigraphique : savoir, l'existence de deux directions principales dans les strates qui les constituent, les uns étant dirigés, E. 25° N., à l'O. 25° S., les autres, E. 15° S., à l'O., 15° N. Ces directions, qui traduisaient des phénomènes physiques importants et distincts, pouvaient, on le conçoit, servir à caractériser deux séries de dépôts différents. Les premiers étaient les plus anciens, les seconds avaient précédé l'ère carbonifère ou mieux celle de la houille proprement dite.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Mais ce résultat, tout utile qu'il fût, ne pouvait que très-difficilement dépasser, dans l'application, la limite du champ observé par les géologues qui l'avaient obtenu, et de plus il ne laissait pas entrevoir le moyen de bien caractériser les sous-divisions qu'une succession si considérable de couches devait nécessairement comprendre. Il fallait des conditions plus favorables que celles où ils se trouvaient placés pour qu'on pût appliquer à ces roches anciennes les principes que W. Smith, W. Buckland et Alex. Brongniart avaient, comme on l'a vu, déduits de l'étude des dépôts secondaires et tertiaires. Si ces principes étaient vrais, s'ils n'étaient pas le résultat de circonstances locales ou de faits mal observés, l'examen approfondi du terrain de transition devait les confirmer, et ils devenaient alors de véritables lois. Les autres moyens de classification ou de coordination chronologique étaient par cela même d'une utilité secondaire ou restreinte à des questions de détails, et les dénominations de *terrain ardoisier* et de *terrain anthraxifère*, employées plus anciennement par M. d'Omalius d'Halloy, étaient sujettes aux mêmes objections.

Ce fut en 1830, dans l'ouest de l'Angleterre, particulièrement dans les comtés de Herford, de Radnor et de Shorpshire, que M. Murchison, étudiant les assises inférieures au grand étage désigné sous le nom de *vieux grès rouge*, reconnut qu'elles renfermaient des fossiles entièrement différents de tous ceux des roches placées au-dessus.

En continuant ses recherches, il put, deux ans après, y tracer quatre divisions, caractérisées chacune par des fossiles particuliers. Ces divisions, groupées deux à deux, formèrent deux séries principales, l'une *inférieure*, l'autre *supérieure*, plus facilement applicables à la géologie des régions éloignées. Enfin, en 1835, M. Murchison désigna cet ensemble de dépôts sous le nom de *système silurien*, d'après la région où ils étaient le mieux développés, et qu'habitaient anciennement les *Silures*.

Les quatre divisions qui le composaient reçurent également des dénominations locales qui furent, suivant leur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ancienneté relative, de bas en haut : les *étages de Llandeilo*, de *Caradoc*, de *Wenlock* et de *Ludlow*. Cette classification fut ensuite accompagnée de tous les développements et de toutes les preuves stratigraphiques et paléontologiques dont elle était susceptible dans l'important ouvrage que publia M. Murchison en 1839, sous le titre de *Silurian system*.

M. Sedgwick, en dirigeant ses recherches dans le pays de Galles et le nord de l'Angleterre, y reconnut une autre série de couches jugées plus anciennes encore, à laquelle il donna le nom de *système cambrien* (1836). Mais ses caractères paléontologiques avaient été d'abord mal appréciés, et plusieurs de ses assises durent, par la suite, remonter dans les divisions établies par M. Murchison, tandis que d'autres leur restèrent décidément inférieures, surtout celles dans lesquelles on n'avait pas jusque-là rencontré de fossiles. Plus tard, en 1845, des restes organiques ayant été découverts dans certaines couches, placées entre l'étage de Llandeilo et ce même *système cambrien*, obligèrent d'introduire un nouveau terme à la base du *système silurien*. Cette division se trouva bientôt pleinement justifiée par la découverte que M. J. Barrande fit en Bohême d'une faune beaucoup plus riche, mais offrant les mêmes caractères essentiels, occupant la même position, et qui ne tarda pas à être constatée plus au nord, dans la presqu'île scandinave.

De 1837 à 1839, MM. Sedgwick et Murchison, après avoir fait des observations comparatives dans le Devonshire, et guidés par les déductions paléozoologiques de M. Lonsdale, furent amenés à des conclusions plus inattendues peut-être que les précédentes : c'était la démonstration de l'existence d'un représentant, jusque-là méconnu, de cette grande assise du *vieux grès rouge* dont nous avons déjà parlé, mais avec des caractères minéralogiques très-différents et des fossiles qui n'étaient pas connus non plus dans ce même grès. Ces fossiles indiquaient, par leurs formes générales, des types intermédiaires entre ceux du système silurien qui les avaient

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

précédés et ceux du système carbonifère qui les avaient suivis. Ces déductions, étendues ensuite par les auteurs au Bas-Boulonnais, à la Belgique, à l'Eifel, aux provinces rhénanes, au Fichtelgebirge et au Harz, révélèrent tout un ensemble de dépôts reliés par des caractères communs, et qui reçut alors, en y comprenant le vieux grès rouge de l'Angleterre et de l'Écosse (*old red sandstone*), le nom de *système dévonien.*

Enfin, MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, ayant consacré les étés de 1840 et 41 à parcourir la Russie d'Europe et les deux versants de l'Oural, remarquèrent que les sédiments appuyés au pied occidental de cette chaîne, et placés entre les roches secondaires proprement dites et la série carbonifère à laquelle ils se rattachaient par la présence de certaines formes organiques, offraient un développement beaucoup plus complet que les dépôts correspondants ou contemporains connus en Allemagne sous les noms de grès rouge (*rothe todt Liegende*), de schistes cuivreux et de zechstein, en Angleterre sous ceux de calcaire magnésien (*magnesian limestone*), de conglomérat, etc., et ils n'hésitèrent point à désigner le tout sous le nom de *système permien*, emprunté au gouvernement de Perm, où ces couches acquièrent une très-grande importance. Les caractères de leur flore et de leur faune, qui déjà avaient engagé M. Deshayes et M. Bronn (1835) à les rattacher plutôt aux dépôts carbonifères sous-jacents qu'à ceux du trias au-dessus, déterminèrent aussi les géologues que nous venons de citer à adopter le même rapprochement.

C'est ainsi que fut définitivement constituée, dix ans après les premiers essais de sir R. Murchison, et environ cinquante-cinq ans après ceux de Werner, cette grande unité complexe à laquelle nous conservons la dénomination de *terrain de transition* ou *intermédiaire*, dénomination peu importante en elle-même, mais qui a sur les autres l'avantage de l'ancienneté et de ne rien préjuger. Ce terrain comprend donc aujourd'hui les *systèmes cambrien, silurien, dévonien, carboni-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

fère et *permien*, avec leurs principales sous-divisions, comme les représente le tableau ci-dessous :

TERRAIN DE TRANSITION OU INTERMÉDIAIRE.

SYSTÈMES OU FORMATIONS.	GROUPES.	ÉTAGES ET SOUS-ÉTAGES.
Permien...	supérieur.....	Sables marneux et conglomérats (Russie) psammites schisteux (Allemagne).
	moyen.....	Zechstein (Allemagne), calcaire magnésien (Angleterre). Schistes cuivreux (Mansfeld).
	inférieur.....	Grès rouge inférieur (Angleterre), grès rouge et conglomérat (*rothe todt Liegende*, Allemagne).
Carbonifère	supérieur.....	Argiles, grès, psammites, conglomérats et houille (*coal measures*, Angleterre ; *Steinkohle*, Allemagne).
	moyen.....	Grès à meules (*millstone grit*, Angleterre ; *Flötz lehrer Sandstein* (Allemagne).
	inférieur.....	Calcaire carbonifère et argiles (*mountain limestone*, Angleterre ; *Berg-kalk*, Allemagne). Calcaire inférieur (Angleterre). Grès jaune (Irlande). Grès calcifère (Écosse).
Dévonien...	supérieur.....	Grès jaune et rouge (Petherwin, Barnstaple). Schistes à Cypridines et calcaires à *Clymenia*.
	moyen.....	Grès en dalles de Caithness (Écosse). *Cornstones* moyens ; calcaire de Plymouth et d'Ilfracombe. Calcaires de l'Eifel et couches à Calcéoles.
	inférieur.....	Dalles inférieures et *cornstones* du vieux grès rouge. Calcaires de Torbay et schistes Wissenbach. Grès à *Spirifer* de Coblentz et grauwacke supérieure.
Silurien....	supérieur — de Ludlow....	*Tile-stone*. Psammites grisâtres. Calcaire d'Aymestry. Psammites calcarifères inférieurs.
	supérieur — de Wenlock...	Calcaire de Dudley. Argiles et marnes de Wenlock. Calcaire de Woolhope.
	de Llandovery.....	Schistes de Tarannon et grès de May-Hill. Grès inférieur.
	inférieur — de Caradoc....	Grès ou psammites de Caradoc et calcaires de Bala.
	inférieur — de Llandeilo..	Dalles schistoïdes. Ardoises et grès.
	de Potsdam [1].....	Schistes gris foncé. *Stiper-stones*.
Cambrien.....	.....	Schistes de Longmynd. Grès d'Harlech. Ardoises de Llamberis.

1. Pour conserver la symétrie des noms de localité du système, nous avons substitué à la dénomination de *couches à Lingules* celle depuis longtemps appliquée par les géologues de l'État de New-York aux dépôts correspondants de ce pays.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Faune. — Les progrès de la paléontologie dans ces dépôts anciens ne furent pas moins rapides que ceux de leurs caractères géologiques. Les listes de fossiles, assez complètes, insérées dans la traduction française du *Manuel* de La Bèche, publiée en 1833, comprenaient 589 espèces, réparties dans le *groupe houiller* proprement dit, celui du *calcaire carbonifère* et le *groupe de la grauwacke*. Le tableau que nous donnâmes, en 1842, à la suite d'un *Mémoire sur les terrains anciens des provinces rhénanes*[1], renfermait l'énumération des fossiles du même ensemble de couches, constituant alors les *systèmes carbonifère, dévonien* et *silurien*, et présentait, abstraction faite des doubles emplois reconnus, 2698 espèces d'animaux, réparties dans 326 genres, et distribuées comme il suit :

1. D'Archiac et de Verneuil, *Memoir on the fossils of the older deposits,* etc. *Mém. sur les fossiles des terrains anciens des provinces rhénanes, précédé d'un coup d'œil général sur la faune des dépôts paléozoiques* (*Transact. geol. Soc. of London,* 2e série, vol. VI, part. II, 1842).

M. J. Bigsby, connu par d'excellents travaux sur la coordination des dépôts anciens de l'Amérique du Nord, publie en ce moment, sous le titre d'*Index siluricus*, un catalogue général de tous les fossiles siluriens recueillis dans les différentes parties de la terre et dont le nombre ne s'élève pas à moins de 6,000 espèces. (Lettres de M. Bigsby du 17 et 28 avril 1866.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

TABLEAU SOMMAIRE DE LA FAUNE DE TRANSITION (1842).

CLASSES ET ORDRES.	Genres.	Total des espèces.	Espèces siluriennes.	Espèces siluriennes et dévoniennes.	Espèces dévoniennes.	Espèces dévoniennes et carbonifères.	Espèces carbonifères.	Espèces siluriennes et carbonifères.	Espèces communes aux trois systèmes.	Espèces dont les systèmes sont douteux.
Poissons	31	78	8	»	50	»	20	»	»	»
Crustacés	46	216	135	7	32	2	24	2	1	36
Insectes	4	4	»	»	»	»	4	»	»	»
Mollusques, ord. Céphalopodes.	20	448	82	10	199	6	168	2	2	22
— ord. Hétéropodes.	2	64	15	6	22	3	36	1	2	5
— ord. Ptéropodes.	1	11	6	1	4	»	2	»	»	»
— ord. Gastéropodes.	46	382	63	7	116	16	225	5	»	10
Conchifères, ord. Brachiopodes.	15	568	230	30	182	28	229	7	3	12
— ord. Monomyaires.	9	161	33	3	60	5	77	1	»	»
— ord. Dimyaires.	28	302	49	9	145	5	126	1	2	2
Annélides	4	11	4	1	5	»	2	»	»	»
Radiaires	34	163	42	1	59	10	75	1	3	3
Polypiers	65	260	115	36	107	4	83	1	2	2
Rhizopodes	indét.	indét.	»	»	indét.	»	indét.	»	»	»
Infusoires	indét.	indét.	»	»	»	»	indét.	»	»	»
Corps de classe incertaine	11	30	25	3	3	»	1	1	»	5
TOTAUX	326	2698	807	114	984	79	1072	22	15	97

L'étude comparative des éléments de ce tableau montrait que 114 espèces, ou plus de $\frac{1}{15}$, étaient communes au premier et au second système, 79 ou $\frac{1}{26}$ au second et au troisième, et que 15 seulement ou $\frac{1}{173}$ traversaient toute la série des formations anciennes. Cette dernière proportion fût devenue $\frac{1}{72}$ si l'on avait supposé que les espèces regardées à la fois comme carbonifères et siluriennes avaient dû exister aussi pendant la période dévonienne. Ces chiffres faisaient voir en outre qu'entre le premier et le second système le rapport des espèces analogues était presque double de celui que l'on observe entre celles du second et du troisième.

Sans doute les recherches incessantes faites depuis lors ont, dans les diverses parties du globe, prodigieusement accru

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nos connaissances sur ces faunes anciennes; mais on peut dire que les données théoriques que nous avions déduites alors n'en ont reçu qu'une plus éclatante confirmation. Aussi croyons-nous devoir les reproduire ici, d'autant plus que certains auteurs semblent oublier ou ignorer qu'ils ont été précédés dans cette voie.

« Les détails précédents sur l'animalisation des premières « mers, disions-nous, montrent qu'il n'y a point eu de chan- « gements brusques ni complets dans l'organisation des ani- « maux qui peuplaient ces mers, et que les trois systèmes se « relient entre eux par un petit nombre d'espèces communes. « Cependant, les modifications ont été telles que, non-seule- « ment la plupart des espèces, mais encore beaucoup de « genres ont successivement cessé de vivre pour être succes- « sivement aussi remplacés par d'autres qui ont disparu à « leur tour. Quelques genres cependant persistant à se mon- « trer dans les diverses périodes géologiques vivent encore « dans nos mers, comme pour nous permettre de mieux com- « parer les produits les plus extrêmes de la création. »

Ces résultats montraient aussi, contrairement à ce que l'on avait cru jusque-là, que l'animalisation des mers siluriennes, dévoniennes et carbonifères était déjà très-variée et n'avait point ce caractère d'uniformité générale qu'on lui avait supposé. Certains genres n'avaient vécu qu'à certaines époques et sur des espaces très-circonscrits, constituant des faunes locales, comparables à ce que l'on observe dans les dépôts plus récents et dans les mers actuelles, ce qui n'empêchait pas d'autres genres et d'autres espèces qui vivaient dans ces mêmes localités de se montrer en même temps sur les points les plus éloignés de la terre et sous les latitudes les plus différentes.

« Si certaines divisions, telles que les mollusques gasté- « ropodes, monomyaires, dimyaires et les annélides ont eu « comparativement peu de représentants dans les premiers « dépôts, d'autres, telles que les polypiers et les céphalopodes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« polythalames, s'y trouvent en aussi grande quantité que « dans aucune des périodes suivantes, et quelques-unes, telles « que les crustacés, les brachiopodes et les crinoïdes, y pré- « sentent des types infiniment plus variés.

« Enfin, si l'on considère le développement de l'organisme « de transition dans le sens de l'épaisseur des couches, ou *dans « le temps*, on voit, 1° *que le nombre total des espèces tend à s'ac- « croître de bas en haut*; 2° *que la progression est très-diffé- « rente dans chaque ordre ou dans chaque famille, et que sou- « vent même cette progression est inverse, soit dans les divers « ordres d'une même classe, soit dans les divers genres d'un « même ordre.* Si l'on considère, au contraire, ce même déve- « loppement dans le sens horizontal, géographiquement, ou « *dans l'espace*, on reconnaît 1° *que les espèces qui se trouvent « à la fois sur un grand nombre de points et dans des pays « très-éloignés les uns des autres sont presque toujours celles « qui ont vécu pendant la formation de plusieurs systèmes « successifs*; 2° *que les espèces qui appartiennent à un seul « système s'observent rarement à de grandes distances, et « qu'elles constituent alors des faunes particulières à certaines « contrées*; *d'où il résulte que les espèces réellement carac- « téristiques d'un système de couches sont d'autant moins « nombreuses qu'on étudie ce système sur une plus vaste « échelle.* »

Enfin, une dernière conséquence importante de ces pre- mières études, et en opposition avec ce que beaucoup de personnes admettaient encore, conséquence que tous les faits acquis depuis lors n'ont pu que sanctionner ; c'est l'influence complétement nulle des phénomènes dynamiques, qui ont accidenté la surface de la terre, sur la marche générale et le développement des phénomènes biologiques, et par consé- quent l'indépendance complète des uns et des autres.

Essayons actuellement de tracer les principaux carac- tères des divers systèmes du tableau précédent, en commen- çant par le plus ancien, qui fait naturellement suite au *terrain*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

primaire, et en nous aidant pour cela de l'ouvrage classique que l'on doit encore à sir R. Murchison. La dernière édition de *Siluria*, publiée en 1859, est le magnifique couronnement d'un vaste ensemble de travaux dont les annales de la science offrent peu d'exemples.

§ 1. SYSTÈME CAMBRIEN.

Iles Britanniques. — Dans l'ouest de l'Angleterre, les roches primaires cristallines, qui servent de *substratum* naturel aux roches cambriennes, n'apparaissent nulle part, et celles-ci, quoique décrites d'abord dans le pays de Galles, montrent mieux vers le haut leurs rapports stratigraphiques avec les roches siluriennes inférieures dans le sud-ouest du Shropshire, où elles constituent les collines de Longmynd. Aussi est-ce dans cette petite région que nous les mentionnerons d'abord.

Les couches les plus basses, inclinées de 60° à l'O.-N.-O., sont composées, dans leur partie orientale, de schistes luisants peu solides, de schistes argileux avec quelques lits de calcaires siliceux subordonnés, de quelques centimètres à peine d'épaisseur. Des roches trappéennes ou dioritiques y sont intercalées. Au-dessus viennent des grès siliceux, des roches grises schisteuses, dures, verdâtres, rougeâtres, avec des veines de quartz. A ces grès en succèdent d'autres, rouges, puis des conglomérats, et enfin des schistes gris, dont les plus élevés ou les plus occidentaux plongent très-régulièrement sous une crête rocheuse désignée dans le pays sous le nom de *Stiper-stones*, et avec laquelle commence seulement la série silurienne.

L'épaisseur du système cambrien en ce point serait d'environ 8400 mètres, aucun plissement n'ayant été observé dans les strates, qui plongent constamment dans le même sens.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Une autre coupe a montré un développement de 7192 mètres sans laisser apercevoir non plus une seule couche de calcaire.

La coupe générale que M. Murchison a placée au bas de sa carte géologique, montre la position des schistes de Longmynd, s'appuyant à l'E. contre les roches éruptives de Caer-Caradoc, en l'absence du groupe de Llandeilo, qu'une faille a laissé dessous, tandis que, plus à l'O., les roches quartzeuses des *Stiper-stones*, les schistes à Lingules, les dalles de Llandeilo, traversés par des roches ignées, etc., leur succèdent régulièrement.

Dans le pays de Galles, les schistes de Llamberis fournissent, de temps immémorial, les ardoises les plus estimées; ils alternent avec des grès, et des roches ignées s'y trouvent intercalées. Les grès d'Harlech sont encore du même âge et représentent, avec les précédents, les roches les plus anciennes de l'ouest de l'Angleterre. Les schistes d'Anglesea, cristallins, chloriteux, micacés, quartzeux, en couches très-singulièrement contournées, ne sont que des modifications dues au métamorphisme des roches cambriennes des environs, et la coupe précitée fait voir comment elles supportent le massif silurien inférieur du Snowdon.

On observe dans les roches de cette période, plus fréquemment que dans aucune autre, ce que l'on appelle des *plans de clivage*, ou divisions très-régulières, parallèles entre elles, et sans aucun rapport avec celles de la stratification originaire. Quels que soient les plissements et les contournements que les couches aient éprouvés, le clivage n'en est nullement affecté et résulte d'un phénomène évidemment plus récent. Avant les observations de MM. Sedgwick, Sharpe, J. Phillips et Darwin sur ce sujet, le clivage était souvent confondu avec la stratification réelle. Il est d'ailleurs indépendant aussi de l'ancienneté des roches. Plusieurs explications du phénomène ont été proposées, et la plus probable serait peut-être celle qui l'attribue à des causes mécaniques. Des pressions latérales auraient été exercées sur les strates déjà

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

redressés, et des actions dues à la chaleur et à l'électricité combinées auraient concouru à produire ce résultat.

Ce n'est qu'en 1854 que M. Salter découvrit dans ce système quelques traces de corps organisés. C'étaient des cavités cylindriques ressemblant à des trous d'annélides arénicoles (*Arenicola didyma*), une empreinte douteuse de trilobite (*Palæopyga Ramsayi*), quelques rudiments de végétaux marins rapportés à des fucoïdes, et, dans les schistes rouges endurcis de Bray-Head, au sud de Dublin, ainsi que dans le comté de Wicklow, des empreintes appelées par Ed. Forbes *Oldhamia antiqua* et *radiata*. Elles représentent une sorte de tige coudée ou articulée de distance en distance, et portant à chaque angle un faisceau de linéaments disposés en éventail, très-régulier, mais dont la structure n'a pas permis, à ce qu'il semble, de déterminer les vrais caractères organiques. En décrivant une nouvelle espèce (*O. discreta*), M. Kinahan les rapporte à des sertulariées, et signale des traces d'annélides (*Histioderma hibernicum*).

Ce qui manquait aux caractères stratigraphiques du système cambrien en Angleterre fut découvert par sir R. Murchison, en 1856, sur la côte nord-ouest de l'Écosse, dans les comtés de Ross et de Sutherland. Il y vit le gneiss primaire recouvert à stratification discordante par des conglomérats et des grès bruns, pris d'abord pour le vieux grès rouge, mais surmontés transgressivement aussi par des quartzites et des calcaires cristallins remplis de fossiles du groupe silurien de Llandeilo. Les hautes montagnes de Queenaig sont du même âge que les roches de Longmynd et d'Harlech, placées sous la série silurienne du Shropshire et du pays de Galles, avec cette différence qu'ici les deux systèmes se succèdent d'une manière concordante, tandis qu'en Écosse une dislocation les aurait séparés.

Sur le continent, les roches de cet âge, bien qu'existant sans doute dans un grand nombre de localités, n'ont pas encore été partout nettement distinguées, soit des schistes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

cristallins primaires d'une part, soit des assises siluriennes fossilifères les plus basses de l'autre. Disons d'ailleurs que cette séparation est le plus ordinairement fort difficile.

France. — Nous n'hésiterons pas cependant à y rapporter les puissantes assises de schistes verts, de schistes luisants, satinés ou d'aspect talqueux, de grès, de poudingues, d'arkoses, de métaxites, d'anagénites et de quartzites, si répandues dans l'ouest de la France, entourant les bandes granitiques de ce pays, et séparant les grès à Scolithes et à Lingules des micaschistes, des gneiss et des granites de cette région. Peut-être les grès pourprés et les psammites lie de vin, placés au-dessus, de même que les schistes maclifères, si constants dans le voisinage immédiat des granites, doivent-ils encore en faire partie? Les environs de Cherbourg, de La Hague, de Granville, de Saint-Lô (Manche), de Falaise et de Condé-sur-Noireau (Calvados), de Cancale, de Saint-Malo, de Saint-Caast, de Bédé, de Rennes (Ille-et-Vilaine), en offrent de bons exemples[1]. Sur la carte géologique de la France, les roches de ce système doivent être cherchées ou comprises dans le terrain *de transition inférieur* i, le terrain *de transition modifié* i dans les *micaschistes* et *stéaschistes* y'''.

Allemagne centrale. — Au centre de l'Allemagne, dans ce bassin de la Bohême, si parfaitement étudié qu'il est devenu un second terme de comparaison aussi précieux que celui de l'Angleterre pour la connaissance des roches sédimentaires anciennes, de puissantes assises de schistes, de conglomérats et de grès, en partie cristallisées et dépourvues de restes organiques, sont appuyées contre les gneiss et les granites qui constituent les bords et forment ainsi le *substratum* de toute la série silurienne complète qui en occupe le milieu.

Nord de l'Europe. — Dans la Laponie et la Scandinavie,

1. Voy. P. Dalimier, *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XIX, p. 910, XX, p. 126, 1862, et *Mém. sur la stratigraphie du terrain primaire du Cotentin*, 1862.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les granites et les gneiss sont surmontés de diverses roches schisteuses et quartzeuses souvent métallifères, toujours sans traces de fossiles, et au-dessus desquelles viennent çà et là les couches siluriennes. En Norwége, des roches schisteuses, quartzeuses, talqueuses, semi-cristallines, reposant sur le gneiss et discordantes par rapport aux roches de transition, les plus anciennes du pays, ont été regardées par quelques auteurs (Durocher, Bigsby) comme distinctes du système cambrien. Nous y reviendrons tout à l'heure, mais on peut dire qu'en général les systèmes cambrien et silurien sont concordants, telles que leurs relations stratigraphiques sont connues en Europe. Les exceptions sont dans le nord-ouest de l'Écosse et dans la Scandinavie, si les rapprochements sont exacts.

Amérique du nord. — De l'autre côté de l'Atlantique, dans l'Amérique du Nord, où les roches sédimentaires anciennes occupent de si vastes surfaces, les assises siluriennes les plus basses reposent quelquefois directement sur le gneiss et le granite primaire; mais sur la rive nord des grands lacs du Canada, du lac Huron et du lac Supérieur en particulier, elles en sont séparées par un système de roches sans fossiles qui n'a pas moins de 5500 mètres d'épaisseur, et auquel les géologues du pays, entre autres sir W. Logan et M. Murray, ont assigné le nom de *système huronien*, le regardant comme parallèle au système cambrien de l'Europe. Son étendue superficielle n'est pas moindre de 280 lieues, et sa composition, très-variée, suivant les divers points où il a été observé, présente le plus ordinairement des conglomérats quartzeux avec du jaspe et des cailloux de quartz, des quartzites, des schistes siliceux, des assises calcaires puissantes, des grès, accompagnés de roches dioritiques, épidotiques ou trappéennes interstratifiées.

Le synchronisme de ce *système huronien* avec le *système cambrien* a été contesté récemment par M. Bigsby[1], qui

1. *Quart. Journ. geol, Soc. of London*, février 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aurait trouvé, en Europe et en Amérique, des équivalents de l'un et de l'autre. Le système huronien, étant le plus ancien des deux, se distinguerait surtout par ses roches discordantes avec le système silurien lorsqu'ils sont en contact, tandis qu'elles seraient concordantes avec les schistes primaires et les gneiss, ensuite parce qu'on y observe des assises puissantes de marbres calcaires qui manquent complétement dans le système cambrien, où l'on trouve, au contraire, des traces de corps organisés qui n'existent pas au-dessous.

Quoi qu'il en soit de ces distinctions, nous pouvons supposer que des équivalents de ces grands systèmes de roches se trouveraient dans beaucoup de régions montagneuses, dans le voisinage de l'axe des grandes chaînes, si les caractères stratigraphiques et pétrographiques, ainsi que les restes organiques qu'elles ont pu renfermer n'avaient été rendus méconnaissables par les actions physiques et chimiques que l'arrivée ou le voisinage des roches ignées ou toute autre cause ont déterminées; car pour être certain que l'on a réellement sous les yeux des roches de cette période si ancienne, il faut avoir reconnu au-dessus des fossiles caractéristiques de la base du système silurien et au-dessous des gneiss ou des granites incontestablement primaires, circonstances qu'il est très-rare de pouvoir constater.

§ 2. SYSTÈME SILURIEN.

Iles Britanniques. Angleterre. — Groupe de Potsdam. — Si nous nous reportons à la coupe déjà indiquée des collines de Longmynd, dans le Shropshire, nous verrons que, dès ses premiers travaux, M. Murchison avait regardé la crête dentelée, ruiniforme des *Stiper-stones*, composée de roches quartzeuses et dirigée N.-N.-E., S.-S.-O., comme la base de son système silurien, et le séparant des schistes cambriens sous-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jacents, avec lesquels elles sont d'ailleurs parfaitement concordantes.

Ces roches, d'une épaisseur d'environ 300 mètres, plongent, comme les précédentes, de 60 à 70° à l'O.-N.-O., présentent de nombreuses tubulures, probablement dues à des vers marins (peut-être le *Scolithus linearis?*), et des Lingules, les plus anciens mollusques brachiopodes jusqu'à présent connus. Les grès de Tremadoc (pays de Galles) renferment en outre des trilobites dont les genres sont presque tous propres à cet horizon (*Agnostus pisiformis*, *Olenus micrurus*, *Paradoxides Forchhammeri*) et ces corps ou empreintes d'origine douteuse, signalés dans d'autres pays sous le nom de *Bilobites* ou de *Cruziana*. Dans la même région du pays de Galles, une assise plus élevée de schiste gris foncé ou noirâtre, a présenté, avec les fossiles précédents, les genres de trilobites *Conocephalus*, *Ellipsocephalus* et l'*Olenus alatus*, ce dernier des couches contemporaines de la Scandinavie, une petite espèce d'*Orthis* et un bryozoaire? *Graptopora socialis*. Les assises des collines de Malvern, désignées récemment par M. Holl sous le nom de *grès d'Hollybush*, et renfermant des *Scolithus*, le *Trachiderma antiquissima*, la *Serpulites fistula*, la *Lingula squamosa*, l'*Obolella Phillipsii*, et les argiles noires qui la recouvrent avec trois espèces d'*Olenus*; le *Sphærophthalmus pecten*, l'*Agnostus pisiformis*, etc., appartiennent sans doute à ce même horizon, malgré la dénomination de *roches cambriennes supérieures* employée par l'auteur.

Groupe de Llandeilo. — Dans le Shropshire, où la série est plus complète que dans le Caermartenshire, on trouve, au-dessus des assises précédentes, des couches un peu micacées, des dalles grises brunissant à l'air, alternant avec des schistes plus foncés d'une épaisseur totale de 1000 mètres, et que caractérisent, suivant M. Murchison, la *Lingula plumbea*, la *Cucullæa? anglica*, la *Redonia complanata*, l'*Orthoceratites Avelinii*, la *Theca simplex*, l'*Æglina binodosa*, le *Trinucleus*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Murchisoni, le *Didymograpsus geminus* et une tige de crinoïde.

Une seconde assise de roches schistoïdes gris foncé et bleu clair, calcarifère, constitue la partie principale du groupe, et renferme surtout de nombreux trilobites. Autour de Llandeilo, les couches caractérisées par les mêmes fossiles sont surmontées de strates représentant le grès de Caradoc du Shropshire. Il en est de même dans le pays de Galles, où les couches de cendres volcaniques intercalées sont des roches porphyriques. A la base du Snowdon et de Cader-Idris, les fossiles ont presque disparu, par suite de la grande quantité de roches ignées qui accompagnent les schistes; mais, sur le versant oriental des Berwyn, les fossiles reparaissent, et le tout passe sous le groupe de Caradoc et de Bala.

Outre les trilobites appartenant aux genres *Asaphus*, *Ogygia*, *Agnostus*, *Trinucleus*, *Calymene*, on y trouve, plus fréquemment ici que partout ailleurs, ces corps désignés sous le nom de *Graptolites*, et qui, composés d'une tige ou rachis droit ou courbe, simple ou bifurqué, sont garnis, sur un de leurs côtés ou sur les deux à la fois, de dentelures régulières, symétriques, et semblent avoir appartenu à un type particulier de bryozoaires.

Groupe de Caradoc. — Dans le Shropshire, le grès de Caradoc, ainsi nommé de la petite chaîne de collines dont il forme la pente, se montre à l'est de Stretton, appuyé directement contre des roches ignées amphiboliques et feldspathiques, une faille de près de 600 mètres, suivant M. Ramsay, ayant abaissé en ce point les couches de Llandeilo. Les grès sont des psammites brunâtres, ferrugineux, plongeant à l'E., et recouverts par toute la série silurienne supérieure. Ceux de la base renferment quelques bancs calcaires subordonnés et de nombreux fossiles à l'état de moules et d'empreintes. Les trilobites et les brachiopodes dominent (*Calymene Blumenbachii*, *Homalonotus bisulcatus*, *Phacops truncatocaudatus*, *P. apiculatus*, *Trinucleus seticornis*, *Tentaculites anglicus*, *Orthis*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

testudinaria, *O. vespertilio*, *Strophomena tenuistriata*, *S. grandis*, *Bellerophon bilobatus*, etc.). Le *Trinucleus Caractaci* s'observe dans toute la série. Quant à l'assise supérieure ou argile schisteuse, on y trouve particulièrement le *Trinucleus concentricus*, le *Leptæna sericea*, l'*Orthis elegantula*, etc.

Dans le pays de Galles les calcaires de Bala et la partie supérieure du massif du Snowdon, regardés d'abord comme fort anciens, ne sont, en réalité, par leurs fossiles comme par leur position stratigraphique, que le prolongement des couches de Caradoc (voy. pl. II, fig. 1).

Roches ignées. — Un caractère très-remarquable du système silurien inférieur de l'ouest de l'Angleterre est la présence des produits ignés au milieu des dépôts de sédiment. M. Murchison insiste, avec raison, sur les résultats de deux phénomènes distincts, l'un ayant amené des roches pyrogènes intercalées régulièrement entre les couches fossilifères et en étant contemporaines, l'autre des roches massives interrompant la stratification de ces dernières. Les unes et les autres présentent de nombreuses variétés.

Les produits stratifiés ou cendres volcaniques endurcies, comme les désigne l'auteur, alternent jusqu'à dix-sept fois avec des roches de sédiment sur un espace d'un kilomètre, et semblent résulter d'éruptions qui se seraient faites au fond de la mer comme ces îlots volcaniques temporaires qui, de nos jours encore, surgissent non loin des volcans en activité. Les roches ignées massives sont dioritiques, à gros ou à petit grain, prenant un aspect basaltique, et ont traversé les couches de grès ou de schistes, modifiées à leur contact. La coupe du Snowdon, que nous avons déjà mentionnée et dressée d'après celle de M. Ramsay, est un exemple très-instructif de cette classe de phénomène.

Groupe de Llandovery. — Par suite des recherches de MM. Sedgwick et M'Coy, M. Murchison a admis qu'il existait, entre ses divisions inférieures et supérieures, particulièrement aux environs de Llandovery, au nord-est de Llandeilo, un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ensemble de couches désigné d'abord sous le nom de *grès supérieur de Caradoc*, mais qui devait en être distingué et pour lequel il a proposé depuis le nom de *groupe de Llandovery*. Il est caractérisé, en effet, par certains brachiopodes (Pentamères) qui ne se montrent ni au-dessus ni au-dessous et par quelques autres fossiles qui ne passent point dans le groupe de Wenlock. Les autres caractères sont en quelque sorte mixtes, et le développement des couches varie suivant les localités.

Dans le Radnorshire, le Shropshire, le Herfordshire, l'assise supérieure est surtout caractérisée par les *Pentamerus oblongus* et *lens*, la *Rhynchonella decemplicata*, le *Strophomena compressa*, etc., associés avec quelques espèces de la division silurienne inférieure, un assez grand nombre de la supérieure et quelques-unes enfin qui se montrent dans toutes deux. Sur la pente occidentale des collines de Malvern, les grès et les conglomérats à Pentamères ont environ 200 mètres d'épaisseur.

Groupe de Wenlock. — Les dépôts de la division silurienne supérieure présentent des matériaux presque partout semblables aux précédents; ils suivent constamment, en outre, la même direction, et se conforment aux ondulations des couches sous-jacentes, toujours à stratification concordante. Dans le pays de Galles, les caractères pétrographiques sont, à la vérité, différents, mais les mêmes fossiles règnent partout.

Calcaire de Woolhope. L'assise inférieure ou calcaire de Woolhope est subordonnée à des argiles schisteuses noires reposant sur le grès à Pentamères. Le point le plus intéressant où ces couches puissent être observées est la vallée elliptique de soulèvement située à l'est d'Herford. Le calcaire qui nous occupe recouvre sur son pourtour le dôme central formé par le grès de May-Hill ou de Llandovery, et plonge sous les argiles de Wenlock avec leurs calcaires subordonnés, lesquels disparaissent à leur tour sous les diverses assises du groupe de Ludlow, tandis que la base du vieux grès rouge,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui occupe le pays environnant, circonscrit toute la série silurienne supérieure. L'*Homalonotus delphinocephalus* et le *Bumastus barriensis* sont les trilobites dominants de cet horizon.

Argiles schisteuses de Wenlock. Le calcaire précédent n'est, à proprement parler, qu'un accident subordonné aux argiles schisteuses ou marnes argileuses qui constituent la plus grande partie du groupe, ou bien y est représenté par des nodules et des concrétions marneuses. Cette assise est particulièrement développée sur les bords de la Severn, près de Coal-Brook-Dale, suit tout l'escarpement de Wenlock-Edge, et se continue dans les collines de Malvern, vers Woolhope, etc., avec une épaisseur moyenne de 170 mètres.

Calcaire de Dudley. L'assise supérieure est un calcaire en bancs épais, sub-cristallin, gris, plus clair que celui de Woolhope, et dont la position se voit nettement le long de cette même crête de Wenlock-Edge et dans les Malvern. Il s'élève en une sorte de dôme au nord de Dudley pour constituer la colline qui porte le château et celle de Wren's Nest, entourée par le groupe houiller. Cette assise, souvent représentée aussi par des nodules enveloppés d'argiles ou de marne gris clair, disparaît d'ailleurs rapidement. Dans cette région, l'épaisseur du groupe dépasse quelquefois 300 mètres, mais dans le pays de Galles, où il est dépourvu de calcaire, il atteint une puissance double.

Les corps organisés, extrêmement répandus et connus de temps immémorial sous le nom de *Fossiles de Dudley*, nous ont engagé à lui conserver cette dénomination de préférence à celle de calcaire de Wenlock, afin d'éviter la répétition du même mot pour des assises différentes.

Les polypiers, très-nombreux et très-variés, sont particulièrement des Favosites (*F. cristatus*, *gothlandicus*, *alveolaris* et *oculatus*), des Héliolites (*H. tubulatus*, *petaliformis interstinctus*), le *Stenopora fibrosa*, le *Syringopora bifurcata*, et, parmi ceux portant des calices étoilés, les *Cyathophyllum articulatum* et *truncatum*, l'*Acervularia ananas*, etc. Parmi les cri-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

noïdes, le *Periechocrinus* (*Actinocrinus*) *moniliformis* recouvre les plaques calcaires de ses innombrables articulations détachées. Les mollusques céphalopodes y présentent fréquemment des Orthocératites (*O. annulatum* et *Brightii*), les hétéropodes, les *Bellerophon dilatatus* et *wenlockensis*, les ptéropodes, le *Conularia Sowerbyi*, les gastéropodes, les *Euomphalus sculptus*, *discors*, *funatus* et *rugosus*. Les trilobites, très-multipliés aussi, sont représentés surtout par le *Calymene Blumenbachii*, le plus anciennement signalé de ce type de crustacés.

Groupe de Ludlow. — *Psammites calcarifères inférieurs.* Dans les couches les plus basses du groupe de Ludlow se montre encore ce même trilobite que nous avons vu descendre dans les grès de Caradoc et les roches schisteuses du Snowdon, puis vient l'*Asaphus* ou *Phacops longicaudatus*, non moins caractéristique de toute la formation. On peut en dire autant des *Graptolites priodon* ou *ludensis*. La *Cardiola interrupta* et la *Murchisonia Lloydii* sont des fossiles également fréquents. Parmi les coquilles de céphalopodes à cloisons simples, les Orthocératites présentent onze espèces, dont plusieurs se montrent au-dessus et au-dessous de ce niveau, puis viennent des *Lituites* ou des *Phragmoceras*, ces types modifiés du précédent.

Calcaire d'Aymestry. Cette assise constitue un calcaire terreux, d'un aspect sub-cristallin, en bancs de $0^m,30$ à $1^m,50$ d'épaisseur, développé seulement sur quelques points du Herfordshire et du Shropshire, à Sedgeley, près de Dudley et à Aymestry. Les fossiles les plus fréquents sont le *Pentamerus Knightii*, la *Rhynchonella* (*Terebratula*) *Wilsoni*, la *Lingula Lewisii*, le *Strophomena euglypha*, l'*Atrypa reticularis*, le *Bellerophon dilatatus*, la *Pterinea* (*Avicula*) *Sowerbyii*, etc.

Psammites grisâtres. Ce sous-étage, le plus compliqué du groupe, présente des bancs sableux plus calcarifères que les précédents, un peu micacés, bleuâtres à l'intérieur et brunâtres au dehors. Les coquilles de brachiopodes y montrent des espèces variées, mais les polypiers sont rares. Les Ortho-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

cératites, de grandes dimensions, sont celles de l'assise précédente. Parmi les trilobites, l'*Homalonotus Knightii* est l'espèce la plus répandue et qui atteint parfois une très-grande taille. Le *Phacops caudatus*, l'*Encrinurus punctatus* et le *Calymene Blumenbachii* viennent s'y éteindre.

Ce niveau est le plus bas où l'on ait encore trouvé avec certitude en Angleterre des restes de vertébrés de la classe des poissons et des traces de plantes terrestres. Jusque-là tous les animaux appartenaient aux invertébrés et les végétaux à des plantes marines. Par leur accumulation, les premiers forment un lit composé de carbonate et de phosphate de chaux, de fer et de matière bitumineuse disséminée. Des coquilles et le *Pterygotus problematicus*, crustacé du groupe des euryptéridés, s'y montrent également.

Tile-stone. Enfin, on désigne par l'expression locale de *tile-stone* la dernière couche de la formation silurienne et dont l'épaisseur ne dépasse pas cinq mètres. Placée d'abord à la base du *vieux grès rouge*, la roche se divise en dalles quelquefois rougeâtres avec la *Lingula cornea* qui se trouve aussi plus bas, des crustacés, des épines de poissons et une espèce du genre *Pteraspis*.

A Bradnor-Hill, près de Kington, au-dessus de la couche à ossements dont on vient de parler, plusieurs bancs fossilifères viennent appuyer la réunion du *tile-stone* au groupe de Ludlow. Observés aussi sur d'autres points, ils ont présenté la *Lingula cornea*, le *Trochus helicites*, plusieurs espèces de poissons (*Onchus Murchisoni*, *Cephalaspis ornatus*, *Auchenaspis Salteri*, *Plectrodus mirabilis*), des crustacés, *Beyrichia Klædeni*, *Eurypterus pygmæus* et le gigantesque *Pterygotus anglicus* qui, suivant M. Salter, n'avait pas moins de $2^m,20$ à $2^m,40$ de long avec une largeur et une épaisseur proportionnées.

Écosse et Irlande. — Quoique la série silurienne soit moins complète en Écosse et en Irlande que dans l'ouest de l'Angleterre, ceux de ses termes qui y ont été observés ont présenté les mêmes caractères. Nous avons déjà vu que dans les comtés

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de Ross et de Sutherland les roches cambriennes reposant sur le gneiss primaire étaient surmontées de quartzites et de calcaires renfermant des fossiles siluriens inférieurs (*Maclura, Ophileta, Oncoceras*), voisins de ceux du même âge dans l'Amérique du Nord, puis de quartzites micacés et d'une puissante assise de gneiss due au métamorphisme des couches siluriennes et à laquelle succèdent les diverses roches du grès rouge. Dans le sud de l'Écosse, les étages les plus élevés ont été aussi reconnus par MM. Murchison et Nicol et dans le Lanarkshire ont présenté ces singuliers crustacés euryptérides (*Pterygotus* ou *Himantopterus bilobus*) associés à la *Lingula cornea*.

En Irlande, les recherches de MM. Griffith, Portlock, M'Coy, Oldham et Jukes ont également constaté la présence d'équivalents des divers étages siluriens du pays de Galles.

Puissance des systèmes silurien et cambrien. — Les évaluations faites par les savants attachés au *Geological Survey* de la Grande-Bretagne, relativement à l'épaisseur des couches du terrain de transition, ont donné les résultats suivants :

Système cambrien du Shropshire (schistes de Longmynd). . . .	7900^{m}
(Dans le pays de Galles cette épaisseur est trois fois moindre).	
De la base des Stiper-stones au sommet du groupe de Llandeilo..	4256
Groupe de Caradoc.	1216
Groupes siluriens inférieurs.	5472^{m}

Dans la région nord-ouest du détroit de Menay :

Groupes siluriens inférieurs.	5776^{m}
id. de Llandovery.	600 à 900
id. supérieurs.	1500 à 1800

On voit, dit M. Murchison, que malgré cette énorme épaisseur de plus de huit kilomètres qu'atteignent les couches siluriennes dans les îles Britanniques, les fossiles n'y ont pas offert un plus grand nombre d'espèces que dans celles de la Scandinavie dont la puissance totale ne dépasse pas 600 mètres. La richesse et la variété des faunes sont donc complétement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

indépendantes de l'épaisseur des dépôts qui ne peut servir à mesurer le temps que d'une manière très-relative.

Paléontologie. — M. Murchison a fait suivre sa description du système silurien des îles Britanniques de remarques sur ses diverses faunes, remarques qui ont un vif intérêt par leurs applications théoriques, mais leur étendue ne nous permettant pas de les reproduire, nous leur substituerons les données numériques que nous avons déduites du tableau dressé par nous de cette même faune, d'après la liste générale placée à la fin de *Siluria* [1] et due à MM. Morris et Salter.

Le tableau ci-contre fait voir, autant que permettaient d'en juger nos connaissances sur ce sujet en 1859, quelle a été la marche des phénomènes biologiques ou le mouvement de la vie pendant la période silurienne en Angleterre. Considérée dans son ensemble, cette faune, moins riche que celles de la Bohême et de la Scandinavie, montre, vers le milieu de la période, deux *maxima* de développement séparés par un affaiblissement du mouvement vital, et, à chaque extrémité, deux *minima* également comparables.

Ainsi, des 934 espèces d'animaux réparties dans 238 genres, 17 seulement apparaissent dans les couches à Lingules les plus basses de la série; c'est le premier *minima* [2]. Le groupe de Llandeilo, qui vient ensuite, en renferme 103, et celui de

1. *Bull. Soc. géol. de France.* 2e sér. vol. [XVI; p. 454, mars 1859. Les additions que de nouvelles recherches ont pu faire à cette liste n'ont pas changé sensiblement les rapports des diverses parties du tableau.

2. Nous avons replacé dans cette division 3 espèces d'*Olenus*, provenant des schistes noirs des collines de Malvern, indiqués par M. Murchison (p. 46), mais que les auteurs du tableau avaient par inadvertance citées dans l'étage de Caradoc. Ce chiffre 17 s'élèverait en outre à 22, si, comme nous l'a fait remarquer M. Barrande, on ajoutait 5 autres fossiles mentionnés en note (p. 552), et qui proviennent de couches regardées comme cambriennes. Enfin, de nouvelles découvertes, telles que celles de M. Salter à Saint-David, dans les couches à Lingules du pays de Galles, en 1864, tendent constamment à élever ces chiffres; outre de nouveaux trilobites remarquables, les amorphozoaires ou spongiaires y sont pour la première fois représentés par le *Protospongia fenestrata.* Plus récemment encore (1865), le même savant a proposé d'établir trois divisions dans cet étage inférieur qu'il désigne sous le nom de *mœnevian group* et dans lequel M. H. Hicks a décrit le nouveau genre de trilobites, *Anopolenus.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

TABLEAU NUMÉRIQUE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE SILURIENNES D'ANGLETERRE.

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	Nombre des genres.	Nombre des espèces.	ÉTAGES SILURIENS. 1 Couches à Lingules.	2 Groupe de Llandeilo.	3 Id. de Caradoc et de Bala.	4 Id. de Llandovery.	5 Id. de Wenlock.	6 Id. de Ludlow.	7 Tile-stone.	ESPÈCES COMMUNES A 2 ÉTAGES. Espèces communes aux groupes 1 et 2.	2 et 3.	2 et 6.	3 et 4.	3 et 5.	3 et 6.	4 et 5.	4 et 6.	5 et 6.	6 et 7.	ID. A 3. Espèces communes aux groupes 2, 3 et 4.	3, 4 et 5.	3, 4 et 6.	3, 5 et 6.	4, 5 et 6.	ID. A 4. Espèces communes aux groupes 2, 3, 4 et 6.	3, 4, 5 et 6.	4, 5, 6 et 7.	ID. à 5. Espèces communes aux groupes 2, 3, 4, 5 et 6.
FLORE	8	13	1	5	»	1	»	6	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
FAUNE. Amorphozoaires	5	6	»	»	3	2	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Polypiers	33	84	»	4	23	26	66	10	»	»	»	»	5	2	1	7	»	3	»	»	5	»	»	2	1	2	»	1
Echinodermes	43	76	»	»	20	6	34	17	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Annélides	15	28	2	8	8	3	6	8	»	»	»	»	1	»	»	»	»	2	»	»	1	»	»	1	»	»	»	»
Crustacés	44	185	11	34	82	17	36	39	11	1	3	»	3	3	»	2	»	6	5	1	2	»	»	3	»	2	1	»
Bryozoaires	22	65	1	22	25	5	25	1	»	»	3	»	1	4	»	1	»	»	»	»	1	»	»	»	»	1	»	»
MOLLUSQUES. Brachiopodes	19	178	3	18	67	68	79	30	1	»	3	»	7	2	»	12	»	9	1	1	8	»	»	10	3	1	»	1
Monomyaires	3	30	»	»	8	5	12	17	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	»	»	»	2	3	»	»	»	»
Dimyaires	15	85	»	2	31	13	15	41	»	»	»	1	1	1	1	»	2	5	»	»	2	»	1	»	»	»	»	»
Gastéropodes	19	84	»	3	25	26	18	27	1	»	»	»	3	1	1	1	2	5	1	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Hétéropodes	1	14	»	2	7	6	3	4	»	»	»	»	1	»	»	1	»	»	»	1	1	1	»	»	»	»	»	»
Ptéropodes	5	18	»	6	7	3	3	4	»	»	»	»	1	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Céphalopodes	8	69	»	4	26	13	22	30	»	»	»	»	1	»	»	»	»	5	»	»	1	»	3	1	»	3	»	»
Poissons	6	12	»	»	»	»	»	8	7	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»
TOTAUX	238	934	17	103	332	193	322	236	20	1	9	1	24	13	3	25	4	38	10	3	22	1	6	21	4	10	1	2

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Caradoc ou de Bala, 332; c'est le premier *maxima*. Dans le groupe intermédiaire de Llandovery, le nombre des espèces s'abaisse à 193; il se relève à 322 dans celui de Wenlock, *second maxima*, pour diminuer encore, dans celui de Ludlow, à 236, et retomber à 20 seulement dans les *tile-stones* ou second *minima* qui précède à son tour un nouveau développement de la vie, celui de la période dévonienne.

Ces modifications dans la richesse de la faune ne se reproduisent pas de la même manière lorsqu'on vient à considérer séparément les classes, les ordres ou les familles. Ainsi, les *polypiers* s'accroissent sans intermittence du groupe de Llandeilo à celui de Wenlock, où ils atteignent leur maximum de développement, pour diminuer très-brusquement dans celui de Ludlow. Les *crustacés*, qui forment à eux seuls plus de la moitié de la petite faune des dalles à Lingules, atteignent, au contraire, leur maximum dès le groupe de Caradoc, diminuent très-sensiblement dans celui de Llandovery, se relèvent un peu pour se maintenir au même niveau dans ceux de Wenlock et de Ludlow, et, dans les tile-stones, constituent encore la moitié de leur faune si réduite. Les *brachiopodes*, représentés dans les sept étages, suivent un développement analogue à celui des polypiers, mais plus graduel et plus régulier. Enfin les *céphalopodes*, après avoir éprouvé une diminution de moitié dans le groupe de Llandovery, atteignent leur maximum dans celui de Ludlow, ce qui n'a lieu pour aucune des autres divisions zoologiques.

Si nous envisageons maintenant la distribution des espèces communes à plusieurs étages, nous trouverons que sur 198, ou un peu moins du quart du total, 128 sont communes à deux étages, 53 à trois, 15 à quatre et 2 seulement à cinq (*Stenopora fibrosa* et *Orthis elegantula*), depuis l'étage de Llandeilo jusqu'à celui de Ludlow. Ainsi, aucune espèce connue n'a vécu pendant toute la période silurienne.

Cette marche inégale du développement de la vie pendant la formation silurienne d'Angleterre n'est point un fait parti-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

culier à cette période ni à ce pays ; c'est au contraire la règle de tous les temps et de tous les lieux. Partout nous trouvons des oscillations analogues et partout la preuve qu'il n'y a point eu de destruction complète de toute une faune à un moment donné, ni ensuite création d'une faune entièrement nouvelle.

France. — On a déjà vu que les auteurs de la *Carte géologique de la France* avaient, par l'observation de la direction des couches, reconnu deux grands ensembles de dépôts dont ils avaient publié la description dans le premier volume de l'*Explication* de cette Carte. Il nous serait impossible de donner ici une idée satisfaisante du grand travail de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, exécuté avant l'établissement de la classification complète du terrain de transition, telle qu'elle résulte des recherches faites depuis dans d'autres parties de l'Europe. Nous devons donc nous borner à mentionner les récentes applications qui en ont été faites pour retrouver, dans certaine partie de notre pays, les représentants exacts de quelques-unes des divisions établies dans les états voisins.

Des études ultérieures pourront compléter la séparation de ces divisions qui, sur cette carte géologique de la France, sont comprises sous les désignations de *terrain de transition inférieur*, *moyen* et *supérieur*, le premier correspondant au système cambrien, le second au système silurien, le troisième au système dévonien.

Le travail qui a sans doute le plus efficacement contribué à cette coordination est la coupe faite par M. de Verneuil avec le concours de M. Triger, lors de la réunion de la Société géologique au Mans en 1850. Cette coupe, qui s'étend de Sillé-le-Guillaume à Sablé, comprend la série des formations silurienne, dévonienne et carbonifère fort bien caractérisées à la fois par leurs fossiles et leurs relations stratigraphiques.

Près de Sillé, un grès blanc feldspathique ou une arkose s'appuie sur le porphyre, puis viennent au-dessus un calcaire siliceux, un schiste argileux, un calcaire magnésien et un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

conglomérat à pâte schisto-talqueuse, le tout jusqu'à présent sans fossile, et pouvant être rapporté au système cambrien ou à la base du silurien. La grande assise schisteuse de Parennes, qui règne ensuite, renferme de nombreuses traces organiques. C'est l'horizon des schistes-ardoises exploités au sud d'Angers et qui se prolongent à l'O.-N.-O. à travers une grande partie de la Bretagne par Bain, Poligné, la Hunaudière, Châteaulin, et qu'on retrouve au nord avec les mêmes fossiles à Vitré, Siouville, Cherbourg (Manche), Domfront (Orne), etc. C'est enfin le représentant des schistes de Builth et de Llandeilo dans le pays de Galles. Les fossiles, étudiés surtout par M. de Verneuil et par M. Marie Rouault, sont particulièrement des Trilobites : *Calymene Tristani*, *C. Arago*, *C. Verneuili*, *Asaphus Guettardi*, *Ogygia Desmaresti*, *Illænus giganteus*, *I. Beaumonti*, *Acidaspis Buchii*, *Phacops* (*Dalmania*) *socialis*, *P. Dujardini*, *Placoparia Tournemini*, *Cheirurus claviger*, *Lichas Heberti*, *Trinucleus Pongerardi*, etc., crustacés qui montrent plus d'analogie avec ceux des couches du même âge en Espagne et en Bohême qu'avec ceux des îles Britanniques.

Les assises suivantes sont des conglomérats, des grès siliceux rouges et blancs, avec des couches subordonnées d'ampélite remplies de *Graptolites colonus* et *testis*, que nous retrouverons en Suède et en Amérique. Les grès siliceux ont leurs équivalents entre Rennes et Fougères (Ille-et-Vilaine), à Jurques et à May (Calvados). Contemporains du groupe de Caradoc, ils y renferment le *Bellerophon bilobatus*, le *Conularia pyramidata*, des espèces de *Dalmania*, l'*Homalonotus Brongniarti*, l'*H. rara*, espèces de Bohême et d'Espagne, l'*Orthis redux*, se rattachant ainsi aux schistes sous-jacents.

Une seconde assise d'ampélite est accompagnée de boules de calcaires noirs avec *Graptolites priodon*, quelques Orthocératites (*O. pelagium* et *gregarium*) et la *Cardita interrupta*. Ce dernier fossile se trouvant, en Angleterre comme en Suède et en Bohême, dans des schistes inférieurs à la faune du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

groupe de Wenlock, M. Murchison pense que la division silurienne supérieure manque en France, où la série générale se montre comparable aux localités de l'Allemagne et de la Russie, dans lesquelles le système dévonien succède immédiatement au système silurien inférieur. Ces calcaires noirs à ampélites sont d'ailleurs connus depuis longtemps à Saint-Sauveur (Manche), à Feuguerolles (Calvados), à Saint-Jean-sur-Erve, à Saint-Aubin de Loquenay (Sarthe), et les assises qui leur succèdent sont, comme nous le verrons, dévoniennes.

Nous venons de dire que dans cette coupe les assises inférieures aux schistes à trilobites étaient sans fossiles; mais en Bretagne, dans le Cotentin et dans le Bocage normand, on peut trouver l'équivalent du groupe de Potsdam représenté par des schistes rouges, des grès et des poudingues. Les grès à *Scolithus linearis*, J. Hall (*Tigillites*, Mar. Rou.), à Lingules et bilobites (*Fræna*, Mar. Rou., *Cruzianites*, d'Orb.) de Bain, de Montfort-sur-Meu, Pont-Rean, Guichen et probablement ceux de Gahard, avec ces nombreuses empreintes de formes bizarres, forment un horizon constant dans tout l'Ouest, et l'on doit y rapporter les grès à empreintes bilobées de Vaux-d'Aubin, près d'Argentan, sortes de *Cruziana*, ceux du Roule à Cherbourg, avec ces mêmes Scolithes et Lingules, ceux de Montebourg, de Montcastre, de Mortain, au sud, et des environs de Falaise (Calvados), ceux de Saint-Léonard (Sarthe), etc. [1]

Dans le midi de la France, un petit nombre de points ont offert des traces de faune silurienne. Ainsi, à Neffiez, près de Pezenas (Hérault), MM. Fournet et Graff ont fait connaître une suite de couches dont les fossiles, suivant M. de Verneuil, représenteraient, quoique sur une bien petite échelle, les faunes silurienne, dévonienne et carbonifère. Les schistes

1. Voy. P. Dalimier, *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XIX, p. 910, 1863. — *Id.* vol. XX, p. 126, 1863. — *Stratigraphie du terrain primaire du Cotentin*, 1860. — Bonissent, *Essai géol. sur le départ. de la Manche* (*Mém. Soc. des sc. natur. de Cherbourg*, vol. IX, 1863).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

verts y ont offert de grands *Asaphus*, puis d'autres couches avec des fossiles siluriens inférieurs, et plus haut des bancs avec Graptolites et *Cardiola interrupta*.

Enfin, dans les Pyrénées françaises, la distinction du système et des groupes est encore plus obscure; sur quelques points ont été citées des assises avec Graptolites, *Cardiola interrupta*, *Orthoceratites bohemicum* et *gregarium*, mais aucune trace de la division inférieure n'a été signalée, et jusqu'à présent il semble que la plus grande partie des schistes et des calcaires marbres qu'on y exploite appartiennent au système dévonien.

Espagne. — Quelques travaux avaient été exécutés sur le terrain de transition du sud de l'Espagne par M. Leplay, mais ce n'est réellement que par suite des recherches continuées pendant plus de dix années consécutives par M. E. de Verneuil, accompagné de M. E. Collomb et de quelques autres géologues, puis par celles de M. Casiano de Prado et d'A. Paillette, que les divers termes de ce grand ensemble de dépôts nous sont aujourd'hui connus. La *Carte géologique de l'Espagne et du Portugal*, publiée en 1864 par les premiers de ces savants, nous en montre la distribution géographique à la surface de la Péninsule, comme les descriptions publiées antérieurement nous en indiquent les caractères pétrographiques et paléontologiques.

D'après cette carte, le système silurien, en y comprenant les schistes cristallisés métamorphiques de la Sierra-Nevada au sud, occuperait près d'un tiers de la surface totale de la Péninsule. Ainsi, dans les Pyrénées, il forme une large bande un peu arquée, dirigée au N.-O., et coupant l'axe de la chaîne en écharpe de Campredon sur son versant sud à Argelez, au pied de son versant nord. Une surface silurienne considérable s'étend de la côte nord de la province d'Oviedo, au sud, dans celle de Salamanque, où elle s'appuie contre la chaîne primaire du Guadarrama, à l'extrémité orientale de laquelle se trouve encore un autre massif du même âge. Dans la partie méri-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dionale, un vaste triangle est formé de roches contemporaines, entre Oporto, au N.-O., le cap Saint-Vincent au S., et Alcasaz à l'extrémité orientale de la Sierra-Morena, interrompues çà et là par des îlots de gneiss et de granite ou par des lambeaux tertiaires. Vers le centre, plusieurs bandes, dirigées N.-O., S.-E. dans les provinces de Terruel, de Catalogne, de Logrogno, et d'autres courant N.-E., S.-O. dans celles de Tarragone et de Barcelone, complètent cette répartition.

Presque partout les roches appartiennent, par leurs fossiles, à la division inférieure du système. Dans la Sierra-Morena et les montagnes de Tolède, ce sont des schistes noirs qui se délitent facilement et où domine le *Calymene Tristani*, avec d'autres trilobites (*Illœnus lusitanicus* ou *Salteri*, *Asaphus nobilis*, *Calymene Arago*, *Phacops socialis*, *P. Dujardini*, *Dalmania socialis* et *Phillipsii*, *Trinucleus Goldfussi*, *Homalonotus rarus*, *Placoparia Tournemini*), l'*Orthoceratites duplex*, le *Bellerophon bilobatus*, le *Redonia Deshayesiana*, et quelques Graptolites. Beaucoup de ces fossiles se trouvent, comme on l'a vu, dans les schistes à trilobites de l'ouest de la France, d'autres dans les couches du même âge en Bohême, tandis que le Bellérophon et l'Orthocératite caractérisent aussi la division inférieure du nord de l'Europe, de la Scandinavie et de l'Angleterre. M. C. de Prado a fait voir que c'était à cette zone qu'appartenait le riche gisement de cinabre d'Almaden.

Si quelques roches siluriennes supérieures existent en Espagne, ce serait seulement, comme en France, des schistes noirs, avec des boules de calcaires noirs, renfermant des Graptolites, l'*Orthoceratites bohemicum*, l'*O. styloidum* et la *Cardita interrupta*, signalés aussi dans la Sierra-Morena, puis sur la pente sud des Pyrénées près d'Ogasa, de Saint-Jean-de-la-Abadessas et sur le versant sud de la chaîne de Girone à Barcelone, où des Orthocératites ont été trouvés par S. P. Pratt.

Un gisement très-singulier de la faune la plus basse, celle

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de Potsdam, a été signalé en 1860 par M. C. de Prado dans la province de Léon, sur le versant méridional de la chaîne Cantabrique. Ce sont deux bandes de calcaire rouge, de 40 mètres d'épaisseur, comprises entre de puissantes assises de grès ferrugineux, verticales, parfaitement concordantes et regardées comme dévoniennes, auxquelles succèdent d'autres assises plus récentes du même système, recouvertes par les couches carbonifères; de sorte que toute la série silurienne serait représentée par sa faune la plus ancienne seulement et placée encore dans une position très-difficile à expliquer. Sur 17 espèces déterminées par MM. de Verneuil et Barrande, il y avait 7 trilobites dont 3 (*Conocephalites Sulzeri, C. coronatus, Arionellus ceticephalus*) sont propres à cet horizon en Bohême. Le genre Paradoxide s'y trouve aussi exclusivement, puis 2 *Agnostus* indéterminés; les genres *Leperditia* et *Capulus* n'avaient pas encore été rencontrés dans des couches aussi basses. Les trilobites, relativement moins nombreux ici que dans les autres gisements du même âge, ne forment que les 2/5 du total, et les brachiopodes sont représentés par 5 espèces dont 1 *Discina* et 3 *Orthis*, comme le *Trochocystites bohemicus* représente le groupe des cystidées parmi les radiaires.

Les riches mines de galène argentifère près de Carthagène, dans la Sierra-Almagrera, de la Sierra de Gador, au pied sud de la Sierra-Nevada, se trouvent dans des roches cristallines métamorphiques traversées de roches dioritiques que M. de Verneuil ne rapporte qu'avec doute au système silurien, et qu'il ne serait pas éloigné de regarder comme beaucoup plus récentes, peut-être même triasiques.

Portugal. — D. Sharpe a signalé, près d'Oporto, des roches siluriennes inférieures, très-redressées, exploitées comme ardoise et renfermant les fossiles des couches correspondantes d'Espagne, de France, avec quelques-unes d'Angleterre. Par suite d'un renversement, les couches carbonifères avec des empreintes de plantes semblent passer dessous. Ces couches sont comprises entre deux rangées de roches éruptives : l'une

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de granite porte la ville d'Oporto, l'autre à l'est est syénitique.

M. C. Ribeiro, chargé de la carte géologique du Portugal, a expliqué depuis la position anormale des assises carbonifères précédentes et a fait voir que les roches schisteuses de la chaîne de Busaco, prolongement de celles de Vallongo, près d'Oporto, renfermaient le *Trinucleus Pongerardi*, le *Calymene Tristani*, le *C. Arago* de la Bretagne, avec le *Phacops socialis* de la Bohême. Ces couches paraissent être surmontées, vers le milieu de la chaîne, par des schistes ferrugineux endurcis qui représenteraient le grès de May (Calvados) ou de Caradoc. Enfin, un schiste argileux bleuâtre, avec *Graptolites ludensis*, *Cardiola interrupta*, *Orthoceratites* et d'autres mollusques, représenterait ici, comme en Espagne et en France, le terme le plus élevé de la série silurienne que recouvre transgressivement la formation carbonifère du pays.

Sardaigne. — Pour compléter ce qui se rattache à cette formation dans le sud de l'Europe, nous dirons encore que les études d'A. de la Marmora dans l'île de Sardaigne, et les déterminations zoologiques de M. Barrande y ont constaté, dans la partie méridionale, l'existence de couches siluriennes inférieures, caractérisées par les *Orthis lusitanica*, *testudinaria* et *vespertilio*, et de couches supérieures avec les *Orthoceratites ibex* et *gregarium*, la *Cardiola interrupta*, une Avicule, etc., au-dessus desquelles s'étendent des lits d'anthracite avec les plantes des dépôts carbonifères.

Région des Alpes. — La grande région des Alpes doit sans doute renfermer quelques équivalents de ce système, mais l'état très-altéré des couches permet rarement de les reconnaître. Néanmoins, sur son versant nord, à Dieten, près de Werfen, l'*Orthoceratites gregarium*, la *Cardiola interrupta*, le *Cardium anomale*, annoncent des assises supérieures analogues aux précédentes.

Ardennes. — Si, remontant au nord pour gagner ensuite l'Allemagne centrale, nous recherchons les affleurements de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la formation silurienne, nous les trouverons bien développés dans l'Ardenne, sur la frontière de la France, en Belgique, et se prolongeant un peu dans la Prusse rhénane. Ils constituent plusieurs massifs entourés de couches dévoniennes et dont les principaux sont celui de Rocroy qui, dans le sud de l'Ardenne, s'étend d'Hirson à Louette-Saint-Pierre, et celui de Stavelot qui, au nord, s'étend de Dochamps à Schevenhutte (Prusse). Ces deux massifs sont composés de schistes ou phyllades, de roches quartzeuses ou quartzites pénétrés de nombreux filons de quartz blanc ou laiteux, et sur un point de roches d'apparence ignée. Les ardoises exploitées de temps immémorial sur les communes de Fumay, de Deville, de Rimogne et de Monthermé dans le massif du sud sont, comme on sait, fort estimées. Jusqu'en 1860, aucun fossile déterminable n'avait encore été trouvé dans ces couches, dont l'âge ne pouvait être par conséquent regardé comme absolument connu, et les petites divisions qu'on avait essayé d'y établir n'avaient, par cela même, aucune importance réelle. Mais les recherches de MM. Gosselet et G. Dewalque, dans les roches inférieures qui encaissent, au N. dans le Brabant et au S. dans le Condros, le bassin houiller de Namur, y ont fait découvrir à Grand-Manil, près de Gembloux, d'une part, et à Fosse de l'autre, des fossiles incontestablement siluriens inférieurs, particulièrement des trilobites (*Trinucleus*, *Homalonotus*, *Lichas*, *Encrinurus*, *Zethus*, *Dalmanites*, etc.), le *Leptæna depressa*, 5 espèces d'*Orthis*, des Graptolites, l'*Halysites catenularia*, etc.

Massif du Harz. — La grauwacke des anciens géologues, qui constitue la plus grande partie du Harz, entourant le massif granitique central, avait été d'abord rapportée au système dévonien par MM. Sedgwick et Murchison; mais depuis, le second de ces savants a reconnu, dans la partie occidentale de la chaîne, des roches plus anciennes devant appartenir à la formation silurienne supérieure. Les fossiles recueillis et décrits par MM. Ad. Roemer et C. Giebel ont montré que, sur 96 espèces, 5 seulement étaient dévoniennes, 2 communes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aux systèmes dévonien et silurien, et 18 identiques avec des espèces siluriennes supérieures de la Bohême. La présence du *Graptolites priodon* ajoutait encore à la valeur prédominante de ces dernières.

Saxe. — Dans la Saxe, le Thuringerwald et les provinces voisines, les travaux de MM. Naumann, Cotta, Geinitz et Richter ont mis hors de doute l'existence du système silurien et même de plusieurs de ses divisions comparables avec celles de l'Angleterre, ainsi que M. Murchison a pu le constater; mais, sans nous y arrêter davantage, nous croyons plus utile de présenter une esquisse du bassin de la Bohême, qu'a si bien exploré M. J. Barrande et devenu, par suite de ses recherches, un terme de comparaison extrêmement précieux pour le système silurien de l'Allemagne et même de contrées plus éloignées.

Bohême. — La disposition régulière du bassin et l'ordre suivant lequel les dépôts y sont rangés concentriquement étant des circonstances très-favorables à leur étude, M. Barrande y a reconnu trois faunes principales, comprenant huit subdivisions locales, dont une coupe, dirigée S.-E., N.-O., de Przibram à Beraun, met en évidence les relations stratigraphiques. Le bassin dont les parois sont formées de gneiss, de granites et de porphyres, comprend, dans son intérieur, des bandes successives se correspondant de part et d'autre de sa partie centrale vers laquelle les couches plongent de toutes parts, sauf celles du milieu ou les plus récentes qui sont simplement arquées en fond de bateau; de sorte que ces innombrables assises siluriennes s'emboîtent les unes dans les autres comme une série de vases de plus en plus petits, et dont on voit les bords relevés affleurant successivement à la surface, lorsque du centre on rayonne vers sa circonférence.

Comme dans les îles Britanniques, dit sir R. Murchison, à qui nous empruntons cette analyse, parce que, ayant lui-même étudié le pays, il pouvait, mieux qu'aucun autre, apprécier le travail de M. Barrande, au gneiss et au granite succèdent de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

puissantes assises de schistes, de conglomérats et de grès sans fossiles, que nous avons rapportés au système cambrien.

L'assise fossilifère la plus basse qui leur succède, composée de schistes argileux (étage C de l'auteur), renferme un ensemble de débris organiques qui correspond aux couches à Lingules de l'ouest, mais dont M. Barrande avait le premier fait sentir toute l'importance. Cette faune, qu'il a désignée sous le nom de *primordiale*, c'était, en effet, alors la plus ancienne connue, est surtout caractérisée par certains genres de trilobites (*Paradoxides*, *Conocephalus*, *Ellipsocephalus*, *Sao* et *Agnostus*) associés à quelques *Orthis*, à quelques cystidées, à des ptéropodes (*Theca*, etc.)[1].

La division suivante (étage D de l'auteur), représentant particulièrement le groupe de Caradoc, comprend des schistes et des quartzites remplis d'empreintes de *Trinucleus*, d'*Ogygia*, d'*Asaphus*, d'*Illœnus* et de beaucoup d'autres trilobites. Parmi les brachiopodes, les *Orthis*, parmi les crinoïdes, les cystidées impriment encore à cette portion du système le même caractère paléozoologique que nous avons signalé plus à l'ouest et que nous retrouverons dans la Scandinavie, la Russie et l'Amérique du Nord. La ville de Prague est assise sur ce terme de la série.

La base de la division silurienne supérieure (étage E de l'auteur) est composée de schistes noirs à Graptolites avec plusieurs strates de diorite et de trapps intercalés, puis viennent au-dessus des calcaires argileux gris, dont les fossiles indiquent suffisamment le niveau (*Cardiola interrupta*, *C. fibrosa*, *Phragmoceras ventricosum*, *P. arcuatum* (*Cythoce-*

1. Aux environs de Hof, en Bavière, M. Barrande a reconnu, d'après des échantillons que lui avait adressés M. Gümbel, qu'il existait une faune du même âge que celle-ci. Néanmoins ses types propres (*Conocephalites* et *Olenus*) y sont associés aux *Calymene*, *Illœnus* et *Cheirurus* de la faune suivante, indiquant un passage entre les deux et justifiant la réunion de la première au système silurien. Sur 22 espèces de cette localité, une seule se retrouve en Bohême, de sorte que les eaux, quoique très-voisines, devaient être déjà complétement séparées par la chaîne cristalline que nous voyons aujourd'hui.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ras, id., Barr.), *Orthoceratites annulatum*, *O. nummularium*, *Rhynchonella navicula*, *R. obovata*, *R. Wilsoni*, *R. marginalis*, *Nerita haliotis*, *Pentamerus Knightii*, *P. galeatus*, *Spirifer trapezoidalis*, certaines formes de *Leptæna*, du même horizon en Angleterre, les nombreux polypiers de Wenlock et de l'île de Gothland, *Halysites catenularius*, *Favosites gothlandica*, *Ischadites Kœnigi*, etc.). Ici les coquilles de céphalopodes atteignent leur maximum de développement et n'offrent pas moins de 400 à 500 espèces, parmi lesquelles on remarque beaucoup de vrais Nautiles. Les gastéropodes, les mollusques lamellibranches et brachiopodes y abondent également, représentés par plus de 200 espèces dans chacune de ces divisions zoologiques, et, parmi les crustacés, M. Barrande a décrit et figuré 68 espèces de trilobites appartenant surtout aux genres *Acidaspis*, *Calymene*, *Cheirurus*, *Cyphaspis*, *Lichas*, *Phacops*, *Harpes*, *Bronteus*, *Proteus* et *Arethusina*.

Plus haut, deux assises calcaires (étages F et G) sont parfaitement concordantes avec celles qui précèdent; l'une est de teinte claire, un peu cristalline et caractérisée par la première apparition de 5 espèces de Goniatites, qui nulle part ne se montrent aussi tôt et qui de plus atteignent des dimensions très-considérables; l'autre assise affecte une structure concrétionnée, ou en dalles ondulées, comme dans les grandes carrières des bords de la Moldau, et les argiles grises qui les surmontent complètent la série. C'est dans les calcaires de Konieprus, de l'étage F, qu'a été rencontrée la plus ancienne trace de poisson (*Coccosteus primus*), et, dans l'assise suivante, trois autres espèces rappellent des types dévoniens (*Asterolepis*, *Gompholepis* et *Ctenacanthus*).

Les trilobites, les céphalopodes, les gastéropodes, les ptéropodes, les brachiopodes, comme les acéphales lamellibranches, diminuent sensiblement en nombre depuis l'étage E ou groupe de Wenlock jusqu'à l'étage G représentant celui de Ludlow. Dans la dernière assise l'atténuation est encore plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sensible et l'on y trouve l'un des fossiles les plus caractéristiques du groupe dévonien supérieur, le *Cardium palmatum* (*Cardiola retrostriata*). Les radiaires sont également peu nombreux. La faune de ces étages supérieurs G et H comprend 303 espèces dont 254 lui sont propres; 1/5 ou 56 se retrouvent dans l'étage sous-jacent F, et 30 ou 1/8 dans l'étage E, de sorte que les divers termes de la série sont reliés par un certain nombre d'espèces communes, tandis que les relations sont beaucoup moins prononcées entre les dernières assises siluriennes et la faune dévonienne, qui d'ailleurs n'existe pas dans le pays.

Dans le quatrième chapitre d'un ouvrage publié récemment et dans lequel nous avons puisé quelques-uns des faits précédents, M. Barrande [1] arrive à des considérations semblables à celles que nous avions exposées en 1842 et 1851 [2]; puis, comparant les faunes siluriennes supérieures d'Angleterre et de Bohême, il trouve que les espèces identiques dans les deux pays sont peu nombreuses, car il n'y en aurait que 57 dont 32 vivaient en Angleterre dans la faune précédente sans être représentées en Bohême dans le même temps. La moitié de ces espèces, communes aux deux pays, sont des brachiopodes.

Il serait difficile de donner en peu de mots une idée du premier volume du *Système silurien du centre de la Bohême*, qu'a publié M. Barrande en 1852, et qui contient, après une introduction géologique, la monographie des trilobites siluriens; nous nous bornerons à rappeler, pour caractériser l'originalité de ce magnifique travail, que ces crustacés, comme les Limules de nos jours, subissaient des métamorphoses depuis l'état embryonnaire jusqu'à l'état complétement adulte. Dans le genre *Sao*, par exemple, l'auteur a pu distinguer non moins de 18 états de développement, dont chaque phase est

1. *Défense des colonies*, p. 167, 1865.

2. *Mem. on the foss. of the older deposits in the Rhen. prov.* — *Hist. des progrès de la géologie*, vol. IV, p. 4, 1851.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

marquée par l'augmentation des anneaux du thorax. On conçoit qu'avant cette constatation plusieurs de ces états avaient donné lieu à l'établissement de genres particuliers. Dans l'*Arethusina Koninckii*, il a pu signaler également 22 changements successifs. Le phénomène a d'ailleurs été observé sur 34 espèces, et dans les *Trinucleus* 7 métamorphoses ont été reconnues. Poursuivant ses recherches dans d'autres classes, M. Barrande a montré les modifications au nombre de 20 que subissaient certains Nautiles, depuis l'œuf jusqu'à l'état adulte.

La monographie des mollusques céphalopodes n'occupera pas moins de 350 planches dont 240 qui viennent d'être publiées en deux séries représentant 447 espèces et variétés distinctes, non compris les Orthocératites et autres formes droites en nombre à peu près égal. Le seul système silurien de la Bohême aura ainsi fourni à un seul observateur 850 espèce d'animaux d'une même classe.

Scandinavie. — On a vu que la Scandinavie et la Laponie avaient leurs roches fondamentales de granite et de gneiss surmontées de schistes, de quartzites, de poudingues plus ou moins cristallins, souvent métallifères, sans traces de fossiles, et au-dessus desquelles se montraient çà et là des couches de transition.

En Suède, près de Kinnekulle, dit M. Murchison, on trouve, à partir du gneiss et en strates horizontaux : 1° *grès à Fucoïdes;* 2° *schistes alunifères;* 3° *calcaire à Orthocératites;* 4° *schistes noirs à Graptolites.* Un trapp qui a traversé toutes ces assises s'est épanché à la surface et supporte çà et là quelques blocs erratiques. Dans les collines de Billingen, les grès et les schistes reposent directement sur le granite, et le grès feldspathique en contact est une véritable arkose. Dans tous les cas, la roche la plus basse où se trouve quelque trace de la vie correspond toujours à celle qui occupe la même position dans les îles Britanniques, en France et en Bohême. Dans les grès, on trouve seulement des Fucoïdes ou des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

empreintes de plantes marines; mais dans les schistes alunifères, particulièrement à Andrarum, se montrent des *Paradoxides*, des *Olenus*, des *Conocephalus*, des *Agnostus*, etc.

Les calcaires à grandes Orthocératites, Orthis, cystidées, et trilobites nombreux autres que les précédents, représentent l'étage de Llandeilo; au-dessus, une masse considérable d'argiles schisteuses avec Graptolites, est recouverte par d'autres calcaires, qui, dans l'île de Gothland, sont remplis de fossiles et surtout de polypiers, si communs à Dudley et à Wenlock. Dans cette même île, toute la série est couronnée de bancs sableux, représentants fort atténués du groupe de Ludlow.

Sauf ces relations générales, il ne semble pas qu'il y ait en Suède de série aussi complète ni aussi continue qu'en Norwége, particulièrement aux environs de Christiania, où, dès 1844, sir R. Murchison mettait les dépôts fossilifères anciens de ce pays en parallèle avec ceux de l'Angleterre et en démontrait l'analogie directe. Dix ans après, une étude très-détaillée de M. Kjerulf est venue confirmer ces premiers aperçus. Sa classification complète de ces dépôts présente quatorze divisions ou étages, depuis les quartzites cambriens jusqu'aux marnes schisteuses, représentant les assises moyennes de Ludlow. Les schistes alunifères des environs de Christiania sont la base du système silurien comme les *Stiper-stones* du Shropshire, comme les grès à *Scolythus linearis* de l'ouest de la France. Les coupes stratigraphiques de ce pays montrent en outre que, depuis cette base jusqu'aux assises les plus élevées, les couches, dont l'épaisseur totale n'atteint pas 600 mètres, représentent néanmoins toute la série d'Angleterre, qui en a plus de 8000 et constituent de même, physiquement et paléontologiquement, des dépôts parfaitement concordants.

Quant aux groupes siluriens inférieurs en particulier, dont les fossiles sont si nombreux, leur épaisseur totale ne dépasse pas 360 mètres, et néanmoins ils offrent un développement de la vie tout aussi complet que ces énormes dépôts de l'ouest de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'Angleterre, dont la puissance est encore augmentée par l'intercalation de produits ignés. De part et d'autre, la succession est la même ; les couches à *Pentamerus oblongus* se trouvent à la séparation des deux divisions principales, qui se suivent d'ailleurs avec une concordance parfaite dans toutes leurs inflexions, et ne peuvent être séparées par aucun caractère physique.

Parallèle entre les systèmes siluriens de la Bohême et de la Scandinavie. — A ce parallèle du système silurien de la Scandinavie et des îles Britanniques, nous ajouterons un résumé succinct de celui non moins intéressant qu'établit, en 1856, M. Barrande, entre ce dernier et celui de la Bohême, en combinant avec ses propres recherches celles que M. Angelin avait publiées en 1852.

De la comparaison des animaux de chaque classe dans les deux régions, l'auteur déduit d'abord qu'à l'exception des poissons trouvés en Bohême ces classes sont représentées de part et d'autre par les mêmes familles et celles-ci par les mêmes genres. Aucun animal ni aucune plante terrestre ou d'eau douce n'avait encore laissé de traces.

Après avoir montré les différences pétrographiques des couches siluriennes de la Scandinavie et de la Bohême, et surtout celles bien plus frappantes des épaisseurs relatives, telles que la totalité des strates de cette dernière région, y compris ceux du système cambrien, est de 10 à 12000 mètres, tandis que dans la première elle ne dépassait pas 600, il fait remarquer qu'en Bohême la série sédimentaire a été interrompue à deux reprises par l'arrivée des porphyres et des trapps, tandis qu'en Scandinavie elle a été parfaitement continue; d'où il résulte que les six divisions fossilifères de l'une ne correspondent pas aux sept de l'autre, dans lesquelles M. Angelin ne semble pas admettre qu'il y ait des espèces communes à deux d'entre elles.

Sur 2500 à 3000 espèces connues alors dans les deux pays, M. Barrande trouve qu'il y en a fort peu de communes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ainsi les trilobites, qui ont présenté 350 espèces en Scandinavie et 275 en Bohême, ou 625 en tout, n'auraient offert que 6 espèces communes, ou $\frac{1}{100}$, et il en serait de même pour les autres classes, sauf les brachiopodes, qui en ont $\frac{1}{20}$. Les six faunes partielles de la Bohême se groupent naturellement, par leurs affinités, dans trois faunes générales, et il en est de même des sept de la Scandinavie. Or, ces faunes générales des deux contrées se correspondent exactement une à une par leur composition zoologique comme par l'ordre de leur succession.

En Bohême, la faune dite *primordiale* est brusquement interrompue par l'apparition des porphyres, et la faune suivante l'a été par l'arrivée des trapps; en Scandinavie, les trois faunes qui se sont succédé sans interruption apparente sont tout aussi nettement distinctes et caractérisées, bien qu'en outre l'épaisseur totale du système soit, comme on vient de le voir, infiniment moindre.

« Il faut donc, dit M. Barrande, qu'une loi générale de la « nature ait réglé avec une certaine rigueur les époques fixées « pour l'apparition et l'extinction des faunes qui ont successi- « vement animé les mers du globe. »

L'apparition de chacune des trois faunes générales de la Bohême coïncide avec un dépôt sédimentaire particulier; l'élément argileux domine pour la première, la silice et l'argile pour la seconde, le carbonate de chaux pour la troisième, de sorte qu'on serait en droit d'attribuer une certaine influence aux uns sur les autres; mais en Scandinavie le passage d'une faune à l'autre se fait dans des couches de même nature, de sorte que l'influence du milieu est nulle, ce qui confirme la loi précédente.

« Le parallèle entre les faunes siluriennes de la Bohême « et de la Scandinavie nous montre donc que le renouvelle- « ment général des êtres dans les mers a été généralement « indépendant, et des révolutions de la surface du globe, et « des variations dans la nature des dépôts sédimentaires. »

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les deux premières faunes sont plus riches en Scandinavie qu'en Bohême ; non-seulement les espèces et les genres sont plus nombreux, mais il y a encore antériorité d'apparition de diverses classes, familles ou genres en Scandinavie, et il en serait de même des faunes siluriennes inférieures des îles Britanniques et de l'Amérique du Nord relativement à la Bohême. En faisant entrer ensuite la France et la péninsule Ibérique dans la comparaison, M. Barrande croit apercevoir deux centres de création, les deux derniers pays se rattachant à celui dont la Bohême fait partie.

Les êtres anciens ont été soumis à des lois de distribution, de cantonnement ou de localisation comme ceux des mers actuelles, et cela pour toutes les classes. Les trilobites, pendant les trois périodes siluriennes, étaient même plus restreints dans les limites de leur *habitat* que les crustacés de nos jours, et plus aussi que les mollusques leurs contemporains. Les brachiopodes faisaient exception, car il y avait 18 espèces communes à la Scandinavie et à la Bohême pendant la faune supérieure, et l'on vient de voir qu'il y en avait 29 entre ce dernier pays et l'Angleterre. On trouve aussi dans l'Oural 13 espèces communes appartenant au même horizon. Cette diffusion géographique est d'ailleurs conforme à la répartition verticale, ainsi que nous l'avons établi précédemment.

Russie. — La superposition des dépôts de transition aux roches primaires ne se voit point dans les provinces baltiques de la Russie, dit M. Murchison[1] ; celles de la Finlande sont ici au-dessous du niveau de la mer, et les plus basses que l'on puisse apercevoir le long de la côte, sur les bords de la Néva,

1. Nous citons ici M. Murchison, parce que nous empruntons ce passage à son ouvrage intitulé *Siluria ;* mais on sait que ses belles recherches en Russie, qui ont porté dans ce vaste empire le flambeau de la géologie moderne, ont été faites en commun avec MM. de Verneuil et de Keyserling, qui se sont plus particulièrement occupés de la partie paléontologique du magnifique ouvrage que la science doit à leurs communs efforts. *The geology of Russia in Europe and the Ural mountains*, avec cartes, coupes et atlas de fossiles, 2 vol. in-4°, 1845.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sont des argiles bleuâtres ou verdâtres, molles comme des argiles tertiaires, et assez plastiques pour être employées au moulage. Malgré leur haute ancienneté, elles ont échappé à toute espèce de changement d'état depuis leur dépôt. Du même âge que les phyllades siluriens les plus inférieurs du pays de Galles, elles n'ont encore présenté que des traces de végétaux.

Au-dessus vient un grès ferrugineux, calcarifère, qui porte le château de Narva. Des lits subordonnés, argileux et sableux, à grains verts, renferment des brachiopodes particuliers (*Obolus Apollinis* (*Ungulites*, Pand.), *Orbicula Buchii*, *O. reversa*, des *Siphonotreta* et *Acrotreta*, plus rares). C'est le grès à *Ungulites* de M. Pander. Des schistes foncés à Graptolites, souvent bitumineux, se montrent ensuite, et l'on atteint le niveau d'un lit mince de sable vert caractérisé par l'abondance de petits corps regardés par M. Pander comme des dents de poissons cycloïdes ou squalides, et appelés par lui *Conodontes*, mais que beaucoup de zoologistes attribuent à des mollusques.

Le calcaire à Orthocératites qui lui succède, et que nous avons déjà vu désigné sous le nom local de *pelta*, présente d'abord un banc calcaréo-sableux, glauconieux, recouvert de calcaire en lits minces, gris, terreux, occupant les collines de Czarskoe-Celo et de Duderhof, au sud de Saint-Pétersbourg, pour s'étendre à l'ouest dans l'Esthonie. C'est le gisement particulier des fossiles siluriens inférieurs de ce pays, surtout des trilobites, des *Orthis*, des grandes Orthocératites et des cystidées (*Amphion Fischeri*, *Illœnus crassicauda*, *Ampyx nasutus*, *Cybele verrucosa*, *Orthis calligramma*, *O. biforata*, *Orthoceratites duplex*, l'un des fossiles les plus caractéristiques de cet horizon en Scandinavie, *Echinosphærites aurantium*, etc.). C'est probablement de cet étage que proviennent les moules siliceux de rhizopodes signalés par M. Ehrenberg.

Plus à l'ouest, des argiles très-bitumineuses, avec de nom-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

breux trilobites (*Ampyx*, *Trinucleus*), *Leptæna sericea*, etc., puis un calcaire à grain fin, constituant la moitié nord-ouest de l'île de Dagden, formeraient la limite de la division silurienne inférieure. Tous les fossiles seraient de l'horizon du grès de Caradoc.

La présence du *Pentamerus oblongus* dans des calcaires supérieurs aux couches précédentes des falaises de l'Esthonie devait les faire rapporter à la seconde division, comme dans les îles de Gothland, d'OEsel et de Dago. Mais ici, de même qu'en Scandinavie, l'épaisseur de toute la série n'atteint pas le quart de celle de l'Angleterre, et l'on ne peut établir de division, dans cette hauteur d'environ 450 mètres, que par un examen comparé très-attentif des fossiles.

Des roches analogues avec les mêmes corps organisés ont été observées par M. le comte de Keyserling le long de monts Timans, non loin de la mer Glaciale. Entre ces points, éloignés de 400 lieues, il n'y a pas la plus légère discordance dans la stratification des deux parties du système.

Les recherches subséquentes de MM. Ozersky, Kutorga et Schmidt ont fait voir en outre que ces assises supérieures étaient partout caractérisées par les *Pentamerus linguiferus* et *borealis*, le *Strophomena pecten*, le *Calymene Blumenbachii*, aussi persistant ici que dans l'ouest de l'Europe, l'*Encrinurus punctatus*, le *Leptæna depressa*, l'*Atrypa reticularis*, et de nombreux polypiers. A ces roches succèdent des calcaires marneux, une marne grisâtre et une dolomie dure, sub-cristalline, avec des fossiles du groupe de Wenlock (*Lichas gothlandicus*, *Orthoceratites annulatum*, *Orthis elegantula*, *Leptæna transversalis*).

Dans les îles d'OEsel, de Dago et de Moen, la roche la plus élevée, qui est un calcaire cristallin, alternant avec des argiles marneuses, renferme des fossiles du groupe de Ludlow, parmi lesquels nous remarquons le *Cephalaspis verrucosus*, poisson dont le genre apparaît au même niveau en Angleterre, et qu'accompagne à OEsel comme à Ludlow l'*On-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

chus Murchisoni. A ces genres déjà connus, les recherches récentes de M. Pander (1850) en ont ajouté 18 dans ces mêmes assises supérieures, la plupart du groupe des ganoïdes, puis des Ichthyodorulites, et des dents de plusieurs autres genres, qui contribuent singulièrement à faire connaître la faune ichthyologique de cette période si faiblement représentée, ou nulle partout ailleurs.

M. Schmidt a constaté aussi, à l'extrémité sud de l'île de Gothland, des couches supérieures de Ludlow avec l'*Eurypterus remipes*, semblables à celles d'OEsel, avec ses nombreux fossiles du même âge. Mais ces dernières assises siluriennes n'offrent point, comme en Angleterre, de couches de passage aux premières assises dévoniennes, couches que caractérisent le *Cephalaspis Lyelli*, les *Pteraspis*, les *Pterygotus*, inconnus en Russie. Il y a dans ce dernier pays une lacune, par suite de laquelle les groupes dévoniens moyen et supérieur recouvrent transgressivement les couches siluriennes de la Livonie, de l'Esthonie et de l'Ingrie.

Suivant M. Schmidt, la faune silurienne de la Russie comprendrait aujourd'hui 425 espèces, dont 80 polypiers et Graptolites, 13 crinoïdes et cystidées, 5 annélides et Tentaculites, 16 bryozoaires, 100 brachiopodes, 69 mollusques acéphales, ptéropodes, hétéropodes et gastéropodes, 39 céphalopodes, 67 crustacés et 40 poissons.

MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling paraissent n'avoir reconnu dans l'Oural que la division silurienne inférieure, qu'ils indiquent sur leur carte comme formant une zone étroite continue sur son versant occidental, depuis l'île Vaigatz, sur la mer Glaciale, jusqu'au parallèle d'Orenbourg, comprise entre les roches métamorphiques de l'axe de la chaîne, et les dépôts dévoniens ou carbonifères à l'ouest.

Asie. — Himalaya. — On doit à M. R. Strachey la connaissance de roches siluriennes au centre même de l'Himalaya. Il a étudié la portion de la chaîne comprise entre le cours du Setledge au nord-ouest, celui du Serda ou Kali et le lac

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Manassa, au sud-est. Ses coupes, faites perpendiculairement à la direction de la chaîne, donnent une idée de sa composition en ces points. Les couches courent ici O.-N.-O., E.-S.-E., à peu près comme la chaîne elle-même. Suivant M. Strachey, les grands pics sont formés pour la plupart de roches schisteuses, pénétrées de veines de quartz et de granite. Le Kamet, qui fait exception, est entièrement granitique et atteint 7752 mètres. Les cimes les plus élevées de toute la chaîne sont situées au sud-est et appartiennent à cette zone cristalline. C'est d'abord le Djawahir (7847 mètres), puis le Dhawalagiri (8556 mètres), détrôné par le Kinchinjingua (8587 mètres), qui vient de l'être à son tour par le Gaourichanka ou mont Everest, dans la partie orientale du Népaul (8836 mètres).

Aux schistes cristallins pénétrés par les granites succèdent des schistes vers la base desquels, dans le voisinage du gneiss et du micaschite, se montrent des veines de granite différentes des précédentes. Ces schistes, dont l'épaisseur n'est pas moindre de 2700 mètres, sont grossiers, et comprennent, comme couches subordonnées, des grès, des calcaires offrant divers plans de clivage, mais point encore de traces de débris organiques; ils pourraient donc représenter ici le système cambrien. C'est seulement lorsqu'on a dépassé le sommet de ces grandes assises, dont la puissance totale est d'environ 4200 mètres, que l'on pénètre dans la zone des roches fossilifères.

Les premières que l'on atteint sont de la période silurienne. On y trouve de nombreux trilobites (*Cheirurus*, *Lichas*, *Asaphus*, *Cybele*, *Illœnus*), des céphalopodes (*Orthoceratites*, *Cyrthoceratites*, *Lituites*), des brachiopodes, des cystidées, des polypiers et des fucoïdes. Les calcaires foncés en bancs épais de la base sont suivis de calcaires alternant avec des schistes, de calcaires en dalles, de bancs plus argileux, d'argiles schisteuses, de schistes avec des calcaires impurs subordonnés, de grès rouge foncé, quelquefois marneux, surmontés de quarztite rose pâle et de quarztite blanc

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sans fossiles, constituant les cimes les plus élevées de la série. La ressemblance de toutes ces roches anciennes des hautes régions de l'Himalaya, à 5000 et 5500 mètres au-dessus de l'Océan indien, avec celles du même âge dans l'ouest de l'Angleterre, est telle que les échantillons des unes et des autres, mélangés dans une collection, seraient très-difficiles à distinguer. Elles forment, en général, les cols les plus élevés par lesquels on communique des provinces anglaises de Kemaon et de Gahrwal avec le Tibet, et qui sont à 5500 mètres d'altitude. Entre ces passages, les plus hautes cimes atteignent 6000 mètres.

Amérique du Nord. — Le terrain de transition, plus développé, plus varié et plus complet dans l'Amérique du Nord qu'en aucune autre région de la terre, y avait été l'objet de nombreux travaux depuis les mémoires de W. Maclure jusque vers 1835. Ses successeurs plus ou moins immédiats, MM. Eaton, Hitchcock, Troost, Emmons, Percival, Vanuxem, Conrad, Jackson, avaient marché sur ses traces, mais avec toute l'incertitude qui régnait encore ailleurs. Des études plus générales et plus suivies, faites d'abord dans les États de l'est, de New-York et de Pensylvanie par MM. H. D., W. D. Rogers, Mather, J. Hall, etc., ne contribuèrent pas peu à éclaircir ce vaste sujet; mais ce ne fut réellement que lorsque les idées de M. Murchison eurent pénétré dans ce pays que les tâtonnements cessèrent, et que les observateurs, tout en établissant des sous-divisions locales exigées par des différences dans les détails, vinrent rattacher leurs observations à la nouvelle classification. Bientôt aussi des géologues d'Europe, familiarisés avec les caractères des roches et des faunes de ce côté de l'Atlantique, passèrent en Amérique pour comparer les dépôts anciens des deux régions, et jamais principes ne se trouvèrent mieux justifiés que ceux qui avaient été découverts dans les petits comtés du centre et de l'ouest de l'Angleterre. M. Ed. de Verneuil, lors de son voyage en 1847, est le premier qui traita à fond de la géologie comparée des États-Unis

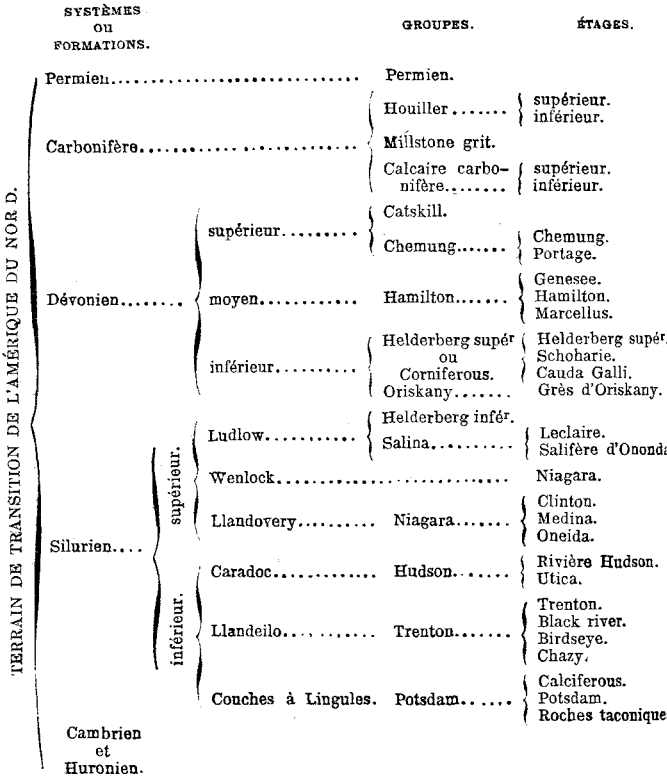
Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et de l'Europe, en ce qui regarde les divers groupes du terrain de transition, et son travail est resté dans la science. Il avait été précédé dans cette voie par M. Featherstonhaugh, par sir Ch. Lyell et par M. de Castelnau, et il fut suivi par MM. Ferd. Roemer, Jules Marcou, Ramsay et Bigsby, pendant que d'autres géologues du Canada ou des États-Unis, MM. W. Logan, Murray, Salter, Sterry-Hunt, Dawson, Foster, J. Hall, Newberry, D. Owen, Tuomey, Whitney, Billing, Shumard, V. Hayden, Swallow et beaucoup d'autres poursuivaient avec une vive ardeur les travaux de leurs devanciers.

Ne pouvant exposer ici l'ensemble du mouvement si remarquable imprimé à la géologie de l'Amérique du Nord dans ces trente dernières années, nous nous bornerons à reproduire le tableau des divisions du terrain de transition tel que le donne M. J. Dana [1], dans le remarquable ouvrage auquel nous emprunterons également des aperçus généraux et des réflexions fort justes sur tout ce qui se rattache à notre sujet.

1. *Manual of Geology*, in-8°, Philadelphie, 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC



Division inférieure. — Les roches des montagnes Taconiques dans l'état de Vermont, bien décrites d'abord par M. Emmons, mais dont l'âge avait été méconnu par d'autres géologues, seraient, suivant M. J. Marcou, inférieures au grès de Potsdam, et discordantes par rapport à ce dernier. Elles auraient leurs analogues autour de Québec (Canada), et leurs divisions : *dalles à Lingules*, *schistes de Georgia*, couches de *Saint-Alban*, d'une épaisseur totale de 1000 à 1200 mètres, renferment des types de trilobites et de brachiopodes, qui les font placer par M. Barrande dans sa *première faune* de Bohême.

Grès de Potsdam. — Le *grès de Potsdam*, qui, comme les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

autres divisions de la terminologie américaine, emprunte son nom à une localité de l'État de New-York, s'appuie au nord sur les roches cambriennes et primaires, et supporte au sud les roches de transition du bassin du Mississipi jusqu'au delà du Texas. Dans la région arctique, il longe les deux côtés de l'axe primaire. Dans certaines parties, des calcaires y sont associés, dans d'autres, des argiles schisteuses. Le grès calcarifère qui les surmonte devient magnésien dans le bassin du Mississipi; sa puissance, de 10 à 200 mètres au nord et à l'ouest, atteint 2000 mètres le long des Appalaches. Presque horizontal dans les deux premières régions, il est, au contraire, très-accidenté des bords du lac Champlain au Tennessee.

Les fossiles sont quelques spongiaires ou rhizopodes, des restes de crinoïdes; parmi les mollusques, des bryozoaires, des Graptolites, des brachiopodes (*Lingula*, *Obolus*, *Discina*, *Orthisina*, *Obolella*); il n'y a point de conchifères lamellibranches; les ptéropodes sont représentés par le genre *Theca*, les gastéropodes par des restes imparfaits de Pleurotomaires, l'*Ophileta compacta*, etc., les céphalopodes par deux Orthocératites, les articulés par des vers marins (*Scolythus linearis*), et les crustacés de la famille des trilobites offrent déjà 60 espèces. Les coquilles sont peu variées; mais les individus, très-multipliés, y constituent presque des bancs à eux seuls. Le grès de Potsdam est surtout caractérisé par les Lingules et les *Paradoxides*, le grès calcifère au-dessus par les Graptolites. De cette faune, les genres *Lingula* et *Discina* sont les seuls représentés encore dans les mers actuelles.

Le synchronisme de cette faune, avec celle qui lui correspond en Europe, serait appuyé par l'identité des genres, si ce n'est même par celle d'une ou deux espèces, et la vie marine dans les deux parties de l'hémisphère nord était caractérisée par les *Lingula*, les *Obolus*, les *Orthis*, les *Theca*, les *Scolythus*, les *Paradoxides*, les *Peltura*, les *Conocephalus*, les *Arionellus*, les *Agnotus* et autres trilobites. Les gastéro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

podes et les céphalopodes, qui manquent en Europe, font penser que cette période de la vie se serait prolongée davantage à l'ouest de l'Atlantique qu'à l'est. Ici l'organisme a commencé avec des rayonnés, des mollusques et des articulés, mais dans chaque classe avec des animaux inférieurs. Il ne semble pas cependant qu'aucun vrai polype ait vécu alors.

Groupes de Trenton et de la rivière Hudson. — Caractérisés surtout par de grandes assises calcaires et la profusion des trilobites, des Orthocératites et des brachiopodes, le groupe de Trenton s'étend sur une partie considérable du continent américain, à l'est du Mississipi et au delà vers les Montagnes-Rocheuses. La roche principale, qui prend son nom des cataractes de Trenton, dans la partie centrale de l'État de New-York, est un calcaire gris ou noir, compacte, dont l'épaisseur varie de 24 à 100 mètres des bords de la rivière Attawa au Canada; vers le pied des Appalaches elle atteint 160 mètres.

Avec les couches de cette période apparaissent les vrais polypiers cyathophyllidées; parmi les radiaires dominent les crinoïdes; parmi les mollusques les bryozoaires. Les brachiopodes sont représentés surtout par des *Orthis*, des *Leptæna*, des *Strophomena*, tous beaucoup plus grands que dans le groupe de Potsdam; les Orthocératites très-nombreuses atteignent 3 à 4 mètres de long sur $0^{m}.30$ de diamètre; elles dépassaient ainsi par leur taille tous les céphalopodes connus. C'étaient à la fois les plus grands animaux de ces mers et les plus élevés par leur organisation. Les trilobites, dont les genres et les espèces se multipliaient, atteignaient jusqu'à $0^{m}.30$ de longueur (*Asaphus gigas*), et d'autres, tels que les *Leperditia*, restaient fort petits, mais formaient par leur accumulation des couches comme les *Cypris* tertiaires.

Parmi les polypiers non étoilés le *Columnaria alveolata* offre dans les calcaires de Black-River des masses pesant jusqu'à deux et trois mille livres. Les Graptolites caractérisaient aussi les mers d'alors, quoique plus nombreux dans les suivantes. Les cystidées sont encore les formes domi-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nantes parmi les crinoïdes; on en compte vingt et quelques espèces au Canada, plus une trentaine d'autres de la même classe, onze astéries, etc. Les mollusques conchifères sont relativement rares, et les gastéropodes sont des *Pleurotomaria*, des *Murchisonia*, des Bellérophes (*B. bilobatus*), etc.

Dès le commencement de cette période, pendant le dépôt du calcaire de Chazy, la faune paraît avoir été toute différente de celle de Potsdam; vers sa fin les espèces disparaissent à peu d'exceptions près, et les calcaires de Trenton, qui le terminent, offrent une nouvelle faune sans l'intervention apparente d'aucune cause physique.

Un grand nombre d'espèces, au contraire, passent de cette division dans celle de la rivière Hudson, au-dessus, partout où cette dernière est formée de calcaires, tandis que si ce sont des argiles schisteuses, les espèces ont complétement changé. On peut estimer à 1200 ou 1300 espèces connues celles qui se sont éteintes depuis le dépôt du grès de Potsdam jusqu'à la fin du groupe de la rivière Hudson, c'est-à-dire pendant toute la période silurienne inférieure. Les genres ont aussi éprouvé des modifications profondes; le genre *Maclurea* s'éteint, les Graptolites diminuent comme les cystidées, tandis que les autres crinoïdes s'accroissent.

La vie était encore exclusivement marine. Pendant toute la durée de ces dépôts siluriens inférieurs, qui le long des Appalaches n'ont pas moins de 4500 mètres d'épaisseur, aucune perturbation notable n'a produit de discordance sensible dans la série, quoique la nature des dépôts ait varié à plusieurs reprises; mais ensuite des changements plus prononcés sont traduits à la fois par les caractères des roches et par leurs relations stratigraphiques, depuis les bords du Saint-Laurent jusqu'au Mississipi et au Tennessee.

Division supérieure. — La division silurienne supérieure comprend trois groupes désignés de bas en haut sous les noms de *Niagara*, *Salina* et *Helderberg inférieur*, sous-divisés eux-mêmes en sept étages, auxquels sont aussi appliqués

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des noms de localités. Les diverses assises du groupe du Niagara n'occupent pas absolument les mêmes régions et diffèrent dans leurs caractères minéralogiques. Ainsi l'assise inférieure ou conglomérat d'Oneida, du centre de l'État de New-York, se prolonge en suivant les Appalaches; le grès de Medina s'étend un peu plus à l'ouest et au nord, les couches de Clinton s'avancent dans l'intérieur du bassin du Mississipi, plus ou moins calcarifères ou argileuses, suivant les localités; le calcaire du Niagara présente aussi des modifications qui indiquent de fréquentes oscillations de niveau et de profondeurs d'eau. Le long des Appalaches, l'épaisseur des dépôts, depuis le commencement de la période de Trenton jusques et y compris ces calcaires, n'a pas moins de 3848 mètres. Le groupe de Salina renferme des grès, des argiles, des calcaires, des amas de gypse subordonnés, et des eaux salifères y donnent lieu à des exploitations de sel. C'était alors une région occupée sans doute par des eaux saumâtres, des marécages, presque dépourvus d'habitants et auxquels succédèrent les eaux plus profondes, très-peuplées au contraire, des calcaires d'Helderberg.

A la fin de la période silurienne, de même qu'en Europe, on ne trouve encore aucune trace de lacs ni de rivières d'eau douce, et tous les produits de la vie sont marins. Les eaux de la mer ne dépassaient pas 160 mètres de profondeur, à en juger par les polypiers, et les mers intérieures, sur de grandes étendues, étaient encore moins profondes.

Quant à la faune, nous dirons, avec M. Dana, que la série animale était la même que pendant la période précédente; les animaux les plus élevés continuaient à être des mollusques céphalopodes, mais, si les grands types persistent, des genres et même des familles disparaissent et d'autres leur succèdent. Le nombre des espèces connues est de 7 à 800, et aucune de celles qui vivaient dans la dernière moitié de cette période n'avait paru dans la seconde moitié de la précédente. Il n'y en a pas une douzaine qui se soient perpétuées

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jusque dans la période dévonienne, et encore y disparaissent-elles bien avant sa fin. De tous les genres qui vivaient alors, six seulement sont représentés dans les mers actuelles (*Lingula*, *Discina*, *Rhynchonella*, *Crania*, c'est-à-dire 4 genres de brachiopodes, puis un genre de gastéropodes, *Pleurotomaria*, et un céphalopode, *Nautilus*).

Parallèle des faunes de l'Europe et de l'Amérique. — Comparée avec la faune contemporaine de l'Europe, celle du groupe du Niagara a présenté 33 espèces communes appartenant pour la plupart au groupe de Wenlock; celle d'Helderberg en a présenté 5, et, de la région silurienne supérieure arctique américaine, 11 ont été retrouvées en Europe.

Quant aux genres, l'identité est presque complète des deux côtés de l'Atlantique, et la même progression ou le même développement graduel s'observe de part et d'autre, depuis la base du système jusqu'à son sommet. Les mêmes types y naissent et s'éteignent dans le même ordre, suivant la même loi; les animaux et les plantes terrestres ou d'eau douce, s'ils ont existé, n'ont encore laissé aucune trace.

Malgré ces analogies, le parallélisme de détail entre les sous-divisions de l'Amérique et de l'ancien continent est fort difficile, à cause des conditions particulières et locales qui influaient, alors comme aujourd'hui, sur la nature des dépôts contemporains. Les couches d'Helderberg, placées sur l'horizon de celles de Ludlow les plus élevées, n'ont pas encore révélé l'apparition des poissons comme en Angleterre, en Bohême et dans les îles de la Baltique.

Les mers de cette époque devaient avoir une température chaude tempérée, uniforme, car les espèces qui vivaient entre les parallèles de 30° à 45° étaient en partie les mêmes que celles des dépôts contemporains entre le 65° et le 80°. Enfin, dit M. Dana, la géologie de l'Europe comme celle de l'Amérique du Nord, montre que, vers la fin de la période silurienne, la surface des terres émergées était encore peu considérable, la plus grande partie des continents actuels étant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

couverte d'eaux généralement peu profondes, chaudes même vers les pôles, d'où résultait la vie exclusivement marine. Les mollusques et des crustacés d'ordres inférieurs étaient la plus haute expression de la vie animale, les crinoïdes, les polypiers et sans doute des rhizopodes en étaient l'expression la plus simple, enfin quelques algues marines représentaient la flore.

Amérique du Sud. — Le terrain de transition est probablement très-développé au Brésil dans la province de Bahia, le nord de celle de Minas-Géraès et le sud de celle de Saint-Paul; mais nulle part encore la présence de fossiles n'a permis de déterminer l'âge de ses diverses roches, depuis les schistes talqueux qui recouvrent presque partout le gneiss, les quartzites schisteux et micacés désignés sous le nom d'*Itacolumite*, des calcaires talqueux, schistoïdes, le quartzite avec fer oligiste (itabérite) et ses gisements aurifères, des talcites et de nouveaux quartzites, des grès, gisement du diamant, des phyllades, jusqu'aux calcaires, aux schistes bitumineux et aux grès schisteux noirs micacés à grains fins du sud de la province de Saint-Paul qui s'étend jusqu'au Parana.

Dans le massif des Andes, à l'ouest et au sud, les recherches de MM. Pentland, Alc. d'Orbigny [1], Pissis [2] et David Forbes [3] ont fait connaître un grand développement de roches siluriennes. D'après le dernier de ces savants, qui nous semble avoir été plus loin que ses prédécesseurs, dont il discute les opinions, ces roches se montreraient d'une manière presque continue du N.-O. au S.-E., sur une étendue de 1100 kilomètres, et occuperaient une surface qui ne serait pas moindre de 250000 kil. carrés. Elles constituent la chaîne des hautes Andes du Pérou, au nord de Cusco, traversent la Bolivie, pour se prolonger au S.-E. par la Paz, Cochabamba et au delà. A cette région, d'où descendent l'Amazone et ses affluents et

1. *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III, 1842.
2. *Ann. des Mines*, 5e sér., vol. IX, 1856.
3. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XVII, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plusieurs de ceux de la Plata, appartiennent les plus hautes sommités du Nouveau-Monde, qui ne le cèdent qu'à celles de l'Himalaya (voy. pl. II, fig. 4). Ainsi l'Illampu atteint 7560 mètres (7678^{m}.44 suivant M. Pentland), l'Illimani 7360 (7373.22 Pentl.), l'Huayna Potosi 6667^{m}.73, le Coloolo 6817.

La série des roches anciennes de ce pays, dit M. Forbes, présente partout une telle ressemblance avec leurs équivalents de l'ouest de l'Europe, que, malgré l'immense échelle sur laquelle elles sont à découvert, il semble qu'on y respire l'air du *pays des Silures*, même avant que leur étude détaillée soit venue confirmer la première impression qu'elles font naître. Des grauwackes et des schistes argileux d'une grande uniformité dans les caractères pétrographiques représenteraient toute la série silurienne.

Les schistes bleus aurifères de Tipuani sont sans fossiles, mais ils se lient intimement avec ceux qui en renferment à 5 milles au sud de Sorata (*Orthis Aymara*, *Strophomena*, etc.) Sur la pente nord-ouest de l'Illampu, M. Forbes a rencontré des *Cruziana* (*cucurbita* et *Unduavi*). La ville de Sorata est située au pied nord de la montagne couronnée de neige souvent désignée sous le nom de *Nevado de Sorata*, mais dont le vrai nom est Illampu. Sur sa pente occidentale, que l'auteur a remontée aussi haut que possible, il a tracé un profil montrant 36 assises siluriennes qui, vers le bas, plongent de 25° à l'O. et vers le haut de 40°; elles renferment les fossiles dont nous parlerons tout à l'heure. Dans les deux profils généraux, tracés du S.-O. au N.-E. du Pacifique, à l'Illampu et à l'Illimani, comme dans la coupe générale mise en regard de celles d'Alc. d'Orbigny et de M. Pissis, on voit que ces deux énormes massifs sont exclusivement composés de schistes et de quartzites siluriens et non de granites, comme les représente d'Orbigny, et que, dans le Nouveau-Monde, ces roches atteignent une bien plus grande élévation qu'en Europe, dépassant même celles de l'Himalaya.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Il est digne de remarque, en outre, que ce vaste système a été successivement traversé 1° par des granites aurifères, 2° par les porphyres d'Hillabaya, de Potosi, d'Oruro, etc., 3° par des diorites métallifères, 4° par des dykes de trapp, 5° par les éruptions volcaniques des bords du lac de Titicaca qui ne pénètrent point d'ailleurs dans la chaîne principale. Les veines métallifères de cette région renferment une multitude d'espèces minérales. Quant aux schistes cristallins, aux gneiss développés au sud du désert d'Atacama, à Cobija, Mexillones, etc., ce seraient provisoirement pour l'auteur des roches siluriennes modifiées.

Les fossiles des roches de l'Illampu, étudiés par M. Salter, ont présenté des types très-différents de ceux de l'Europe et de l'Amérique du Nord, et se rapprochant en général beaucoup des formes dévoniennes, tels que de grands *Homalonotus*, un Tentaculite, etc.; mais un petit crustacé du genre *Beyrichia*, quoique très-rare vers le sommet de la série, et l'abondance des *Bilobites* ou *Cruziana*, corps de caractères toujours énigmatiques, mais constamment siluriens, joints à ce fait que les faunes siluriennes présentent des associations particulières à certaines régions, comme nous l'avons déjà vu pour l'Inde centrale et comme nous le verrons pour l'Australie, doivent faire regarder toutes ces assises comme réellement siluriennes. Les grès et les argiles schisteuses supérieures renferment 2 *Homalonotus*, 1 *Beyrichia*, 2 *Tentaculites*, *l'Orthis Aymara*, 1 *Strophomena*, 1 *Cucullella*, 1 *Ctenodonta* (*Nucula*), 1 *Arca?* 1 *Bellerophon*, 1 *Patella* ou *Pileopsis*. Les grès et les argiles inférieurs d'une épaisseur de 4000 mètres n'ont présenté que 5 espèces de ces empreintes d'origines indéterminées (*Cruziana*, *Boliviana*).

M. Forbes n'a retrouvé aucune des dix espèces indiquées par Alc. d'Orbigny (*Cruziana rugosa*, *furcifera*, *Orthis Humboldti*, *Lingula marginata*, *Munsteri*, *dubia*, *Graptolites dentatus*, *Phacops* (*Calymene*) *Verneuili*, *P. macrophthalma?* *Asaphus boliviensis*). Sauf les deux *Phacops*, qui paraissent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

provenir de couches dévoniennes, et qu'il faudrait retrancher du total 29, toutes les autres formes sont propres au pays, et, selon M. Salter, les analogies qu'avait cru reconnaître d'Orbigny ne seraient pas fondées.

Sud de l'Afrique. — Bien que, suivant les déterminations les plus récentes, aucun fossile silurien n'ait été reconnu parmi ceux que l'on a rapportés de l'Afrique méridionale, il est permis de penser, d'après les détails donnés par M. A. G. Bain [1], les coupes et la carte qui accompagnent son travail, que le grand système de schistes argileux, traversés de nombreuses veines de quartz et sans trace de fossiles, qui occupe une surface si considérable dans la région du cap de Bonne-Espérance, représente le système cambrien ; le grand ensemble de grès et de conglomérats qui les recouvre, à stratification discordante, et dont l'épaisseur n'a pas moins de 2000 à 2500 mètres, représenterait à son tour le système silurien, si toutes les couches fossilifères sont réellement au-dessus, comme le dit l'auteur. Ce sont ces grès sans fossiles qui, à la montagne de la Table, reposent directement sur le granite, aux deux tiers de sa hauteur, et en forment le sommet à 1163 mètres d'altitude, comme ceux du pic du Diable à 1076, de la tête du Lion à 966, et des collines qui terminent le Cap à 320 mètres.

Australie. — Dans l'Australie orientale, dont l'ouvrage de M. le comte Strzelecki a, le premier, fait connaître les principaux caractères géologiques, les roches siluriennes, aussi bien dans la province de Victoria que dans la Nouvelle-Galles du Sud, présentent des schistes traversés par de nombreux filons de quartz aurifères. Les fossiles qu'on y avait d'abord trouvés semblaient indiquer l'horizon du groupe de Llandovery des îles Britanniques ; mais plus récemment M. Selwyn a pu distinguer les deux séries siluriennes supérieure et inférieure dans la province de Victoria. Ainsi toutes les roches situées à

1. *Transact. geol. Soc. of London*, vol. VII, p. 175, 1852-1856.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'ouest d'une ligne tirée de Williams Town au nord vers Lancefield, remplies de Lingules et de Graptolites à deux rangées de dentelures, appartiendraient à la division inférieure, et toutes celles situées à l'est de cette même ligne seraient de la division supérieure. Des schistes micacés chloritiques, talqueux, serpentineux, pénétrés de filons de quartz dans l'ouest des Grampians, occupent la base de la série et représenteraient les systèmes cambrien ou primaire comme dans le reste du globe.

Les veines si riches de quartz aurifères du mont Alexandre (province de Victoria) sont dans ce système où les Graptolites abondent, dit M. W. B. Clarke [1], tandis qu'ils manquent dans les couches correspondantes de la Nouvelle-Galles du Sud. Les genres de trilobites *Phacops*, *Odontochile*, *Portlockia* et *Calymene* sont signalés par M. M'Coy dans la province de Victoria, et d'autres (*Calymne*, *Bronteus*, *Cheirurus*, *Harpes*, *Encrinurus*) par M. Clarke, dans la Nouvelle-Galles du Sud. Dans le district de Mersey (Terre de Van-Diémen), M. Gould a observé également des trilobites siluriens supérieurs, et nous savons par les recherches persévérantes de M. J. Haast que les roches du même âge constituent une partie de la chaîne centrale de la province de Canterbury (île moyenne de la Nouvelle-Zélande).

§ 3. SYSTÈME DÉVONIEN.

Iles Britanniques. — Si nous considérons d'abord le système dévonien sous sa forme primitive et la plus simple, celle sous laquelle il fut longtemps connu, et qui est désignée dans les îles Britanniques par l'expression pétrographique de *vieux grès rouge* (*old red sandstone*), nous rappellerons que ses

1. *Recent geol. discoveries in Australia.* Sydney, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

couches les plus basses passent insensiblement, comme on l'a vu (*antè*, p. 406), aux dernières assises du groupe de Ludlow, dont quelques espèces fossiles se montrent encore dans la couche appelée *tile-stone*.

Ce système de grès ou de roches rouges, compris dans le Caermarthenshire et le Herefordshire entre les dépôts siluriens et carbonifères, n'a pas moins de 3000 mètres d'épaisseur. Quant à sa composition, la coupe des collines de la Trewerne au grand bassin houiller du pays de Galles, près d'Abergavenny, montre, vers le bas, des argiles rouges, vertes, avec des plaques solides, des silex cornés et des grès blanchâtres, et dans la partie moyenne, qui est la plus importante, des argiles rouges, vertes, des marnes, des bancs argileux alternant avec des bancs de grès très-puissants, des calcaires terreux verts et rouges (*cornstones*), et enfin, vers le haut, des grès gris, brun jaunâtre, à grain fin, micacés, en plaques, et accidentellement des conglomérats qui bordent et limitent le bassin houiller [1].

Ici, comme dans les assises contemporaines de l'Écosse, on n'a guère observé jusqu'à présent que des restes de poissons (*Cephalaspis Lyellii*, *Pteraspis Lloydii*, *P. Banksii*), le grand crustacé désigné sous le nom de *Pterygotus gigas*, l'*Eurypterus Symondsii*, de Rowlestone, une espèce de poisson remarquable du genre *Pterichthys*, puis d'autres des genres *Onchus* et *Ptychacanthus*.

Dans le sud de l'Écosse, les dernières assises siluriennes fossilifères sont recouvertes, à stratification concordante, par les argiles rouges et les grès du système suivant; mais dans le nord, où manquent ces assises siluriennes supérieures, les inférieures sont métamorphisées, les premières couches dévoniennes les recouvrent transgressivement, et, partout où les deux systèmes sont en contact, ils sont discordants. En outre, le dépôt le plus récent est formé avec les débris de la roche,

1. Sir R. I. Murchison, *Siluria*, p. 272, 1859.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

quelle qu'elle soit, qu'il recouvre. Ainsi les poudingues sont composés de fragments de quartzites sur un point, de micaschiste sur un autre, ou bien de gneiss, de granite et quelquefois de ces diverses roches mélangées.

Le profil de Caithness à la pointe de Dunnet et aux Orcades, donné par sir R. Murchison [1], montre bien, à partir du granite et du micaschiste, 1° conglomérat, base du vieux grès rouge, 2° grès rouge, 3° grès en lits minces ou se délitant en dalles, 4° schistes bitumineux et calcaires en plaques solides, 5° grès rouge supérieur. C'est dans l'assise n° 3 que se trouvent particulièrement les restes de poissons et de végétaux. Ces cinq divisions peuvent d'ailleurs se réduire à trois, en réunissant les trois inférieures en une seule.

Les études de M. L. Agassiz avaient d'abord fait connaître dans ces couches six espèces de poissons; mais, depuis, les recherches persévérantes de H. Miller [2] en ont augmenté le nombre. L'assise moyenne de Caithness, des Orcades et le faible équivalent de Cromarty, de Nairn, d'Elgin, de Banff ont présenté beaucoup d'espèces de *Pterichthys*, de *Polyphractus*, de *Coccosteus*, de *Cheiracanthus*, de *Diplacanthus*, etc., dont l'auteur de *Siluria* avait annoncé l'existence dès 1826.

Les assises supérieures de Dura-Den (Fifeshire), comme celles de Farlow (Devonshire), sont caractérisées par les *Pterichthys*, accompagnés en Écosse de l'*Holoptychius*. Les espèces diffèrent de celles des couches moyennes de Caithness et des Orcades, de même que de celles des dépôts carbonifères placés au-dessus. L'*Holoptychius Flemingii* et le *Platygnathus Jamesoni* sont des poissons communs à l'Écosse et à la Russie. Le *Telerpeton elginense* est un reptile trouvé en 1851 dans le grès d'Elgin, au sud du Firth de Murray, et dont le gisement contesté a été rapporté par quelques personnes au trias, pour ne point faire remonter l'apparition des ani-

1. *Siluria*, p. 280.
2. *Foot prints of the creator*, 1850.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

maux de cette classe beaucoup plus haut dans le temps qu'on ne le supposait. Mais les données stratigraphiques ne justifient pas encore cette dernière opinion, et nous devons admettre, quant à présent, que ce petit quadrupède, qui avait 14 ou 15 centimètres de long, est réellement contemporain des sédiments dévoniens, et par conséquent le premier ou le plus ancien de sa classe. Depuis lors le même gisement a présenté d'autres restes de reptiles (*Stagonolepis* et *Hyperadopedon*) dont les types rapprochés, l'un des téléosauriens, l'autre des cryptodontes, sembleraient faire pencher la balance en faveur des formes secondaires ; mais M. Harkness a maintenu récemment les relations dévoniennes de la couche qui les renfermait.

Les végétaux reconnus d'abord par H. Miller et ensuite par d'autres observateurs, dans les dalles de Caithness comme dans celles des Orcades, sont des plantes terrestres, des Fougères, des lycopodiacées, des Lépidodendrons, des conifères voisins des araucarites, c'est-à-dire des formes analogues à celles que nous verrons prédominantes dans la période suivante, mais d'espèces différentes.

On a vu (*antè*, p. 387) que c'était par suite des études de MM. Sedgwick et Murchison dans le Devonshire, études appliquées ensuite à d'autres parties de l'Europe, que ces deux savants avaient assigné la dénomination de *système dévonien* aux couches qu'ils y avaient observées, en les considérant comme contemporaines du vieux grès rouge de l'ouest de l'Angleterre et de l'Écosse, qu'elles représentaient ainsi avec d'autres caractères pétrographiques et paléontologiques.

Une coupe faite à travers la région septentrionale du Devonshire montre la série des roches, auxquelles la nouvelle dénomination fut d'abord appliquée, prolongée jusqu'à la base du système carbonifère qui la recouvre. L'arrivée au jour des granites de Dartmoor, qui ont profondément modifié les couches dévoniennes en contact, empêchent de saisir au sud les relations de ces dernières comme on peut le faire au nord.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les fossiles seuls permettent d'essayer quelques rapprochements. Un grand nombre d'entre eux sont particuliers à cet horizon, dit M. Murchison, et tandis qu'ils montrent des caractères intermédiaires s'approchant, dans les couches les plus basses, des formes siluriennes, bien que presque tous diffèrent, et, dans les plus élevées, des formes carbonifères, il n'est pas douteux qu'ils ne constituent par leur réunion un tout indépendant. Les beaux travaux de MM. Milne-Edwards et J. Haime ont fait ressortir, pour la classe des polypiers, tout ce que cette question offrait d'intérêt [1].

Les trilobites siluriens ont disparu et sont remplacés en Angleterre comme sur le continent par le *Bronteus flabellifer*, le *Phacops latifrons*, le *P. laciniatus*. Des espèces d'*Homalonotus* ornés d'épines caractérisent les couches inférieures; les crustacés sont d'ailleurs bien moins nombreux que dans l'ère précédente, et aucun nouveau genre n'apparaît. Presque tous les brachiopodes sont différents; l'*Atrypa reticularis* seul s'y rencontre encore, comme dans le système silurien supérieur, et c'est une de ces espèces qui justifient le mieux le principe que nous avons rappelé en commençant, car nous le retrouverons à l'E. dans les régions lointaines de l'Arménie, du Tibet et de la Chine, à l'O. dans l'Amérique du Nord. Les *Spirifer*, à l'inverse des *Orthis*, augmentent en nombre et en dimension; leurs formes deviennent plus transverses, s'allongeant de manière à présenter des ailes excessivement étendues (*S. macropterus*, *speciosus*, *lævicosta* ou *ostiolatus*); ils sont associés avec d'autres brachiopodes, tels que les *Chonetes semiradiata* et *sarcinulata*, l'*Orthis circularis* et l'*Atrypa desquamata*. Le *Tentaculites annulatus* comme le *Pleurodictyum problematicum* sont des corps peu connus zoologiquement, mais propres à cet horizon.

Dans la partie moyenne du système se montrent le *Stry-*

1. *A monograph of the British fossil corals* (4e partie, 1853 (*in the Palæontographical Society*).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

gocephalus giganteus, le *Megalodon cucullatus*, la *Calceola sandalina*, la *Murchisonia bilineata*, le *Cyathophyllum cæspitosum*, l'*Heliolites piriformis*, le *Spirifer heteroclytus*, le *Cyrthoceratites ornatum*, etc.

Les couches plus élevées de Newton-Bushel sont plus récentes, étant caractérisées par la *Rhynchonella cuboides*, comme les couches de Petherwin et de Barnstaple, lesquelles appartiennent aussi à la partie supérieure du système que caractérisent le *Phacops granulatus*, les *Clymenia linearis* et *lævigata*, le *Spirifer Verneuili*, etc.

Ici, comme en France et en Allemagne, les roches carbonifères inférieures sont parfaitement concordantes avec les couches dévoniennes sous-jacentes et n'en sont pas moins distinctes par leurs fossiles. D'un autre côté, nous verrons un hiatus physique très-prononcé entre le calcaire carbonifère d'une part, le millstone grit et le groupe houiller de l'autre; et néanmoins ces trois termes ont toujours été réunis à cause de leurs liaisons paléontologiques.

En Irlande on retrouve les représentants des trois groupes du système également bien caractérisés.

France. — Nous ne reviendrons point sur ce que nous avons dit des divisions du terrain de transition de la *Carte géologique de la France* et de son *Explication*, auxquelles nous renverrons le lecteur, et nous nous bornerons à signaler les points où la série dévonienne a été constatée par la présence de sa faune.

Le Bas-Boulonnais est un des premiers où celle-ci ait été reconnue par M. Murchison en 1840; ce savant pense que la partie supérieure seule du système y est représentée, caractérisée par l'abondance des *Spirifer Verneuili* et *Archiaci*, le *Productus subaculeatus* et l'*Athyris concentrica* (*Terebratula*). Les calcaires et les argiles qui les renferment sont immédiatement recouverts par le calcaire carbonifère, et tous ensemble se prolongent de l'O.-N.-O. à l'E.-S.-E., pour disparaître à peu de distance sous la craie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans la coupe de Sillé-le-Guillaume à Sablé (Sarthe), que nous avons déjà citée (*antè*, p. 411) on trouve à Brulon, suivant M. de Verneuil, des couches siluriennes à ampélite et, en concordance parfaite, des grès quartzeux blanchâtres avec *Dalmania calliteles*, *Homalonotus Gervillei*, puis des schistes et des calcaires avec *Spirifer macropterus*, *Terebratula Archiaci*, *Grammysia hamiltonensis*, *Pleurodictyum problematicum*, représentant les assises inférieures et moyennes du système. Le tout est recouvert, à stratification également concordante, par des grès et des schistes avec anthracite exploité à Sablé et constituant la base du système carbonifère. Des couches dévoniennes, caractérisées par les mêmes fossiles, ont été signalées depuis sur une multitude de points des départements de la Sarthe, de la Mayenne, de l'Ille-et-Vilaine (Viré, Izé, la Courtoisière, la Baconière, Saint-Cenéré, Joué, Coudray, etc.), et jusque dans la rade de Brest et les environs de cette ville.

Dans le Cotentin, la localité de Néhou, non loin de Saint-Sauveur, où nous avons mentionné les couches siluriennes les plus récentes du pays, est connue depuis longtemps par les recherches de de Gerville comme étant la plus riche de France en fossiles dévoniens. M. de Verneuil en a déterminé l'âge par ses études paléontologiques comparatives, et plus récemment M. Bonissent a donné une description détaillée de toutes les couches qui s'y rattachent dans le département de la Manche, entre Valognes, la Haye-du-Puits, Bretteville-sur-Ay et Saint-Jorn. Elles comprennent, vers le bas, des grès de diverses couleurs et surtout verdâtres, alternant avec des schistes, plus haut, des calcaires gris ou noirs et des schistes alternants, et, à la partie supérieure, des schistes et des grès micacés tendres, avec quelques calcaires. Plus de 100 espèces de fossiles y sont signalées, dont 9 ou 10 trilobites, plusieurs Orthocératites, 9 gastéropodes (*Murchisonia intermedia*), 11 acéphales (*Grammysia hamiltonensis*), 46 brachiopodes (*Terebratula concentrica* (*Athyris*), *Esquerra, hispanica, un-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

data, Archiaci, reticularis, subwilsoni, Spirifer subspeciosus, heteroclitus, Pellico, macropterus, etc., *Orthis Beaumonti, orbicularis, Trigeri*, etc., *Leptæna Murchisoni, Sedgwicki, Pillipsi*, etc., *Calceola sandalina*), des crinoïdes, des polypiers (*Heliolites interstincta, Favosites Goldfussi, polymorpha*, des *Cyathophyllum*) et le *Pleurodictyum problematicum.*

On a cru retrouver dans le département de la Loire-Inférieure des associations de fossiles siluriens et dévoniens, l'existence des trois groupes dévoniens, enfin le mélange d'espèces dévoniennes et carbonifères; mais les détails, comme la coupe donnée à ce sujet, nous laissent encore beaucoup d'incertitude sur la réalité de ces associations [1].

Nous avons déjà cité dans le département de l'Hérault la coupe de Neffiez, non loin de Pézénas, où M. de Verneuil a reconnu, dans des assises distinctes de celles qui renferment les fossiles siluriens, la *Goniatites amblylobus* et le *Cardium palmatum;* aussi serait-il disposé à y voir un représentant de la partie supérieure du système, comme dans le Bas-Boulonnais. Les calcaires sont semblables aux marbres, dits *griotte*, de la Montagne-Noire et des Pyrénées, déjà rapportés par L. de Buch au système dévonien à cause des Goniatites dont ils sont remplis, et comparés aussi par M. de Verneuil aux calcaires rouges à Goniatites du duché de Nassau. Ce sont les marbres amygdalins verts et rouges de Campan, étudiés d'abord par Dufrénoy, qui le premier y signala ces fossiles, pris alors pour de petits Nautiles. Il est également probable que tout le massif ancien de Monthoumet, dans les Corbières, les schistes de Gédre, entre Saint-Sauveur et Gavarnie, les environs des Eaux-Bonnes, etc., appartiennent au système qui nous occupe.

Espagne. — La *Carte géologique de l'Espagne*, publiée en

1. *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XVI, p. 862, 1859; *ib.*, XVII, p. 789; *ib.*, XVIII, p. 330 et 337, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

1864 par MM. de Verneuil et Éd. Collomb, nous montre en effet la grande zone silurienne médiane des Pyrénées, dont nous avons parlé (*antè*, p. 414), flanquée au N. et au S. par de larges bandes dévoniennes presque continues que pénètrent de nombreux massifs cristallins dans la première direction, de même que la partie centrale dans la seconde. A l'ouest, de puissants massifs de grès rouges, rapportés au trias, semblent les recouvrir immédiatement jusque dans la province de Saint-Sébastien, tandis que sur la limite sud, de la base du Mont-Perdu jusque vers Campredon, des affleurements de roches carbonifères sépareraient les couches dévoniennes de ces mêmes grès. Le massif carbonifère des Asturies est circonscrit, à l'O. et au S., par des roches du même âge, qui le séparent aussi de la région silurienne de Villafranca. Les relations stratigraphiques ont été déterminées par les géologues auxquels nous avons dit qu'était due la connaissance du terrain de transition du nord de l'Espagne.

Les roches, dans la partie moyenne de la chaîne, sont des grès rouges, des argiles schisteuses, des calcaires gris, très-disloqués, constituant des masses redressées et des pics isolés qu'on distingue à une grande distance des plaines de la Castille. Les mines de fer y sont très-riches, telles que celles de Mieres et de Sabero, localités de la province de Léon, où les fossiles sont également très-répandus et constituent une faune bien caractérisée, que M. de Verneuil et nous avons décrite, de même que celles de Ferrones, de Pelapaya et d'Avila qui leur correspondent au nord, dans les Asturies [1].

Cette petite faune, dans laquelle dominent toujours les brachiopodes, est remarquable surtout par les Térébratules du groupe des *concentricæ*, qui y affectent toutes sortes de formes, et par des Spirifers à ailes excessivement allongées.

Au sud et au nord d'Almaden, dans la Sierra-Morena, les couches dévoniennes surgissent au milieu d'autres plus an-

1. *Bull. Soc. géol. de France*, 2e série, vol. II, p. 458, 1845.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ciennes; ce sont des bandes de calcaires argileux, avec *Productus subaculeatus*, *Leptæna Dutertrei*, *Spirifer Verneuili*, *Archiaci* et *Bouchardi*, *Orthis striatula*, *Terebratula reticularis*, *T. concentrica*, *Phacops latifrons*. Ces fossiles sont communs dans les calcaires du Bas-Boulonnais, rapportés à la partie supérieure du système, tandis que de petits lambeaux isolés au sud-est de Cuenca, près d'Hinarejos, ont offert à MM. de Verneuil et Collomb des fossiles de la partie inférieure, tel que le *Spirifer macropterus* de la grauwacke des bords du Rhin. Enfin, à l'extrémité orientale de la chaîne du Guadarrama, des roches du même âge sont signalées entre le système silurien à l'ouest et le trias à l'est, et, au nord de Montalvan, dans la province de Terruel, un petit îlot se trouve compris à l'extrémité sud de la bande silurienne de cette région.

En Portugal, le système dévonien paraît manquer entre les couches siluriennes et carbonifères, mais il ne semble pas impossible qu'il existe en Sardaigne.

Nord de l'Afrique. — Sur la côte d'Afrique opposée à l'Espagne, aux environs de Tétuan, M. Coquand signale des grès rouges avec des traces de trilobites (*Bronteus*), superposés à des calcaires à et des grauwackes siluriens; ces grès représenteraient le vieux grès rouge d'Angleterre. Plus à l'E., Overweg, dans son voyage de Tripoli à Mourzouk, a recueilli, sur le versant sud du plateau d'Ammada, et dans des grès du même âge, le *Spirifer Bouchardi*, la *Terebratula daleidensis*, la *T. longinqua*, et plus loin, des *Sigillaria*, des crinoïdes et des *Orthoceratites*.

Provinces rhénanes et Belgique. — Ici encore nous suivrons les savants qui les premiers ont su distinguer, en 1839 et 1842, les caractères généraux du système et l'ont, comme on l'a dit, si heureusement appliqué à toute l'Europe et au delà. Nous ferons seulement remarquer, avec l'auteur de *Siluria*, que les couches de grauwackes et les schistes qui, dans leur Mémoire de 1839 ainsi que dans le travail paléontologique

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

publié en commun par M. de Verneuil et par nous en 1842, avaient été regardés comme siluriens supérieurs, ont été depuis remontés dans le système dévonien dont ils constituent actuellement les assises inférieures, ainsi que le montre le tableau général (*antè*, p. 389).

D'après cette classification, adoptée par sir R. Murchison et justifiée par les études stratigraphiques de M. de Dechen, comme par les études paléontologiques de MM. Sandberger et Roemer pour les provinces rhénanes et celles de M. de Koninck pour la Belgique, le groupe dévonien inférieur des bords du Rhin comprend des schistes, des grès et des roches quartzeuses subordonnées. Ces roches s'élèvent de dessous toutes les autres en plis nombreux, dans les escarpements qui bordent le Rhin, entre Coblentz et Caub. On y observe des plans de clivage très-prononcés, et les fossiles suivants les caractérisent : *Spirifer macropterus* et *speciosus*, *Terebratula Archiaci*, *Orthis circularis*, *Leptæna plicata*, *Chonetes semiradiata*, parmi les brachiopodes, puis parmi les trilobites les *Phacops laciniatus* (*Cryphæus* id.) et *latifrons*, deux espèces d'*Homalonotus* à épines, et le *Pleurodictyum problematicum*, corps de classe incertaine, qui n'en est pas moins un guide précieux. Les schistes-ardoises de Wissenbach, avec leurs coquilles pyritisées (*Orthoceratites gracile*, *Goniatites compressus*), recouvrent les grès précédents dont ils renferment plusieurs espèces. Ces roches s'étendent dans les provinces de la rive gauche du Rhin arrosées par la Moselle, la Lieser et l'Ahr. Suivant M. de Koninck, les couches correspondantes de la Belgique renfermeraient 23 espèces communes avec les précédentes, un assez grand nombre aussi avec celles du Devonshire, mais aucune n'aurait son analogue dans le système silurien supérieur. C'est d'ailleurs un des plus vastes horizons géologiques connus, car nous le retrouverons dans l'hémisphère austral caractérisé par les mêmes types.

Le *second groupe* comprend des schistes, des grès et des amandes calcaires qui, dominant par places, occupent des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

étendues considérables sur la rive droite du Rhin, d'Elberfeld à Iserlohn, apparaissent à Paffrath et à Refrath, près de Cologne, et représentent le calcaire principal de l'Eifel. Sur la rive gauche, les schistes qui passent aussi sous ce dernier calcaire sont caractérisés par la *Calceola sandalina*, le *Cryphœus* (*Pleuracanthus*) *punctatus*, le *C. stellifer*, les *Spirifer cultrijugatus*, *speciosus* et *heteroclitus* communs à cette région et au Devonshire. Le calcaire de l'Eifel est d'ailleurs l'assise qui donne au système dévonien de ce pays son principal caractère. Le *Strygocephalus Burtini* représente son horizon sur la rive droite du Rhin, aux environs de Bensberg, et les autres fossiles, *Uncites gryphus*, *Davidsonia Verneuili*, *Spirifer undiferus* et *lævicosta*, *Megalodon cucullatus*, *Lucina proavia*, *Murchisonia bilineata*, *Cyathophyllum cespitosum*, *Favosites polymorphus*, *Heliolites piriformis*, sont fréquents partout.

Dans l'Eifel comme dans le Harz, dit M. Murchison, on a trouvé des débris de poissons (*Coccosteus*, etc.) qui, de même qu'en Russie, servent à placer ces roches au niveau de la partie moyenne du vieux grès rouge d'Angleterre. Ce groupe se lie d'ailleurs au précédent par la présence du *Phacops latifrons*, du *Cryphœus punctatus*, des *Spirifer speciosus* et *cultrijugatus*, etc. Il se continue avec le même caractère en Belgique, où il comprend aussi des poudingues. Il correspond aux calcaires de Bradley, de Babbacombe, de Newton-Bushel, de Plymouth (Devonshire).

Le *groupe dévonien supérieur* est fort compliqué dans les provinces rhénanes, et ses quatre ou cinq assises ont reçu des noms particuliers. Dans le duché de Nassau, près de Weilburg, des strates de roches ignées, produits d'éruptions sous-marines contemporaines (*Schaalstein*), alternent avec les bancs calcaires. Sur la limite nord de la Westphalie, où toute la série s'enfonce à stratification concordante sous le système carbonifère, cette partie supérieure est bien caractérisée. Ainsi, au-dessus des calcaires à Strygocéphales viennent des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

schistes et des calcaires avec *Goniatites retrorsus* qui n'ont pas moins de 300 mètres d'épaisseur, puis des schistes rouges à *Cypridina serrato-striata* et des calcaires noduleux de 60 mètres d'épaisseur, dont les cavités lui ont fait donner le nom de *Krammenzel-stein*. L'assise calcaire sableuse avec *Spirifer Verneuili* (*S. disjunctus*) termine la série dévonienne sur les bords du Rhin comme en Belgique. Dans ce dernier pays, les Clymènes, les Goniatites, le *Davidsonia Verneuli*, l'*Avicula Neptuni*, l'*Orthis Dumonti*, la *Rhynchonella cuboides*, le *Cardium palmatum*, le *Receptaculites Neptuni*, y sont très-répandus, et la dernière assise qui borde les bassins houillers est formée de schistes vert olive et bruns avec des calcaires dolomitiques présentant à Manches, Rhines, Huy, Verviers, etc., les fossiles des calcaires de Ferques (Bas-Boulonnais), de Barnstaple, de Pilton, de Baggy-Point (Devonshire).

On conçoit que dans cette région, où manque le groupe silurien supérieur, il n'y ait aucun passage zoologique indiqué dans les couches dévoniennes les plus basses; mais, eu égard à la distribution des fossiles, le système dévonien des bords du Rhin et de la Belgique, dont plus de 450 espèces ont été déterminées, est la contre-partie de celui du Devonshire.

Chaîne du Harz. — Dans le Harz, où nous avons vu les couches siluriennes supérieures bien caractérisées, la colline de Rammelsberg près de Goslar, présente la base du système dévonien (grès à *Spirifer*), tandis que les calcaires et les minerais de fer d'Elbingerode, d'Abtenau, etc., appartiennent au groupe moyen auquel succèdent le supérieur et des assises schisteuses, peut-être même la base du système carbonifère. Les dislocations que les strates de ce massif ont éprouvées à plusieurs reprises rendent d'ailleurs leur détermination chronologique fort difficile.

Dans la Thuringe, la Saxe, la Franconie et quelques pays voisins, le système dévonien, quoique bien étudié, ne présente pas de divisions aussi nettement caractérisées qu'à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'ouest, et, malgré la richesse de sa faune que les recherches du comte de Munster ont fait connaître, ne nous y arrêterons-nous pas, et passerons-nous de suite à l'examen de ses caractères plus à l'est.

Russie. — MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling ont fait remarquer que la vaste étendue occupée par le système dévonien dans le nord de la Russie résultait de la très-faible inclinaison de ses couches et de ce qu'elles ont été très-rarement dérangées. Elles constituent la plus grande partie des collines du Valdaï, occupant une large zone qui se prolonge au N.-E. jusqu'aux rivages de la mer Blanche, au S.-O. dans la Courlande, au delà de Mittau, et qui se recourbe presque à angle droit au S.-E. jusqu'à Voroneje, pour former une sorte de dôme autour d'Orel. Considérés dans leur ensemble, ces dépôts recouvrent les roches siluriennes supérieures de l'Esthonie, les inférieures dans l'Ingrie, et ils sont fréquemment surmontés, à stratification concordante, par les couches carbonifères auxquelles ils passent depuis les bords du lac Onéga jusqu'aux côtes de la mer Blanche.

Indépendamment de beaucoup de mollusques, communs dans les couches dévoniennes de l'Europe occidentale et qu'on retrouve dans celles de la Russie, ces dernières sont surtout caractérisées par l'abondance des poissons, dont un grand nombre reparaissent aussi dans les assises moyennes et supérieures du vieux grès rouge de l'Écosse. Les recherches de M. Pander y ont fait retrouver les *Coccosteus* si caractéristiques et si remarquables, les *Osteolepis*, les *Diplopterus* et les *Dipterus* des dalles de Caithness; et, si l'on y ajoute ceux qu'avaient déjà déterminés et décrits M. Agassiz et M. Owen (*Asterolepis*, *Glyptosteus*, *Bothriolepis*, *Holoptychius nobilissimus*, *Dendrodus strigatus*, *Cricodus*, *Pterichthys*, etc.), tous déjà connus dans la partie moyenne du groupe des îles Britanniques, on acquiert la preuve de la contemporanéité des dépôts dans ces parties opposées de l'Europe.

Il y a de plus ici une certaine concordance entre les carac-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tères pétrographiques des roches et la répartition des fossiles. Ainsi les restes de mollusques abondent surtout dans les bancs calcaires subordonnés aux marnes et aux sables qui renferment les poissons, et, lorsqu'on suit les couches, des provinces baltiques vers Arkangel, les calcaires s'amincissent, puis disparaissent, et le groupe, dans cette direction, n'est plus représenté que par les marnes et les sables. Or, dans les îles Britanniques, l'existence des poissons se lie également au caractère arénacé des roches.

Bien que le système dévonien de la Russie ne représente que les deux divisions supérieures de celui de l'ouest, MM. Kutorga et Pander y ont établi trois coupes locales : l'*inférieure*, composée de grès et d'argiles schisteuses, avec de nombreux poissons, découverts par M. Asmus aux environs de Dorpat et de Tellen, et qui sont ceux de Caithness et d'Elgin; les coquilles y sont rares, sauf les Lingules ; la *moyenne*, comprenant des calcaires, des dolomies, des argiles schisteuses, occupe de grandes surfaces remplies de coquilles et de poissons (*Productus productoides*, *Terebratula livonica*, *Spirifer Archiaci*, *S. Anosoffi*, *Holoptychius nobilissimus*, etc.); la *supérieure* enfin présente des sables rouges et des marnes quelquefois vertes, avec des *Holoptychius* aussi et d'autres poissons. Les bancs calcaires ne sont d'ailleurs qu'un accident local dans une puissante série arénacée et marneuse.

Le système dévonien qui, suivant les études des savants auteurs de la *Géologie de la Russie d'Europe*, forme une bande étroite comprise entre les systèmes silurien et carbonifère du flanc occidental de l'Oural, depuis le parallèle d'Orenbourg jusque vers la source de la Petchora, se prolonge au N.-N.-O., d'après M. de Keyserling, en suivant la chaîne des monts Timans jusqu'à la mer Glaciale, et des fossiles qui le caractérisent ont été trouvés jusque dans la Nouvelle-Zemble.

Turquie. — Nous passerons naturellement de l'Europe en Asie en signalant, sur les deux rives du Bosphore, des roches

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui, regardées d'abord comme siluriennes, ont été rapportées ensuite à la partie inférieure du système qui nous occupe. Les fossiles recueillis par M. P. de Tchihatcheff en 1849 et les nouvelles études de ce savant en 1863 [1] ne permettent plus d'en douter.

A l'exception des roches trachytiques situées à l'embouchure septentrionale du détroit, le système dévonien occupe complétement ses bords, et s'étend en outre du cap Touzla, sur la côte asiatique, à Boghaz-Kevi, au milieu de la Thrace. Les roches sont particulièrement des calcaires de teinte foncée et des schistes argileux plus ou moins redressés. M. de Verneuil [2], qui en a étudié les fossiles, y a reconnu une quarantaine d'espèces, dont les suivantes, les plus répandues, sont aussi communes dans le groupe inférieur des bords du Rhin, de l'ouest de la France et en Espagne : *Homalonotus Gervillei*, *Terebratula Guerangeri*, *Spirifer macropterus*, *S. subspeciosus*, *S. Davousti*, *Atrypa reticularis*, *Orthis Gervillei*, *O. orbicularis*, *Chonetes sarcinulata*, *C. Boblayei*, *Pleurodictyum problematicum*, *Tentaculites ornatus*.

Asie. — En Asie Mineure deux autres lambeaux dévoniens ont été découverts par M. de Tchihatcheff : l'un sur la côte de la Cilicie, entre Sélefké et Kaléderé, est composé de calcaires noirs, souvent cristallins, fortement redressés, remplis de *Spirifer Verneuili* et *macropterus* ; l'autre, dans l'Anti-Taurus, à l'est de Kaïsaria, est composé de schistes argileux et de calcaires qui ont présenté, entre autres fossiles, les *Spirifer Pellico*, *Seminoi*, *Trigeri*, *Archiaci*, l'*Orthis striatula*, les *Productus subaculeatus* et *Murchisonianus*, et un *Cyathophyllum*, qui ont fait penser à M. de Verneuil que ces roches pouvaient représenter ici le groupe supérieur du système.

Dans un travail stratigraphique accompagné d'une carte géologique et de coupes qui semblent avoir été faites avec

1. *Le Bosphore et Constantinople*, p. 495-97, 1864.
2. *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XXI, p. 147, 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

beaucoup de soin, M. Schlehan a décrit, près d'Amasyra, sur la côte de la Paphlagonie, et reposant sur des roches granitiques, des calcaires, des schistes argileux et des grauwackes dont l'ensemble des fossiles, quoique d'une détermination douteuse, indiquerait au moins la présence d'assises dévoniennes et peut-être d'autres systèmes de transition, comme nous le dirons plus loin [1].

Arménie. — Plus à l'est, au pied de l'Ararat, près du couvent de Corverab, M. Abich a découvert des roches avec des fossiles du même âge, et dans l'axe même de l'Elbourz de Perse, entre les vallées de la Nekha et de Touwa, Hommaire de Hell décrit des schistes argileux, des grès et des calcaires qui, dans le monticule qui porte le fort de Touwa, sont remplis de fossiles dont la plupart sont encore ceux de l'Arménie, de l'Asie Mineure et de l'Europe occidentale (*Terebratula concentrica* et *scalprum*, *Spirifer Archiaci* et *Seminoi*, *Orthis devonica*, *orbicularis* et *striatula*, *Productus subaculeatus* et *Murchisoni*) [2].

Sibérie. — Au pied nord de l'Altaï, entre l'Ob et l'Inissey, M. P. de Tchihatcheff signale [3] des lambeaux isolés, quelquefois très-étendus et échelonnés depuis les montagnes jusqu'à la rivière de Katoune, composés de calcaires et de schistes argileux alternants et renfermant les fossiles suivants, qui les rattachent à tout ce que nous venons de voir : *Calymene macrophthalma*, *Productus subaculeatus*, *Atrypa reticularis*, *Orthis devonica*, *Spirifer macropterus* et *Verneuili*, *Cyathophyllum quadrigeminum*, *hexagonum* et *turbinatum*, *Calamopora* (*Favosites*) *gothlandica*, *spongites*, *polymorpha*, *Stromatopora concentrica*, etc. Ces couches se continuent sans doute au N.-E. et doivent se retrouver parmi celles qu'a observées M. A. Erman en s'avançant vers la mer d'Ochotsk.

1. *Zeitschrift der Deutsch. geol. Gesellsch.*, vol. IV, p. 96, 1852.
2. De Verneuil, *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. VII, p. 500, 1850.
3. *Voyage dans l'Altaï oriental*, p. 244, 275, 1845.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Tibet, Himalaya, Chine. — On sait que l'*Atrypa reticularis*, les *Terebratula pugnus*, et *cuboides*, ont été rapportés récemment de Gouchou (Tibet) par M. Thomine Desmazures, et, dans le Pendjab, la Montagne de sel que traverse l'Indus, montre peut-être des dépôts du même âge surmontés de la série carbonifère. Il est peu douteux qu'on ne les retrouve dans l'Himalaya central, au-dessus des couches siluriennes observées par M. Strachey, et, plus à l'est encore, M. Lockhart a rapporté des provinces chinoises, de Tse-chun et de Kwangsi, les *Spirifer Archiaci*, *Verneuili* et *Murchisonianus* (*Cyrthia*), le *Productus subaculeatus*, la *Rhynchonella Hanburii*, la *Crania obsoleta*, la *Serpula omphalodes*, la *Cornulites epitoma*, l'*Aulopora tubæformis*, c'est-à-dire sept espèces sur huit dont les identiques sont des plus communes dans l'Europe occidentale, dans l'Eifel, à Néhou et surtout dans le Bas-Boulonnais. Outre ces fossiles déterminés par M. Davidson, M. de Koninck en avait décrit deux autres espèces provenant d'un calcaire gris argileux de la province de Yuennam, au nord de Canton, la *Terebratula yuennamensis* et le *Spirifer Cheeheil*, très-voisin du *S. speciosus*, et qui, à la Terre de Van-Diemen, a été trouvé associé au *Productus Murchisoni* (*Orthis productoides*).

Amérique du Nord. — Le système dévonien occupe aux États-Unis des surfaces non moins considérables qu'en Russie, circonscrivant les immenses bassins houillers de ce pays, des bords des grands lacs au pied des Appalaches, et partout séparant les roches carbonifères des roches siluriennes. Nous avons vu avec quelle activité et quelle haute intelligence de la science les géologues américains avaient saisi les grands rapports stratigraphiques et paléontologiques de ce système, et comment les savants venus d'Europe les avaient heureusement rapprochés de leurs analogues de ce côté de l'Atlantique; le champ très-restreint dans lequel nous devons nous renfermer ne nous permettant pas d'entrer dans l'exposition de ces innombrables travaux, nous nous bornerons comme

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

précédemment à suivre M. Dana dans l'excellent résumé qu'il en a donné et dont les remarques fort judicieuses peuvent s'appliquer également aux autres régions de la terre[1].

Des cinq groupes établis dans le système dévonien de l'État de New-York, tel que nous l'avons indiqué dans le tableau (*antè*, p. 434), le plus inférieur, celui d'Oriskany, comprend des grès siliceux et des sables argileux jaunâtres et bleuâtres. Quoique peu épais, il s'observe sur une très-grande étendue, depuis la Nouvelle-Écosse jusque dans les États de l'Ouest. Le groupe suivant comprend un grès argileux et brunâtre, désigné sous le nom de *Cauda Galli*, les *grès de Schoharie* et les *calcaires supérieurs d'Helderberg*, fort étendus dans les États de l'Ouest, remarquables par le développement des polypiers qui formaient alors des récifs comme ceux des mers actuelles. Des masses de Favosites parfaitement conservées ont jusqu'à deux mètres de diamètre, et leurs intervalles sont remplis par des polypiers branchus. Jusque dans les régions arctiques on a retrouvé la *Favosites gothlandica*, l'*Heliolites porosa*, le *Cyathophyllum heliantoides*, espèces qui rattachent cette faune à celle du même âge en Europe.

Avec le groupe d'Helderberg commencent à se montrer les poissons, et, parmi les brachiopodes, de petits *Productus*. Parmi les crinoïdes, le *Nucleocrinus Verneuili* représente le type des Pentrémites. Les autres fossiles sont surtout les *Spirifer acuminatus* et *gregarius*, le *Pentamerus aratus*, l'*Atrypa reticularis*, une Calcéole voisine de la *C. sandalina* de l'Europe, et une Lucine ressemblant aussi à la *L. proavia* de l'Eifel, quelques gastéropodes et quelques trilobites.

Les restes de poissons proviennent des grès de Schoharie et d'assez nombreuses espèces du calcaire à silex (ou *cornstone*, pierre de silex corné) des États de l'Ohio, de New-York, d'Indiana, etc. Dans ces silex (*cornstones*) abondent aussi des organismes microscopiques végétaux (desmidiacées).

1. *Manual of Geology*, p. 265, 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Le groupe d'Hamilton, argileux, arénacé et calcarifère par places, atteint 400 mètres d'épaisseur et commence à montrer quelques traces d'une végétation terrestre (*Lepidodendron*, *Sigillaria*, conifères; *Psilophyton*, *Cordaites*), une fougère (*Cyclopteris*), *Sternbergia*. Outre les brachiopodes et surtout les Spirifers ailés (*S. mucronatus*), les premiers céphalopodes du type des Goniatites apparaissent dans la couche de Marcellus. La suture de leurs cloisons est fort simple, mais, contrairement à ce qui se voit d'ordinaire, elles acquièrent des dimensions très-considérables. On y observe aussi des espèces d'Europe, telles que les *Atrypa aspera* et *reticularis*, le *Tropidoleptus carinatus*, puis le *Grammysia hamiltonensis* de l'Eifel. Les trilobites sont le *Phacops bufo* et le *Dalmania calliteles*.

Le groupe de Chemung, argileux, schisteux et arénacé, de 300 à 420 mètres d'épaisseur moyenne et de 900 dans les Appalaches, est très-fossilifère, mais presque toutes les espèces diffèrent de celles du précédent, et les Goniatites offrent déjà des sutures plus compliquées. Dans celui de Catskill, où dominent les roches rouges argileuses ou arénacées, et qui termine la formation, les fossiles sont peu nombreux, les plantes affectent les formes carbonifères. Son épaisseur, ordinairement de 800 à 900 mètres, en acquiert 15 à 1800 sous le système carbonifère des Appalaches, dans la Pennsylvanie et la Virginie.

Observations générales. — M. Dana a fait suivre la description de ces divers groupes de réflexions qui doivent trouver place ici. La période dévonienne, dit-il, a été, comme la précédente, un temps d'oscillations successives, fréquentes et inégales, dans le niveau relatif des terres et des eaux. Dans la région des Appalaches, la puissance des argiles et des grès n'a pas moins de 4500 mètres, tandis qu'à l'ouest les roches, presque toutes calcaires, n'en ont que 150. En Europe il y avait peu de terres émergées; les Pyrénées, les Alpes et quelques autres chaînes ou massifs étaient jalonnés par un certain

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nombre d'îlots : aucun dépôt d'eau douce n'y a été indiqué, non plus qu'en Amérique, et l'Océan salé était presque universel et peu profond.

L'apparition des plantes terrestres et celle des poissons sont les deux faits importants de l'organisme dévonien. Les premières plantes auraient été des conifères et des cryptogames acrogènes (Lycopodiacées, Equisétacées et Fougères), c'est-à-dire les moins élevés des végétaux qui fleurissent et les plus élevés de ceux qui ne fleurissent pas. Ainsi la création commençait par un degré intermédiaire de la série végétale. Les sigillariées, qui reliaient en outre ces deux groupes, imprimaient à toute la flore de ce temps-là une sorte d'uniformité remarquable.

Dans la classe des poissons, ce sont des sélaciens ou Squales et des ganoïdes (placoïdes ou cartilagineux), dont le corps est couvert de plaques ou d'écailles osseuses et brillantes, c'est-à-dire les plus élevés en organisation des trois grandes divisions, et il y en avait de 8 à 10 mètres de longueur. Les ganoïdes surtout, avec les caractères de reptiles, seraient des formes ayant annoncé l'arrivée d'une classe qui ne devait apparaître que plus tard. Ces premiers types s'avancent ainsi déjà vers un organisme plus élevé, et, bientôt après, la faune ichthyologique se montre avec tous ses caractères propres. Ici les *Pterichthys* tiennent beaucoup des Tortues par leurs pattes et les plaques qui les recouvrent; les *Coccosteus*, de quelques reptiles nageurs par la queue plus longue, accompagnée de nageoires au-dessus et au-dessous. D'autres ganoïdes sont des sauroïdes dont les dents ressemblent à celles de vrais reptiles, et présentent, à la jonction de la tête et du cou, un sillon, indice d'un mouvement qui n'existe chez aucun poisson osseux. La structure de la vessie à air, semblable à un poumon, est aussi un caractère des reptiles. Mais les caractères les plus remarquables de l'ancienneté de ces poissons ganoïdes est un squelette cartilagineux et la queue vertébrée, c'est-à-dire que les vertèbres de la colonne dorsale se continuent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jusqu'à l'extrémité de la queue au lieu de s'arrêter à sa naissance comme dans les poissons vivants. La colonne vertébrale se prolongeant dans le lobe supérieur, celui-ci est plus grand que l'inférieur, d'où le nom de poissons *hétérocerques* donné à cet ancien type, par opposition à ceux dont les lobes sont égaux, et qui sont désignés par le nom d'*homocerques*.

Parmi les invertébrés de nouveaux genres apparaissent dans d'anciennes familles : les *Productus*, parmi les brachiopodes, les *Goniatites* parmi les céphalopodes, pour s'éteindre à leur tour dans la période carbonifère. Le *Nucleocrinus*, l'un des plus anciens crinoïdes du groupe des *Pentremites*, type essentiellement carbonifère, prend un contour elliptique précédant la forme pentagonale propre aux dépôts suivants.

D'un autre côté on voit disparaître, ou s'atténuer extrêmement, les cystidées à la fin du grès d'Oriskany, comme en Europe avec les calcaires de l'Eifel. Il en est de même des *Favistella*, *Heliolites*, *Atrypa*, *Calceola*, *Strygocephalus* et d'autres brachiopodes. Les trilobites, après avoir fourni plus de 600 espèces, réparties dans un grand nombre de genres, se terminent presque avec l'ère dévonienne, où toutes les anciennes formes ont disparu.

Les modifications qu'ont éprouvées les caractères d'un genre donné ne sont pas moins dignes d'attention. Ainsi les Spirifers, petits et étroits dans le système silurien, deviennent ici larges, ailés, plus transverses et fort abondants pour se continuer dans la période carbonifère, tandis que les *Productus*, encore rares et de petites dimensions, prendront par la suite un accroissement et un développement énormes.

Mais ces changements, poursuit M. Dana (p. 304), ne consistent pas dans des variations graduelles des anciennes espèces; celles-ci sont essentiellement constantes dans leurs caractères; les modifications ne se manifestent que dans la succession des espèces, les dernières créées différant de celles qui les avaient précédées sans qu'on puisse observer de passages entre elles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Aux genres déjà connus dans l'ère silurienne comme ayant des représentants de nos jours, il faut ajouter seulement les Nucules, les vraies Térébratules, et peut-être les Arches; tous les autres se sont éteints avant l'ère actuelle.

Dans le Canada oriental, la Nouvelle-Écosse et le Maine, des dislocations locales semblent avoir produit des discordances entre les couches siluriennes et dévoniennes d'une part et la série carbonifère de l'autre; dans les États de l'Ouest le calcaire carbonifère a participé à ces dérangements; dans diverses parties de l'Europe, on en a également signalé, mais le fait général est que les couches carbonifères inférieures et les dépôts sous-jacents dévoniens et siluriens sont concordants sur presque toute la surface de la terre. L'époque de transition n'a pas été une époque de grands bouleversements, d'apparitions de grandes chaînes; il y a seulement eu dans les niveaux de larges oscillations, qui n'ont occasionné aucune perturbation violente dans l'état extérieur des choses.

Amérique méridionale. — Alc. d'Orbigny a signalé comme pouvant être dévonien, le long du plateau oriental de la Bolivie, au nord de la Paz et de cette ville à Oruro, un système de grès gris qui semble être surmonté par la série carbonifère; M. D. Forbes, dans le travail précité (*antè*, p. 440), indique aussi des grès blancs et jaunes, des argiles schisteuses placées au-dessus et à l'ouest des roches siluriennes du massif de l'Illampu, de même qu'à l'ouest de Viocha, dans une autre coupe. Les fossiles cités sont peu concluants, puisque ce seraient des *Orthis*, voisins des *O. resupinata* et *Michelini*, qui sont des espèces carbonifères, puis le *Phacops latifrons* (*P. bufo*, Green), trouvé non en place, le *P. Pentlandi*, recueilli en 1827 par M. Pentland à Aypatchi (Bolivie), et dont le gisement est douteux. Des 7 espèces regardées par Alc. d'Orbigny comme dévoniennes, 4 sont certainement des formes plus récentes que celles de la période silurienne : ce sont la *Rhynchonella peruviana*, le *Spirifer boliviensis*, le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

S. Quichua et l'*Orthis Inca*, provenant de Quichua et de Chuquisaca; les trois autres sont de Cochabamba.

Iles Falkland. — M. Ch. Darwin [1], qui a fait connaître la constitution géologique des îles Falkland ou Malouines, à l'est du détroit de Magellan, les décrit comme composées de schistes argileux ou grauwackes, et de grès ou quartzites passant d'une texture arénacée à des masses d'un blanc pur, grenues et cristallines. Ces roches présentent des plissements et des contournements remarquables; divers systèmes de clivages les divisent suivant des plans très-variés, et elles constituent des chaînes nombreuses dont l'élévation atteint de 600 à 750 mètres. Les fossiles, étudiés par MM. J. Morris et D. Sharpe, semblent devoir appartenir à la période dévonienne inférieure. Le *Chonetes falklandica*, très-voisin du *C. sarcinulata*, est le fossile le plus répandu; il y a 2 autres espèces de ce genre, 3 Spirifers d'aspect dévonien, 1 Orbicule, 1 Avicule, un fragment de trilobite et des crinoïdes.

Sud de l'Afrique. — La pointe méridionale du continent africain devait à sa position d'être souvent visitée par des voyageurs géologues, et en effet, depuis la description de Clark-Abel (1819), les recherches du Dr Smith, de W. B. Clark, de Charters, de V. Jacquemont, d'Itier, etc., ont fourni des détails intéressants sur cette contrée; mais nous ne nous arrêterons qu'aux plus récents et aux plus complets, dus à M. A. G. Bain, dont nous avons déjà parlé (*antè*, p. 443) [2].

C'est au-dessus du grand système de grès et de conglomérats de la montagne de la Table, que viendraient seulement, en stratification concordante, diverses assises fossilifères, savoir : des grès ou roches micacés, tendres, de diverses teintes, avec de petits trilobites, etc., des grès à Spirifers, avec de grands trilobites, des *Conularia*, des Bellérophes, etc., des couches micacées à *Homalonotus*, enfin des grès rouges

1. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 267, 1846.

2. On remarquera que dans la liste des voyageurs donnée par M. Bain (p. 176 du Mémoire), les noms des voyageurs français ont été omis.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

très-puissants avec cailloux de quartz et ressemblant beaucoup au grès inférieur sans fossiles de la montagne de la Table. C'est ce grès qui constitue les montagnes du Cedar-Berg, de Cold Bakkeveld et de Warteberg, atteignant 2000 mètres d'altitude. Sur leurs flancs s'étendent des grès et des schistes plus élevés dans la série, mais renfermant les mêmes fossiles, suivant M. Bain. Ils disparaissent sous des porphyres argileux, stratifiés à ce qu'il semble, et qui marqueraient la séparation des roches de transition et secondaires. Dans toute cette série le calcaire manque.

MM. Sharpe et Salter, qui ont soumis à un examen scrupuleux les fossiles recueillis par M. Bain et ses prédécesseurs, n'ont trouvé aucune espèce déjà connue dans l'hémisphère nord, tandis que 5 ont leurs identiques dans les schistes des îles Falkland (*Spirifer antarticus, Orbignyi, Orthis palmata, Strophomena Sullivani, Orbicula Bainii*). Ainsi les formes australes sont entre elles comme les formes boréales que nous avons pu suivre dans tout l'hémisphère nord.

Des 32 espèces décrites (2 *Spirifer*, 1 *Orthis*, 1 *Terebratula*, 2 *Strophomena*, 2 *Chonetes*, 1 *Atrypa*, 1 *Orbicula*, 10 ou 11 acéphales, 2 Conulaires, 1 *Bellerophon*, 1 *Theca*, 6 trilobites, dont l'*Homalonotus Herschelii*, 1 *Phacops*, dont 1, l'*africanus*, avait été pris pour le *Calymene Blumenbachii*, 1 *Tentaculites*, 1 *Serpulites* et 2 crinoïdes), il résulte que l'ensemble des formes connues et l'association des divers genres dénotent une faune essentiellement dévonienne.

M. R. N. Rubidge, dans une note de quelques pages[1], a cru pouvoir modifier profondément la classification et la carte géologique de M. Bain, mais il faudrait un travail plus étendu et surtout de nombreuses coupes pour appuyer ses assertions.

Australie. — Le développement des séries siluriennes et carbonifères dans l'Australie doit y faire soupçonner entre

1. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XXI, p. 437, nov. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

elles un représentant de celle qui vient de nous occuper ; mais il ne semble pas qu'elle y ait encore été bien caractérisée par ses fossiles.

§ 4. SYSTÈME CARBONIFÈRE.

De tous les termes de la série géologique le système carbonifère est sans doute le plus important au point de vue économique et industriel ; les approvisionnements de combustibles mis en réserve par la nature ont servi à la civilisation moderne comme un levier puissant ; leur exploitation a réalisé et dépassé les prévisions de Buffon, et c'est un sujet qui n'est pas moins digne de l'attention de l'homme d'État et de l'administrateur que de tout l'intérêt du géologue. Mais c'est à ce dernier titre seulement que nous avons à le considérer ici, et pour donner une idée de la composition des dépôts, de leur extension, de leur épaisseur relative, des animaux et des végétaux qu'ils renferment, en un mot du rôle qu'ils jouent dans l'ensemble des formations, nous devrons suivre la même marche que pour les systèmes précédents, dont ils ne sont que la continuation dans l'ordre des temps.

Le tableau (p. 389) montre que ce système se compose de trois groupes principaux : l'un, *inférieur*, reposant sur le système dévonien et essentiellement calcaire, c'est le *calcaire carbonifère*, désigné aussi sous le nom de *calcaire de montagne* (*mountain limestone* des géologues anglais) ; l'autre, *moyen*, est un grès ou psammite appelé grès à meules (*millstone grit*) ; le troisième, le *groupe houiller* proprement dit, comprend des argiles schisteuses, des grès, des poudingues ou conglomérats avec des bancs ou lits subordonnés de charbon bitumineux (houille) ou non bitumineux (anthracite). On peut en général considérer ces deux derniers groupes comme plus

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

intimement liés entre eux qu'avec le premier, d'autant plus que le second, peu constant, est souvent plus ou moins atténué, et l'on n'a alors que deux groupes, un *supérieur* et un *inférieur*.

Iles-Britanniques. — *Groupe inférieur* ou *calcaire*. Dans le sud du pays de Galles on trouve, entre le vieux grès rouge et le groupe houiller, une série d'argiles schisteuses, de calcaires, de psammites et de grès affleurant sur les bords du bassin. Dans le Shropshire et le Flintshire, au nord, les calcaires sont plus fréquents, et ils le deviennent de plus en plus dans le Derbyshire, le Yorkshire, le Northumberland, puis dans les comtés du centre et du sud de l'Écosse, tandis qu'ils manquent complétement, comme le système dévonien, autour de Dudley, où la houille repose sur le système silurien [1].

Dans le pays de Galles ce groupe a 600 mètres d'épaisseur, et ne renferme point de charbon; il en est de même en Irlande. Dans le Pembrockshire, il a été fortement disloqué, comme tout ce qui vient au-dessus; d'autres fois, des trapps ont traversé toutes les couches sans y produire de dislocation apparente. Dans le Yorkshire, M. J. Phillips a montré l'existence d'un premier calcaire (*great scar limestone*), de 150 à 300 mètres d'épaisseur, et, plus à l'ouest, d'une alternance de calcaires et d'argiles (*yordale series*) de 300 mètres environ, le tout surmonté par 240 mètres de millstone grit.

Dans les assises moyennes du groupe du Northumberland et du sud du Berwikshire, se montre la *Posidonomya Becheri*, fossile caractéristique du même horizon dans le *calp* d'Irlande, le *culm* du Devonshire, les schistes argileux et siliceux des provinces rhénanes. Aux environs d'Édimbourg, l'assise supérieure a présenté, dans les exploitations de Burdie-House, de nombreux poissons (*Holoptychius Hibberti*, *Palæoniscus Robinsoni*, *Pygopterus Bucklandi*, *Uronotus crenatus*, *Megalichthys Hibberti*), des bivalves voisines des *Unio*

1. Sir R. I. Murchison, *in Silurian system*, p. 465. — *Siluria*, p. 307.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

(*Anthracosia*) et des *Cypris* ou des cythéridées annonçant un dépôt au moins d'eau saumâtre, si ce n'est tout à fait d'eau douce. L'assise placée au-dessus et qui fournit les bancs de houille les plus riches du pays est au contraire exclusivement marine. Tous les calcaires alternant avec le charbon, l'argile et les grès sont remplis de fossiles du calcaire carbonifère ; ils sont le gisement particulier des houilles exploitées dans le sud de l'Écosse, et plus anciens évidemment que le groupe houiller proprement dit de l'Angleterre.

En Irlande, au contraire, où le groupe est très-puissant, il ne renferme aucun charbon exploitable, si ce n'est dans le comté de Cork. Il est exclusivement marin, et les recherches de M. Griffith, jointes aux études de M'Coy, y ont fait connaître 500 espèces de fossiles dont un certain nombre serait commun à la faune dévonienne.

Groupe supérieur. Les parties supérieures du système, dit sir R. Murchison, ne semblent pas s'être déposées partout dans les mêmes conditions. Ainsi, en France et en Allemagne, un phénomène physique particulier aurait fait succéder des dépôts d'eau douce à des dépôts marins. Les calcaires précédents auraient été disloqués, puis soulevés, et dans les dépressions ainsi produites se seraient accumulés, comme dans des marais et des lacs d'eau douce, les sables, les vases, les argiles et les végétaux qui ont ensuite formé les lits de charbon. Cependant en Angleterre, où le phénomène n'a point laissé de traces, les mêmes changements dans les conditions extérieures ne se sont pas moins produits, et partout, dans le bassin méridional du pays de Galles, on ne voit que d'immenses accumulations de sédiments fluviatiles ou lacustres. Sur une épaisseur totale de 3600 mètres, une centaine de lits de charbon se voient disséminés à divers niveaux. Chaque lit repose sur une couche particulière d'argile très-fine (*under clay*), remplie de *Stigmaria* ou racines de *Sigillaria*, l'une des plantes qui sans doute ont le plus contribué à la formation de la houille.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Cette formation, suivant toute probabilité, a eu lieu dans des circonstances différentes de celle des bancs de charbon alternant avec les couches à fossiles marins du groupe inférieur. Dans le premier cas, qui est le plus général, on peut admettre de grandes oscillations du sol qui ont alternativement immergé et émergé de vastes surfaces marécageuses et tourbeuses, couvertes de riches végétations dont les débris s'ensevelissaient et s'accumulaient successivement sous les sables et les vases, tandis que dans le second on doit supposer que les plantes étaient transportées par de grands cours d'eau, puis déposées à l'embouchure ou sur les côtes voisines où elles pouvaient former des bancs alternant avec des couches de coquilles marines. Telle serait l'origine ou le mode de formation des houilles de l'Écosse, de celles du Donetz, dans le sud de la Russie, et d'autres localités.

Les dépôts houillers d'Angleterre sont compris dans une bande courant au N.-N.-E., du pays de Galles à la côte du Northumberland. Les principales régions qu'ils occupent sont la partie sud du pays de Galles, les environs de Bristol, les petits bassins du centre; au nord, le bassin du Lancashire, que limitent Manchester et Liverpool, puis celui du Flintshire; à l'est celui du Yorkshire, des environs de Leeds, de Sheffield, et, le long de la côte, celui de Newcastle. En Écosse, ces mêmes dépôts sont compris entre le pied des Grampians au nord et les montagnes de Lammermuirs au sud. En Irlande, il y a plusieurs grandes régions carbonifères : celles d'Ulster, de Connaught, de Leinster et de Munster.

Le charbon est exploité par des travaux réguliers, descendant souvent à de grandes profondeurs. Ainsi, dans le bassin de Newcastle, il y a des mines qui atteignent 456 et 540 mètres au-dessous de la surface du sol; dans le Yorkshire, 300; à Whitehaven le fond des exploitations est beaucoup au-dessous du niveau de la mer. Le charbon des Iles-Britanniques est ordinairement bitumineux ou semi-bitumineux. L'anthracite existe dans le sud-ouest du pays de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Galles et en Irlande, mais sans atteindre la pureté de celle de la Pennsylvanie [1].

Si nous jetons un coup d'œil sur la faune du calcaire carbonifère, nous verrons qu'aux poissons déjà cités il faut ajouter les *Gyracanthus formosus* et *tuberculatus*, semblables à de grands Squales, les *Ctenacanthus*, les *Cestracions*, les *Psammodus*, *Cladodus*, *Cochliodus*, *Diplodus*, *Helodus* et le *Megalichthys Hibberti* qu'on observe dans toute la hauteur de la série; en tout plus de 70 espèces, et dont les dents, les os et les plaques plus ou moins roulés, constituent une couche particulière près de Clifton, sur l'Avon, et d'Armanagh en Irlande. Ici finissent les crustacés de la famille des trilobites, représentés par ses derniers genres, *Phillipsia*, *Griffithides* et *Brachymetopus*. Les céphalopodes montrent encore quelques Orthocératites (*O. laterale*), des Goniatites (*G. crenistria* et *evolutus*); les hétéropodes, le *Bellerophon costatus*; les gastéropodes, les *Euomphalus pentangulatus* et *calyx*, le *Pleurotomaria carinata*; les brachiopodes, la *Terebratula hastata*, les *Spirifer trigonalis*, *glaber*, *striatus* et surtout le *S. rotundatus*; le genre *Productus* prend ici, comme partout en Europe, en Asie, en Amérique et en Australie, des dimensions considérables (*P. giganteus*, *antiquatus*, *Martini*, *punctatus*, *hemisphæricus*, *scabriculus*, etc.). Les crinoïdes ne sont pas moins caractéristiques, et certains radiaires annoncent le type des échinides *tessellés* (*Palæchinus* et *Archæocidaris*), caractérisé par des rangées de plaques interambulacraires, plus nombreuses que dans ceux des autres terrains. Les polypiers sont également représentés par de nombreux genres (*Lithostrotion*, *Zaphrentis*, *Amplexus*, *Cyathophyllum*, etc.).

1. L'exploitation de la houille en Angleterre s'est élevée en 1864 à 93 millions de tonnes, dont 9 1/2 pour 100 ont été exportés. Les calculs de sir W. Armstrong ont montré que, si l'accroissement de la consommation suit la même proportion de 2 millions 3/4 de tonnes par an, les ressources connues du pays seront épuisées dans un peu plus de deux siècles (R. I. Murchison, *Address to the geol. sect. of Brit. assoc. at Birmingham*, août 1865).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans la faune suivante, celle du groupe houiller, les trilobites sont remplacés par le genre *Limulus* des mers actuelles (*L. rotundatus*), provenant des couches houillères du Staffordshire, un grand *Eurypterus*, le *Pygocephalus Cooperi*, peut-être un *Apus*, des amphipodes, etc.

Des bivalves rappelant les *Unio* (*Anthracosia acuta*), des insectes voisins des *Corydalis* d'Amérique, qui ont laissé leurs traces au milieu de marnes et d'argiles renfermant des plantes terrestres associées à des coquilles turbinées (*Spirorbis*), peut-être aussi des formes de Cyclades, viennent prouver l'origine lacustre de la plupart de ces dépôts. Avec une flore annonçant également une végétation terrestre, on devait soupçonner l'existence d'animaux respirant l'air en nature; en effet, les restes de *Parabatrachius Colei* et d'*Anthracosaurus Russelli* du Lanarkshire (Écosse) qui atteignait plus de 2 mètres de long, de l'*Anthrakerpeton* du Glamorgan, ceux de *Loxomma Allmanni*, de *Pholidogaster pisciformis* du bassin houiller d'Edimbourg et surtout ces nouveaux genres que les exploitations de Jarrow, dans le comté de Kilkenny (Irlande) [1], ont récemment fait découvrir, confirment cette prévision, comme ceux que nous verrons signalés aussi dans d'autres pays.

France. — La formation carbonifère, parfaitement étudiée en France, y a été l'objet de nombreux et importants travaux, et il suffit de jeter un coup d'œil sur la *Carte géologique* de notre pays, due aux longues et savantes

1. M. Huxley, qui a étudié ces curieux fossiles, les a désignés sous les noms génériques de : *Urocordylus, Ophiderpeton, Ichthyerpeton, Keraterpeton*, et *Lepterpeton*. Ce sont des reptiles labyrinthodontes comme les précédents, avec de nouveaux caractères et sans apparence d'appareil branchial modifié comme dans les *Archegosaurus*. Ils ont dû vivre dans les marais où végétaient les grandes fougères et les *Sigillaria* de cette époque (*The geol. magaz.*, 1866, p. 85 et 170). Tous les labyrinthodontes jusqu'alors connus avaient la forme de Salamandres; l'*Ophioderpeton* avec un corps de serpent représenterait les *Cœcilia* ou les *Amphiuma* des batraciens actuels.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

recherches de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, pour avoir une idée exacte de la distribution de ces dépôts à la surface du sol. Le chapitre VII du tome I de l'*Explication* de cette carte est un exposé succinct de tout ce que l'on savait lors de sa publication (1841) sur cette partie importante de la richesse nationale. Chaque zone ou chaque bassin est décrit avec beaucoup de clarté et de méthode, et les considérations théoriques ou d'avenir qui s'y rattachent sont présentées avec une grande supériorité de vue.

La distribution superficielle des dépôts houillers de la France est coordonnée au relief des massifs montagneux du Limousin et de l'Auvergne, de la Bretagne, de l'Ardenne, des Vosges, des Maures et de certaines parties des Pyrénées et des Alpes. Le faible développement relatif des dépôts dans ces dernières chaînes ou dans leur voisinage, et le petit nombre d'exploitations qui se rattachent à la Bretagne et aux Vosges rendent cette répartition fort irrégulière et comme sporadique.

La plupart des gisements houillers, groupés autour des montagnes anciennes du centre de la France, sont compris dans une sorte de triangle irrégulier dont la base, placée à l'est, s'étendrait d'Alais à Autun, et le sommet serait situé à la limite commune des départements du Lot, du Cantal et de la Corrèze. Les gisements qui avoisinent la base du triangle, tels que ceux du Creusot, de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, d'Alais et de Saint-Ambroix, sont considérables et, se trouvant près de canaux ou de rivières navigables, peuvent répandre leurs produits au loin; il n'en est pas de même de ceux qui sont compris dans l'intérieur du massif.

Ces dépôts houillers, quoique contemporains, peuvent, sous le rapport des circonstances de leur formation, être rangés dans deux classes distinctes. Les uns, compris dans des bassins circonscrits, sont comparables à des lacs comblés; les autres, résultant de causes beaucoup plus générales, ont été formés dans des mers ouvertes, et montrent, par leur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

étendue comme par leur épaisseur, les caractères de sédiments pélagiques accumulés le long des côtes; ils se présentent alors par bandes ou zones simulant d'anciens rivages. Les dépôts du centre de la France rentrent généralement dans la première classe, ceux du nord dans la seconde. Mais, à l'exception de la présence des calcaires marins dans les uns et de leur absence dans les autres, puis de différences dans la nature des poudingues, nécessairement en rapport avec celles des roches environnantes, leur composition est à peu près identique.

On peut remarquer, cependant, que les divers bassins diffèrent, quant à l'épaisseur relative des couches de grès et de schistes, par la texture de ces mêmes grès, par la grosseur de leur grain, par la qualité de la houille et par sa puissance. Ainsi le bassin de Saint-Étienne renferme jusqu'à 13 couches de houille ayant ensemble une épaisseur totale de 35 mètres, tandis que le bassin de Quimper n'en a offert que des veines inexploitables. Le fer carbonaté des houillères, si abondant dans certains districts d'Angleterre, est rare en France où le bassin de l'Aveyron en contient cependant des couches susceptibles d'être exploitées avantageusement.

La surface de la France occupée par les dépôts de cette période est évaluée à 280,070 hectares, répartis dans 30 de nos départements, parmi lesquels celui du Nord en compte à lui seul 49,248, celui de Saône-et-Loire 42,798, celui de la Loire inférieure 29,030, celui du Gard 26,888, celui de la Loire 20,899, etc. Sans doute ce développement, eu égard à la superficie totale de notre pays (53,000,000 d'hect.), est loin d'égaler celui des dépôts houillers de l'Angleterre et de l'Écosse qui est de 1,572,641 hect. pour une superficie territoriale beaucoup moindre (31,000,000 d'hect.); mais les recherches géologiques n'ont pas encore dit chez nous leur dernier mot, et déjà, depuis la publication de l'ouvrage auquel nous avons emprunté ces données, de nouvelles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sources de richesses en combustible ont été ouvertes à l'industrie [1].

La formation carbonifère, superficiellement parlant, est donc beaucoup moins développée en France qu'en Angleterre et en Belgique, et longtemps on a cru qu'excepté dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, où les couches sont le prolongement de celles de ce dernier pays, elle était aussi beaucoup moins complète. On pensait que le groupe inférieur ou calcaire carbonifère n'y était pas représenté, mais des recherches récentes l'ont fait reconnaître par ses fossiles caractéristiques dans une multitude de localités.

Dès 1839, M. Murchison regardait la houille exploitée dans le calcaire du Bas-Boulonais comme appartenant au groupe inférieur, de même qu'en Écosse, et reposant sur le groupe dévonien supérieur. Dans le même temps, M. de Verneuil reconnaissait aussi le calcaire carbonifère dans celui que l'on exploite à Sablé (Sarthe), où l'on avait trouvé les *Euomphalus pentangulatus* et *calyx* avec de gros *Productus*. D'autres observations et surtout la coupe de Sillé-le-Guillaume à cette même localité, qui avait si bien montré les relations des systèmes inférieurs, firent voir en outre, de la manière la plus nette, que les couches carbonifères, recouvrant au contraire le groupe dévonien inférieur, étaient composées de bas en haut 1° de grès, de schistes et d'anthracite, 2° de calcaire avec *Productus gigas*, *Chonetes comoides*, etc., 3° de schistes avec anthracite, etc., exploité à Poillé, Fercé, Juigné, la Basouge, etc. A Saint Pierre-la-Cour, entre Laval et Rennes, le groupe houiller supérieur recouvre

1. La production de la houille en France a doublé dans chaque période de 15 années ou à peu près; ainsi elle était de 250,000 tonnes (de 1000 kilogr.) en 1789, de 950,000 en 1815, de 1,800,000 en 1830, de 3,700,000 en 1843, de 7,900,000 en 1859, et de 11,000,000 en 1864 ou 1/8 de la production de l'Angleterre. Si cette progression continue chez nous comme dans les Iles-Britanniques, deux ou trois siècles doivent aussi suffire pour épuiser toute notre réserve de combustible.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

transgressivement le groupe inférieur, particularité signalée par MM. Sedgwick et Murchison près de Hof en Bavière.

Au nord, dans le Cotentin, les deux groupes s'observent également, mais dans des localités différentes et sans relation directe. Les calcaires occupent le fond de la petite vallée de la Malfiance, au sud-ouest de Coutances, reposant sur des roches cambriennes. M. Eug. Deslongchamps, en 1854, et ensuite M. Bonissent, y ont reconnu les fossiles les plus caractéristiques de ce niveau. Quant au groupe houiller, il occupe, comme on sait, les petits bassins de Littry et du Plessy creusés aussi dans des schistes ou phyllades du système cambrien.

Si nous redescendons au sud, entre Roanne et Lyon, des roches schisteuses et quartzeuses, d'aspect cristallin, ont présenté à MM. de Verneuil et Jourdan le *Productus Cora*, le *Chonetes papilionacea*, le *Spirifer bisulcatus*, l'*Orthis crenistria*, la *Goniatites diadema*, etc. Sur le prolongement de cette chaîne, de Thiers à Cusset, près de Vichy, sur les rives du Sichon, les schistes traversés par des porphyres et des roches syénitiques ont été reconnus par M. Murchison, d'après leurs fossiles, pour être carbonifères. Enfin plus au sud encore, dans cette localité de Neffiez déjà signalée au sud-ouest de Montpellier, quelques bancs remplis de *Productus gigas* et *reticulatus*, d'*Euomphalus acutus*, de *Caninia gigantea*, et surmontés de houille exploitée, ne laissent aucun doute à M. de Verneuil que ce ne soient des représentants du calcaire carbonifère, malgré quelques interversions stratigraphiques non encore expliquées, mais qui ne peuvent infirmer les conclusions déduites des fossiles, pas plus ici que pour les couches à anthracite et à empreintes végétales de la Tarantaise.

Espagne. — Comme pour la plupart des autres termes de la série, c'est aux travaux récents de MM. Paillette, de Verneuil, Casiano de Prado et Schulz que l'on doit la connaissance du système carbonifère de l'Espagne, si développé surtout

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans la chaîne cantabrique. Les assises inférieures sont des calcaires caractérisés par le *Productus semireticulatus*, le *Spirifer mosquensis*, la *Fusulina cylindracea*; au-dessus, des lits de houille commencent à alterner avec des bancs de calcaire comme en Écosse et dans les autres localités que nous venons de citer. A ces couches succèdent des grès d'une puissance de 3000 mètres, représentant le *millstone grit* avec de nombreux lits de charbon presque toujours verticaux. Les calcaires de la base forment les parties les plus élevées de la chaîne, tel que le Pic d'Europe mesuré par M. C. de Prado qui lui assigne 2650 mètres d'altitude.

La même formation règne sur les pentes de la Sierra-Morena où les calcaires sont toujours caractérisés par les *Productus*, et la houille est exploitée dans les grès et les conglomérats placés au-dessus (Villa-Nueva del Rio, Belmes) au nord de Cordoue, etc. Quelles que soient d'ailleurs la direction et l'inclinaison des roches siluriennes, dévoniennes et carbonifères inférieures de la péninsule, on doit reconnaître que toutes ont été soulevées en même temps, et que toutes ont participé aux mêmes dislocations.

Portugal. — On a déjà vu qu'il en avait été de même aux environs d'Oporto, où des relations très-compliquées des couches à empreintes végétales carbonifères avaient d'abord fait méconnaître leur véritable niveau.

Sardaigne. — Au-dessus des couches siluriennes de la Sardaigne méridionale et en stratification discordante les recherches de A. de la Marmora et les déterminations spécifiques de M. Meneghini ont fait connaître, à Seni et à Sculo, des couches d'anthracite avec des empreintes de plantes caractéristiques de la formation qui nous occupe (*Pecopteris*, 5 espèces, *Odontopteris*, *Neuropteris*, *Sphenophyllum*, *Annularia*, *Asterophyllia*, etc.)

Les Apennins et les Alpes. — On sait également que MM. Meneghini et Paolo Savi ont retrouvé, dans les schistes et les poudingues, désignés souvent dans les Apennins et les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Alpes sous le nom de *verrucano*, des empreintes de plantes de l'époque carbonifère avec le *Productus semireticulatus*, et d'autres fossiles contemporains, particulièrement à Jano. Les environs de Bleiberg en Carinthie ont également présenté des fossiles carbonifères, et les gisements de la zone à anthracite avec empreintes de plantes des Alpes occidentales, depuis Valorsine à travers la Savoie et la Tarantaise, prouvent encore l'extension des dépôts de cette période, comme leur position autour de la base du Mont-Blanc et au sud-ouest de ce point jusqu'en Dauphiné démontre les immenses dislocations qui ont occasionné leurs rapports si compliqués avec les couches secondaires de cette région.

Belgique et Provinces rhénanes. — La formation carbonifère de la Belgique, qui a une si grande importance industrielle, n'en a pas moins sous le rapport scientifique. Ses caractères avaient été déjà bien indiqués il y a plus d'un demi-siècle par M. d'Omalius d'Halloy, mais elle a trouvé depuis, dans A. Dumont, un géologue éminent qui, dès 1830, en exposait tous les accidents stratigraphiques avec une rare habileté, et dans M. de Koninck un paléontologiste non moins distingué qui en a fait connaître les faunes. Les dépôts carbonifères de ce pays, dit le premier de ces savants, forment un ensemble de bassins inégaux en dimension, remplissant les dépressions des couches dévoniennes entre l'Escaut et la Roer, pour se prolonger sur les territoires français et prussien, depuis les environs de Valenciennes jusqu'à Aix-la-Chapelle. On peut y distinguer les trois groupes qui constituent le système là où il est le plus complet.

Le groupe inférieur ou calcaire, le plus étendu des trois, reposant sur les dernières couches dévoniennes dont il suit toutes les ondulations, est particulièrement connu aux environs de Tournay, de Soignies et des Écaussines où il est exploité comme marbre, ainsi qu'à Namur, à Dinant, puis à Visé, au nord-est de Liége. La discontinuité ou la difficulté de suivre cet horizon d'un bout à l'autre de la zone a fait naître

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

quelques discordances dans les conclusions déduites des résultats paléontologiques. Lorsque l'on compare en effet la faune de Tournay qui renferme 308 espèces avec celle de Visé qui en comprend 430, on trouve entre elles des différences qui peuvent autoriser certaines incertitudes sur leur contemporanéité. D'un autre côté les recherches plus récentes, faites aux environs de Dinant avec une grande sagacité par un jeune géologue, M. E. Dupont, tendant à distinguer, dans ce même groupe, six horizons de fossiles stratigraphiquement et minéralogiquement distincts, nous prouvent la richesse et la variété de l'animalisation dans la mer de cette période, et doivent nous faire suspendre tout jugement définitif sur cette question.

Le groupe moyen est ici caractérisé par la présence de phtanite, de schistes et d'ampélite exploitée à Chokier pour la fabrication de l'alun. Les fossiles peu nombreux sont des poissons, des Orthocératites, des Goniatites, un *Productus*, une Lingule, etc.

Dans le groupe houiller ou supérieur, les couches de charbon sont en nombre et d'épaisseur variables suivant les bassins; dans celui de Liége, on en compte jusqu'à 85. Mons, Charleroi et Liége sont les principaux centres d'exploitation [1].

On y cite une Goniatite, un *Chonetes*, 21 espèces de bivalves réunies dans le genre *Anthracosia*, et 146 espèces de plantes. C'est dans des rognons des argiles ferrugineuses supérieures du bassin de Saarbrück que furent découvertes les premières traces de quadrupèdes ayant respiré l'air en nature. C'étaient des reptiles décrits en 1847 par Goldfuss sous les noms d'*Archegosaurus Decheni*, *medius et minor*, reconnus depuis pour appartenir à une seule espèce et qui paraissent avoir été intermédiaires entre les batraciens et les lézards actuels. Placés d'abord dans l'ordre des labyrinthodontes, et séparés ensuite de ceux-ci, la structure de leurs dents est

1. La production annuelle de ces exploitations est d'environ 10 millions de tonnes sur une étendue superficielle de 150,000 hectares moitié moindre que celle des bassins houillers de la France, qui en comprennent aujourd'hui 300,000.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

beaucoup moins compliquée que celle des *Mastodonsaurus*. L'*Apateon pedestris* trouvé en 1843 à Munster-Appel et qui serait encore un *Archegosaurus*, l'*A. latirostris* des environs de Bonn, et le *Sclerocephalus* sont encore des reptiles du même groupe et du même horizon géologique.

Sur les bords du Rhin comme en Belgique, dit M. Murchison, la série carbonifère succède clairement à la série dévonienne. Le calcaire inférieur y repose sur les schistes à *Spirifer Verneuili*. Ces roches s'amincissent vers le nord-est; elles finissent vers Ratingen et sont au delà moins calcarifères, mais toujours caractérisées par la *Posidonomya Becheri* qui marque constamment le milieu du groupe. C'est l'horizon du *culm* du Devonshire au-dessus duquel vient seulement le millstone grit ou la *grauwacke la plus récente* des géologues allemands.

Allemagne centrale. — Sans nous arrêter davantage aux caractères du système carbonifère dans l'Allemagne centrale, dans le duché de Nassau, la Westphalie, la Bavière rhénane, le Harz, la Saxe, la Bohême et la Silésie, qui ne nous présenteraient rien de bien particulier, nous dirons quelques mots de ceux qu'il affecte dans l'Europe orientale, et qui ont été si largement esquissés par les auteurs de la *Géologie de la Russie*[1].

Russie. — Le groupe inférieur y est seul représenté et dans trois régions différentes : l'une forme une large zone qui, des bords de la mer Blanche, descend au S.-S.-O., longeant la chaîne des collines du Valdaï, et occupe presque toute la surface des gouvernements de Tver, de Moscou, de Vladimir, de Kaluga et de Riesan, limitée au nord, à l'ouest et au sud par le système dévonien qu'elle recouvre, à l'est par les dépôts permiens et plus récents qui lui sont superposés. La seconde région, située au sud, est désignée sous le nom de bassin du Donetz. Quoique beaucoup moins étendue, c'est la

1. MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

seule qui ait offert des gisements de charbon exploitables. La troisième est celle qui fait partie des chaînes de l'Oural et des monts Timans.

Partout les fossiles sont, avec des espèces propres au pays, ceux qui, dans l'ouest de l'Europe, caractérisent le mieux le calcaire carbonifère, entre autres les *Productus hemiphæricus*, *punctatus* et *semireticulatus*. Sur les rives du Volga, près de Syzran particulièrement, les escarpements calcaires renferment les espèces nombreuses de cet horizon avec ce genre de rhizopode (*Fusulina*) que nous avons déjà signalé en Espagne et que nous retrouverons au pied de l'Ararat et dans l'Amérique du Nord. Dans la petite région méridionale ou du Donetz, la houille est subordonnée au calcaire rempli de coquilles marines les plus caractéristiques, absolument comme en Écosse. Mais l'horizontalité des couches, si remarquable dans toute la zone nord et centrale de la Russie, n'existe plus ici. Les calcaires, les argiles, les lits de charbon brisés, puis soulevés à travers les roches secondaires jurassiques et crétacées, rendent l'exploitation difficile.

Sur les pentes de l'Oural, le calcaire carbonifère et les couches dévoniennes sont concordants et se suivent exactement dans tous les accidents que leur stratification a éprouvés. La partie qui, dans le centre et le sud, présentait encore quelques traces de charbon, en est ici complétement dépourvue. Sur la pente occidentale de la chaîne, les calcaires à *Productus* sont surmontés de grès et de psammites représentant le millstone grit avec quelques veines de houille, et le tout est recouvert par les vastes dépôts permiens des plaines de l'ouest.

Les caractères pétrographiques des roches de transition des plaines de la Russie, comparés à ceux des roches correspondantes sur les flancs de l'Oural et dans le centre de la chaîne, font ressortir l'exactitude de ce principe qui s'applique encore aussi bien aux roches tertiaires qu'aux roches secondaires, savoir : que les modifications éprouvées par les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

couches sédimentaires sont toujours en raison directe de l'intensité et de la fréquence des mouvements dynamiques qu'elles ont éprouvés, et nullement en rapport avec leur ancienneté. Aussi dans ce pays, comme le font observer M. Murchison et ses savants collaborateurs, autant les roches de transition horizontales des plaines sont tendres, peu solides, meubles, et ont conservé leurs caractères originaires qui les feraient prendre pour des dépôts tertiaires, autant, dans les montagnes, elles sont endurcies, passées à l'état de schistes, de quartzites, de calcaires compactes, etc., phénomène qu'on retrouve d'ailleurs plus à l'est, dans toutes les chaînes de la Sibérie, où les roches ignées, porphyriques ou dioritiques sont venues traverser les couches de transition, comme à l'ouest, dans les Alpes, les Apennins et les Pyrénées.

Spitzberg. — On avait d'abord signalé le calcaire carbonifère au Spitzberg; ensuite l'examen des fossiles, comme nous le dirons plus loin, a fait remonter les roches dans le système permien. Mais depuis lors cette détermination a été contestée, et M. J. Lamont[1] regarde les 21 espèces recueillies par lui autour de Bell-Sound et à Black-Point, à l'angle sud-est de l'île, comme présentant des formes carbonifères (*Productus costatus, semireticulatus, Humboldti, mammatus*) dont les dimensions sont même plus considérables que celles de leurs analogues de l'Angleterre, de la Russie et de l'Amérique.

Asie. — M. P. de Tchihatcheff a découvert, dans l'Anti-Taurus, aux environs de Belenkoï et non loin des roches dévoniennes dont nous avons parlé, des calcaires schistoïdes et des schistes argileux en couches puissantes, très-redressées, renfermant beaucoup de *Productus semireticulatus* et *Flemingii* avec le *Spirifer ovalis* qui annoncent l'horizon du calcaire carbonifère. Au nord, sur le littoral de la mer Noire, entre Eregli et Amasry, les dépôts de houille, connus depuis

1. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XVI, p. 428. 1859.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

longtemps, ont pu être rapportés avec certitude à la même période par la détermination des empreintes de plantes qu'ils renferment. Le Mémoire de M. Schlehan, dont nous avons déjà parlé (*antè*, p. 460), ne peut laisser aucun doute à cet égard. La partie graphique très-soignée de ce travail montre que les couches houillères sont presque partout concordantes avec les strates de transition sous-jacents, comme avec un grès qui les recouvre et que l'auteur rapporte au trias; mais le tout est surmonté transgressivement par des dépôts jurassiques. De nombreuses failles, mises en évidence dans les plans et les coupes, ont accidenté tout le système. Plus à l'est, au pied du versant oriental de l'Ararat, M. Abich a signalé, recouvrant aussi des roches dévoniennes, des calcaires carbonifères, caractérisés par une petite espèce de Fusuline distincte de celle de la Russie.

Au pied du versant nord de l'Altaï, suivant M. P. de Tchihatcheff[1], le système carbonifère est encore mieux développé que le système dévonien. Il est représenté par des calcaires, puis par des grès et des argilés marneuses, renfermant des bancs de houille, particulièrement au sud de Tomsk. Les fossiles des calcaires sont les *Productus gigas* et *antiquatus*, les *Spirifer mosquensis* et *Braunii*, le *Retepora membranacea*. Les grès et les argiles avec lits de charbon s'observent aussi autour de Kouznetzk. Les empreintes végétales y sont fréquentes ainsi que les bois fossiles. Dans cette région, de même que dans l'Oural, toutes les roches carbonifères et dévoniennes sont plus ou moins redressées, au lieu d'être horizontales comme dans le centre et le nord de la Russie d'Europe.

Si nous redescendons au S., en contournant les grands massifs montagneux de l'Asie centrale, nous trouverons, vers le point de jonction de l'Hindoo-Kho méridional avec l'Himalaya, des calcaires du même âge, longeant le pied des montagnes, sur le côté nord et la vallée de Cachemire jusqu'à

1. *Voyage dans l'Altaï oriental*, p. 244, 275. 1845.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Islamabad. Ils reposent partout sur des schistes anciens sans fossiles et sur des roches amphiboliques. Les bancs inférieurs ont présenté à M. G. Austen[1] la *Terebratula Austeniana*, un *Spirifer*, la *Rhynchonella pleurodon*, var., un *Orthis*, le *Productus semireticulatus*, le *Chonetes hardrensis*, var., suivant les déterminations de M. Davidson, auxquelles l'auteur ajoute les *Productus giganteus* et *longispinus*, le *Spirifer glaber*, l'*Athyris Roissyi*, la *Terebratula hastata*, ainsi que d'autres fossiles. Au-dessus viennent des couches argileuses, un calcaire compacte, de 60 mètres, surmonté d'autres couches remplies de Goniatites. D'après M. Austen, la moitié des espèces carbonifères du Cachemire, où il en signale 46, se retrouverait dans les couches correspondantes de l'Angleterre.

Au sud, dans le Pendjab, les recherches de M. A. Fleming et de M. Purdon[2], dans la chaîne de la Montagne-de-Sel, ont fait connaître la composition de ce même système où l'on observe, vers le haut, un premier calcaire rempli de fossiles qui d'ailleurs se représentent dans les autres assises, au-dessous un grès gris, schisteux, et, vers le bas, un second calcaire accompagné de grès et de même très-fossilifère, surtout à Moosakhail et à Kafir-Kote, sur la rive gauche de l'Indus, 25 milles au-dessous de Kalabag. Peu de localités ont offert dans leurs faunes une analogie aussi frappante avec celles de régions très-éloignées. Sur 26 espèces de brachiopodes étudiées par M. Davidson, 13 ont leurs identiques dans le calcaire carbonifère de l'Europe (*Athyris Roissyi*, *Retzia radialis*, *Spirifer striatus*, *lineatus*, *octoplicatus*, *Rhynchonella pleurodon*, *Streptorhynchus crenistria*, *Orthis resupinata*, *Productus striatus*, *longispinus*, *Cora*, *semireticulatus*, *costatus*), 3 dans l'Amérique méridionale, 2 dans l'Amérique du Nord et 8 seulement sont propres au pays.

Mais de même que quelques formes de brachiopodes ont

1. *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XX, p. 386, 1864; vol. XXI, p. 492. 1865.

2. *Ib.* vol. IX, p. 189, 1853; vol. XVIII, p. 25. 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

paru douteuses, quant à leur véritable gisement, M. de Koninck, qui a décrit les fossiles des autres classes [1], y a reconnu des types qui semblent être secondaires et même plus récents. Les 44 espèces déterminées comprennent 6 polypiers, dont 4 ont leurs identiques dans les couches carbonifères de l'Europe, 2 échinodermes, 6 bryozoaires, dont 1 d'Europe, 5 mollusques lamellibranches, 4 gastéropodes, dont 1 serait un moule de Nérinée? 3 hétéropodes (Bellérophon), 15 céphalopodes, dont 9 Cératites toutes nouvelles rappelant singulièrement les formes triasiques de Saint-Cassian et d'Hallstadt, un Nautile qui serait une forme tertiaire inférieure, une 2e espèce, 3 Orthocératites, une Goniatite et 3 espèces de poissons.

Dans l'Himalaya central, M. Strachey aurait trouvé, au-dessus des assises dont nous avons parlé, des couches avec *Athyris Roissyi* et d'autres fossiles indiquant encore le même horizon. Enfin, dans l'empire de la Chine, on sait qu'il existe des gisements considérables de houille de cette même période et des roches carbonifères avec *Productus*, particulièrement dans la province de Pékin et sur beaucoup d'autres points. Si les couches de houille du Chukiang sont la continuation de celles du bassin de la capitale, la formation aurait dans cette partie orientale de l'Asie un immense développement [2].

1. *Quart. Journ. géol. Soc. of London,* vol. XIX, p. 1. 1862.

2. La faune de cet âge n'était pas encore connue dans la zone équatoriale, mais les fossiles suivants rapportés de l'île Timor prouveraient qu'elle s'y est développée avec une singulière ressemblance relativement à celle du Nord, dans les localités aux antipodes de ce point. Sur 18 espèces étudiées par M. Beyrich il y en a 9 nouvelles et 9 ou la moitié identiques avec des espèces d'Europe (*Spirigera globularis, S. Roissyi, Spirifer cristatus, S. lineatus, Streptorynchus radialis, S. crenistria, Camerophoria crumena, Productus semireticulatus, P. punctatus*) (*Abhandl. der Kön. Akad. d. Wissensch. in Berlin*, 1864. *Zeitsch. der deutsch geol. Gesellsch.*, vol. XIV, p. 537. 1862).

A l'ouest de ce point, précisément sur le même parallèle, M. Guillemin a constaté, sur la côte nord-ouest de Madagascar et les îles voisines, des dépôts carbonifères très-puissants et fort étendus qui se rattacheraient, sous le détroit de Mozambique, à ceux découverts aussi le long de la côte de ce nom sur le littoral de l'Afrique. Les grès et les schistes avec empreintes de Calamites et de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Amérique du Nord. — Le système carbonifère dans l'Amérique du Nord prend, en épaisseur et en surface, une beaucoup plus grande extension qu'en aucune autre région de la terre. Son étendue superficielle y est huit fois plus considérable qu'en Europe. Un coup d'œil jeté sur une carte géologique générale, comme celles de M. J. Marcou et de M. H.-D. Rogers, montre en effet qu'il occupe de vastes portions du bassin du Mississipi entre les Apalaches à l'est, les grands lacs au nord, les dernières pentes des montagnes Rocheuses à l'ouest et le parallèle de Tuscaloosa au sud. Il y a en outre des affleurements considérables dans le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'île de Terre-Neuve, et l'on en connaît à l'ouest des montagnes Rocheuses, depuis les régions arctiques jusqu'aux plaines immenses du Nouveau-Mexique qu'arrosent le Rio-Colorado et le Rio-Gila. Cette formation se divise en trois groupes comme en Europe (voy. le tableau p. 434); nous en esquisserons les principaux caractères en commencant par le plus ancien, et prenant pour guide l'ouvrage de M. Dana[1].

Calcaire carbonifère. — Les roches, principalement calcaires, reposent, d'une manière concordante, sur les assises dévoniennes les plus élevées. Elles sont très-développées dans l'Illinois, le Kentucky, l'Iowa et le Missouri où leur épaisseur est de 360 mètres; elles s'observent également dans l'Arkansas et le Texas. Dans le Tennessee, on distingue 2 assises, l'inférieure siliceuse, la supérieure calcaire. Dans le voisinage des Apalaches, la première comprend des grès; elle est plus épaisse et plus variée près de la région de l'anthracite comme à Pottsville, où sa puissance, qui est de 550 à 600 mètres, diminue ensuite rapidement lorsqu'on s'en éloigne vers l'O. La seconde assise formée d'argile schisteuse atteint aussi sa plus grande épaisseur (900 mètres) dans la même contrée et, suivant M. Rogers, devient calcaire au sud-ouest. Dans la Vir-

Sigillaria atteignent jusqu'à 600 mètres d'épaisseur, mais les lits de houille subordonnés semblent jusqu'à présent avoir peu d'importance.

1. *Manual of Geology*, p. 305. 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ginie, le calcaire tend à prédominer, et ses grandes assises se continuent dans l'Alabama. Quelques lits de houille y sont exploités çà et là, ainsi que de riches minerais de fer.

M. J. Hall, dont les grands travaux paléontologiques ont jeté une si vive lumière sur les faunes anciennes, particulièrement de l'État de New-York, a établi cinq étages dans ce groupe du bassin du Mississipi, dans l'Illinois et l'Iowa, chacun d'eux étant caractérisé par des fossiles particuliers. Ce sont, 1° le calcaire de Burlington, de 150 mètres d'épaisseur, où les crinoïdes abondent particulièrement et qui s'étend à 200 milles plus au nord que les suivants; 2° le calcaire de Keokuk, de 12 à 15 mètres; 3° le calcaire de Warsow, caractérisé par les *Archimedes*, sorte de bryozoaire s'enroulant en spirale; 4° le calcaire de Saint-Louis sur le Mississipi, de 75 mètres, et 5° celui de Kaskaskia. Ces divisions s'effacent lorsqu'on s'avance vers le S. dans le Kentucky et le Tennessee.

Les plantes du calcaire carbonifère sont celles du groupe houiller, mais moins nombreuses. Parmi les restes d'animaux dominent les crinoïdes, surtout le genre *Pentremites;* parmi les polypiers c'est le *Lithostrotion canadense*. Les brachiopodes sont les mollusques les plus nombreux, surtout les *Spirifer* et les *Productus*, particulièrement le *S. glaber* et le *P. Martini* de l'Europe. Les céphalopodes sont représentés par des Nautiles, des Goniatites et quelques Orthocératites; les trilobites deviennent très-rares, les poissons sélaciens et ganoïdes au contraire fort abondants. En général, les fossiles très-répandus dans les calcaires de l'ouest le sont moins dans les argiles et les grès de la région des Apalaches. Dans les grès de Pottsville, des traces de reptiles amphibies (*Sauropus primævus*) ont été rencontrées. Ce sont les plus anciennes jusqu'à présent connues en Amérique.

On a vu que, dans le système silurien supérieur, le calcaire du Niagara, occupant le bassin continental intérieur du Mississipi, était surtout rempli de brachiopodes, de crinoïdes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et de polypiers; dans le système dévonien, le calcaire supérieur d'Helderberg se trouvait dans les mêmes conditions, mais c'étaient surtout les polypiers qui dominaient; or, le calcaire carbonifère qui offre une troisième période de circonstances analogues est à son tour caractérisé par les crinoïdes.

Le *groupe du millstone grit* ne comprend que des dépôts de sable, de cailloux et de gravier, consolidés, d'un épaisseur très-inégale, variant de 20 à 450 mètres vers le centre de la région anthraciteuse.

Le *groupe houiller proprement dit* ou *supérieur*, comprenant toutes les couches de combustible exploitées ou exploitables, occupe dans la région des Apalaches, dit M. Dana, une surface de 154,800 kilomètres carrés, s'étendant sur une partie des États de la Pennsylvanie, de l'Ohio, de la Virginie, de l'est du Kentucky et de l'Alabama. Son épaisseur totale est de 750 à 900 mètres, et l'épaisseur réunie des diverses couches de combustible exploitées est de plus de $30^{m}50$ à Pottsville, d'environ $18^{m}76$ à Wilkesbarre et de $7^{m}60$ à Pittsburg. En Pennsylvanie, où les couches sont brisées et découpées, les mines célèbres d'anthracite se trouvent entre Pottsville et Wyoming; à l'ouest commencent les grands dépôts de houille bitumineuse qui s'étendent ensuite dans l'Ohio d'une part et jusque dans l'Alabama de l'autre.

Le bassin houiller de l'Illinois et du Missouri occupe une surface égale à la précédente dans ces États et une partie de ceux du Mississipi, d'Iowa, de Kansas et d'Arkansas. L'épaisseur totale de ses diverses assises est de 180 à 300 mètres dans le Missouri et de près de 1000 mètres dans le Kentucky occidental; celle des couches de houille réunies est de 21 mètres.

Le bassin du Michigan, vers le centre de la péninsule de ce nom, a environ 12,900 kilomètres carrés et une puissance totale de 31 mètres. Dans le Texas quelques lambeaux s'observent çà et là. Les divers affleurements de l'État de Rhode-Island sont évalués à 2,580 kilomètres; ceux du Nouveau-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Brunswick, de la Nouvelle-Écosse, de l'île du Prince-Édouard et de Terre-Neuve à 46,440 kilomètres. A South-Joggins dans la baie de Fundy, l'épaisseur totale du groupe, y compris le millstone grit, est de 4,439 mètres. Il y a 76 couches de houille réparties vers le milieu de la série, sur une hauteur de 860 mètres, et qui réunies donnent 12m 70 de charbon exploitable. A Pilton il y a 6 ou 7 couches qui donnent 24 mètres de charbon, et dont une a 11m 40, une seconde 7 mètres, etc. Enfin, la surface totale des dépôts houillers productifs des États-Unis est de 322,000 kilomètres carrés.

Il y a en outre la région carbonifère arctique observée à l'île Melleville, à l'île Bathurst, à la terre de Banke, etc. Dans la Californie les fossiles de cet âge n'ont été signalés que dans le comté de Shasta (3 Fusulines, 4 polypiers, 1 *Orthis*, *Productus semireticulatus*, *Spirifer lineatus*, etc.). Dans la chaîne des montagnes Rocheuses, où les explorations sont encore peu avancées, les calcaires situés sur les flancs et vers le centre, rapportés d'abord au groupe inférieur, sont aujourd'hui regardés comme appartenant au supérieur. Les recherches de M. J. S. Newberry[1] ont puissamment contribué à avancer cette connaissance dans le grand plateau qui borde à l'ouest les montagnes du Nouveau-Mexique. Le Rio-Colorado coule au fond de gorges ou *cañon* dont les parois coupées à pic forment des murailles continues de 1000 à 2000 mètres de hauteur, offrant les plus magnifiques coupes géologiques naturelles qui aient été observées jusqu'à ce jour. La partie du plateau comprise entre l'embouchure du Rio-Virgen et du petit Colorado montre une coupe de plus de 1200 mètres de roches sédimentaires, représentant les systèmes silurien, dévonien et carbonifère, tous parfaitement concordants, presque horizontaux et reposant sur le granite qui s'élève encore à 300 mètres au-dessus de la rivière. Ici, les roches carbonifères, d'environ 600 mètres d'épaisseur, sont composées de cal-

1. *Report upon the Colorado river of the west exploring* in 1857-58 by J.-C. Ives. Part. III. *Geological Report*. 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

caires, de grès, de gypse et renferment de nombreux fossiles exclusivement marins. Les assises les plus élevées forment le *substratum* des montagnes volcaniques de San-Francisco.

A Santa-Fé, des calcaires bleuâtres ou brunâtres foncés, reposant sur les roches cristallines, par suite de l'absence des séries intermédiaires, renferment beaucoup de fossiles, dont un grand nombre sont ceux des dépôts houillers de la vallée du Mississipi (*Productus scabriculus*, *P. Rogersi*, *P. semireticulatus*, *P. nodosus* (n. sp.), *Spirigera subtilita*, *Spirifer cameratus*). Sur beaucoup de points, les argiles schisteuses alternent avec les calcaires et présentent les plantes les plus caractéristiques du groupe supérieur. M. Newberry a d'ailleurs pu suivre les modifications et les passages des grès, des argiles, des calcaires, du *fire clay*, du charbon, etc., des dépôts houillers exploités, proprement dits, aux calcaires massifs presque homogènes du sud-ouest. De Santa-Fé au fort Leavenworth sur le Missouri, ces mêmes calcaires houillers supérieurs recouvrent encore le granite et sont surmontés de roches permiennes et secondaires. Les Fusulines (*F. cylindracea*) caractérisent tout le groupe dans le Kansas avec le *Productus semireticulatus*, les *Spirifer cameratus* et *lineatus*, la *Spirigera subtilita* et d'autres fréquents dans l'est, puis le *Productus splendens*, les *Spirifer plano-convexus* et *hemiplicatus* qui n'ont pas encore été rencontrés dans cette dernière région.

Caractères généraux. — Considéré dans son ensemble, le groupe houiller des États-Unis comprend des roches de toutes sortes, des conglomérats, des argiles schisteuses, des psammites, des calcaires marneux ou magnésiens. Les lits de charbon ne sont que des accidents dans la série, ne formant qu'environ 1/50e de la masse. Les minerais de fer qui s'y trouvent également, en bancs subordonnés, rendent ces districts houillers les plus riches du globe. On ne remarque d'ailleurs aucun ordre dans la succession des diverses roches qui ressemblent à celles de tous les ter-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rains et qu'on ne peut distinguer que par leurs fossiles végétaux ou animaux. Quoique l'étendue horizontale des couches soit plus ou moins limitée, il y a quelques grands bancs de charbon qu'on suppose occuper des superficies de plusieurs milliers de kilomètres.

Les calcaires sont plus développés dans le bassin du Mississipi qu'en Pennsylvanie et en Virginie, ce qui est l'inverse pour les poudingues. Cette circonstance s'accorde avec ce qu'avaient présenté les systèmes antérieurs et ce que l'on observe d'ailleurs partout; c'est en effet dans le voisinage des chaînes, que les dépôts clastiques ou détritiques des diverses époques sont le plus développés. La couche qui supporte immédiatement le charbon est toujours cette argile fine, désignée dans les Iles-Britanniques sous le nom d'*under clay* et qui est le gisement particulier des racines de *Sigillaria* (*Stigmaria*). Des troncs de plantes arborescentes s'observent debout dans plusieurs lits ou bancs successifs. C'est dans le dépôt houiller de South-Joggins (Nouvelle-Écosse), que cette circonstance se présente le plus ordinairement. Ces troncs, observés par M. Dawson et par sir Ch. Lyell en 1842, ont fourni à ce dernier savant des considérations très-curieuses sur le mode de formation de ces couches et le temps qu'elles ont exigé pour se déposer; aussi les reproduisons-nous ci-dessous [1].

1. La falaise de South-Joggins, qui borde l'un des golfes de la baie de Fundy, offre une succession très-remarquable de forêts fossiles appartenant au système carbonifère. Cette falaise, dirigée N., S., et de 46 à 60 mètres d'élévation, est composée d'une série de couches régulières, parallèles, inclinées de 24° au S.-S.-O, d'épaisseurs différentes, formées de grès micacés, d'argiles sableuses, d'argiles schisteuses bleues, d'argile avec ou sans nodules ferrugineux, comprenant des lits de houille dont l'épaisseur varie de 0m 35 à 1m 20. L'épaisseur totale de cet ensemble de dépôts parfaitement continus et qu'on peut embrasser d'un coup d'œil, est de 4,440 mètres. Dans une portion de cette épaisseur, qui est de 1,376 mètres, on observe des troncs d'arbres à 17 niveaux différents. Ces troncs droits, perpendiculaires au plan des couches, ont une longueur de 1m 80 à 2m 45, et leur diamètre varie de 0m 30 à 0m 40. Jamais ils ne traversent des lits de charbon, quelque minces qu'ils soient, et la plupart s'y

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Le charbon présente toujours dans sa coupe des traces plus ou moins apparentes de son origine végétale. Dans les parties des Apalaches qui ont subi les dislocations les plus énergiques, sur les rives du Schuylkill, dans la Virginie

terminent par leur extrémité inférieure comme s'ils avaient végété à leur surface.

Dans une autre portion de cette coupe naturelle, sur une épaisseur de 426 mètres, et en un point où les lits de charbon sont le plus nombreux, M. Lyell a pu distinguer jusqu'à 68 niveaux différents, offrant des traces très-reconnaissables de sols superficiels successifs avec des racines de plantes.

Les troncs d'arbres qui proviennent pour la plupart de *Sigillaria* ne sont représentés que par leur écorce; la destruction du bois a produit des cylindres creux dont le remplissage s'est fait après le dépôt des couches qui les entourent, car les matières de ce remplissage diffèrent, par leur nature comme par leur ordre de superposition, de celles du dehors, de sorte que les dépôts ne sont pas contemporains. En outre, l'enfouissement des arbres a dû précéder de bien des années la décomposition de leur intérieur, et l'on a ainsi la preuve que des sédiments de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur, aujourd'hui inclinés de 24° à l'horizon, lui ont été déposés parallèlement.

La présence de ces troncs a été constatée sur une étendue de 3 ou 4 kilomètres du N. au S. et de plus du double de l'E. à l'O., car on peut les observer sur les pentes des ravins qui sillonnent le pays. Dans le bassin houiller de Sidney au cap Breton, M. R. Brown a également signalé des troncs de *Sigillaria*, de *Lepidodendron* et de *Calamites* à 16 niveaux différents, munis de leurs racines et certainement encore à la place où ils ont végété, puis une série de 41 lits d'argile remplie de racines et de *Stigmaria* dans leur position normale, de sorte qu'on a également ici la preuve d'au moins 57 forêts fossiles situées les unes au-dessus des autres.

Avec ces données, M. Lyell chercha s'il ne serait pas possible, au moyen de termes de comparaison pris dans la nature actuelle et suivant ainsi la marche de Buffon pour le même objet, d'évaluer le temps qu'a dû exiger, pour se former, une telle série de dépôts alternants avec des périodes de végétation détruites et toujours renouvelées.

Dans la coupe de South-Joggins on a vu que la puissance du système carbonifère était évaluée à un peu plus de 4 kilomètres, et à Pictou, point situé à plus de 160 kilomètres vers l'E., son épaisseur, sans avoir été mesurée exactement, est encore très-grande. Mais, en n'estimant qu'à 2,300 mètres la puissance moyenne de tout le système carbonifère de la Nouvelle-Écosse dont l'étendue superficielle est connue, en trouve, en multipliant celle-ci par l'épaisseur, que le volume total de ces roches serait de 80,000 kilomètres cubes.

En considérant que les dépôts houillers ont dû se former à la manière des deltas de nos jours, M. Lyell fait voir que le Mississipi, qui charrie annuellement tant de matières sédimentaires à son embouchure, mettrait, d'après les évaluations les plus récentes résultant de recherches très-précises, plus de deux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

et le Rhode-Island, il n'est point bitumineux; il brûle avec une flamme courte, bleuâtre, c'est l'anthracite; dans la plupart des localités plus ou moins éloignées des grandes dislocations, le charbon est bitumineux, brûle avec une flamme jaune clair,

millions d'années pour accumuler dans le golfe du Mexique une quantité de sédiments égale au volume précité. Le Gange, suivant des évaluations semblables, n'exigerait que 375,000 ans pour produire le même résultat (*a*).

Remarquons actuellement que, dans la coupe de la falaise de South-Joggins, tout prouve que les dépôts se sont formés de la manière la plus régulière, sous une faible profondeur d'eau, à très-peu près constante. Il n'y a aucune trace de perturbations locales, aucune apparence de transport violent ou de sédimentation plus rapide et plus tumultueuse à un moment qu'à un autre; aucune faille importante, aucun plissement postérieur n'est venu déranger, masquer ou compliquer les rapports primitifs très-simples de toutes ces couches où a régné l'ordre le plus parfait jusqu'au mouvement général qui est venu les incliner en masse, tels qu'on les voit aujourd'hui.

Or, pour produire un tel résultat, il a fallu de toute nécessité qu'un abaissement vertical de plus de 4000 mètres eût lieu graduellement, sans trouble, sans perturbation notable aux environs. En admettant que cet abaissement ait été réparti dans un laps de 375,000 ans, la proportion donnerait $1^m 20$ par siècle, mouvement comparable à celui qu'éprouvent certaines côtes de nos jours et tout à fait insensible pour les habitants de ces pays. Si l'on se basait, au contraire, sur le charriage du Mississipi, l'amplitude de l'oscillation séculaire ne serait que de $0^m 15$. Quant à la totalité de l'abaissement pendant cette longue période, on voit qu'il a été à peu près égal à la hauteur actuelle du Mont-Blanc au-dessus de la mer, et qu'il a fallu ensuite un soulèvement de la même amplitude pour amener les choses dans l'état où nous les voyons.

Mais nous devons faire remarquer ici que quelque considérables que puissent paraître les nombres que nous avons rapportés d'après les évaluations du célèbre géologue anglais, ils sont encore, au moins sous certains rapports, au-dessous de la vérité, car il a omis un élément fort essentiel dans la question et dont la prise en considération doit allonger singulièrement la période, savoir, le temps exigé pour le développement de chaque végétation qui a donné lieu à un lit de charbon. On sait par des expériences directes et les calculs auxquels elles ont donné lieu qu'un hectare de forêt de haute futaie de 100 ans, réduite à l'état de houille, ne produirait qu'une couche de 15 millim. d'épaisseur, ce qui permet de juger du nombre d'années qu'il faudrait ajouter aux chiffres précédents pour que l'appréciation de la durée de la période fût complète. Quoi qu'il en soit, on doit reconnaître que la nature étudiée attentivement nous offre elle-même de précieux chronomètres pour mesurer le temps qu'elle met à accomplir ses œuvres, chronomètres d'une marche si lente que les plus petites fractions de ses unités sont représentées par des siècles de végétation.

(*a*) Si l'on supposait que la houille s'est formée à la manière des tourbes de nos jours, les nombres indiqués seraient encore plutôt au-dessous qu'au-dessus de la probabilité.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plus ou moins longue. Les caractères du combustible, ainsi en rapport avec l'état plus ou moins dérangé des couches qui le renferment, viennent donc à l'appui de ce que nous avons dit pour les autres roches quartzeuses, argileuses, marneuses, calcaires, etc. Les minerais de fer carbonaté argileux, exploités (*clay-ironstones*), sont en plaques ou en lits concrétionnés, de quelques centimètres à 1 mètre et 1^{m} 20 d'épaisseur; d'autres minerais sont des hématites rouges ou hydratées.

On a cherché à paralléliser les principales couches de houille des diverses régions carbonifères; mais les observations comparatives de M. Lesquereux et de M. Lesly ne semblent pas avoir encore produit des résultats bien précis. De même que pour les autres éléments constituants de ces dépôts, leur importance est fort différente, à un niveau donné, dans des bassins différents, ainsi que sur divers points d'un même grand bassin. Il est probable que la région des Apalaches et celle de l'Illinois, d'Iowa, etc., ont été séparées par le relèvement ou dôme silurien et dévonien de Cincinnati, antérieur à l'ère carbonifère [1].

1. Suivant les documents récents, recueillis par M. A. Burat, la surface connue des principaux bassins houillers du globe et leur production annuelle donneraient les résultats suivants :

	Surface des bassins houillers.	Production annuelle.
Amérique du Nord.	30,000,000 hectares.	20,000,000 tonnes.
Iles-Britanniques	1,570,000	93,000,000
Prusse et Saxe	300,000	12,000,000
France	330,000	11,000,000
Belgique	150,000	10,000,000
Autriche et Bohême.	120,000	2,500,000
Espagne	150,000	400,000

Il s'en faut de beaucoup, on le conçoit, que la production du combustible soit en rapport avec ces surfaces. La puissance des couches et la facilité de l'exploitation et des débouchés sont les circonstances qui influent le plus sur la production (*a*).

(*a*) Les chiffres précédents, puisés dans la *Revue de géologie pour* 1862 et 1863, par par MM. Delesse et Laugel, p. 234, 1865, et dans la *Richesse minérale* de M. Simonin, p. 17, 1865, diffèrent sensiblement de ceux qu'avait donnés M. Dana dans son *Manuel de géologie*, p. 352.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Paléontologie. — Comme dans toutes les autres contrées, où les dépôts houillers se sont formés, les végétaux fossiles caractérisent, par leur abondance, ceux de l'Amérique du Nord. Ils y représentent la flore des marais, des forêts et même de la mer. Les plantes terrestres surtout y offrent une exubérance de vie extraordinaire. On y trouve de vrais conifères et les Sigillariées qui en sont voisines, des Calamites dont les tiges et les troncs les rapprochent plutôt des gymnospermes que des Équisétacées, et des cryptogames tels que des Lycopodes, des Fougères et des Équisétacées. Ces plantes, actuellement basses et herbacées, atteignaient alors jusqu'à 30 mètres de hauteur avec des troncs ligneux. Les conifères appartenaient à des types représentés aujourd'hui presque uniquement dans l'hémisphère austral, tels que les *Araucaria* du Chili, de l'île de Norfolk, etc. En recherchant la distribution des 350 espèces connues dans le système carbonifère des États-Unis, M. Lesquereux y trace cinq niveaux caractérisés par des associations d'espèces particulières. Trois de ces horizons appartiennent au groupe houiller proprement dit, dont une seule couche, dans l'État de l'Ohio, a fourni à M. Newberry jusqu'à 150 espèces.

Nous trouvons aussi des traces d'animaux qui ont vécu sur les terres émergées, dans les eaux douces, dans les eaux saumâtres et dans les eaux salées. Comme en Russie, en Espagne et en Arménie, les rhizopodes sont représentés par des Fusulines, qui constituent des bancs à elles seules dans l'Ohio, l'Illinois, le Missouri et le Kansas; les mollusques, par des pulmonés terrestres (*Pupa*) semblables à ceux de nos jours; les brachiopodes, par des *Spirifer* et des *Productus*; les acéphales et les gastéropodes, par divers genres; les céphalopodes, par des Nautiles, des Goniatites et des Orthocératites. Parmi les crustacés, les tribolites, qui finissent, sont remplacés par d'autres formes, puis se montrent des insectes (*Blattina venusta*) et des myriapodes (*Xylobius sigillariæ*). Les poissons appartiennent aux ganoïdes à queue vertébrée;

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les sélaciens sont des cestracions et des hybodontes, ces derniers ayant commencé avec l'ère carbonifère. Les reptiles sont des amphibiens voisins des Salamandres et des Grenouilles (*Raniceps Lyelli* de l'Ohio, *Baphetes planiceps*, batracien sauroïde de Pictou, dont le corps était couvert d'écailles et appartenait probablement au type des Labyrinthodontes); des lacertiens inférieurs de la famille des Lézards (*Hylonomus Lyelli*, *aciedentatus*, *Wymanni*, *Hylerpeton Dawsoni*, Owen), des sauriens nageurs ou marins (*enaliosaures*) voisins des Ichthyosaures (*Eosaurus acadianus*). Les restes de plusieurs de ces reptiles (*Dendrerpeton acadianus*) ont été trouvés en 1852 par MM. Lyell et Dawson dans le grès d'un tronc de *Sigillaria* de la Nouvelle-Écosse. Le second de ces savants a décrit depuis le *D. Oweni*. On compte ainsi les restes d'au moins 8 ou 10 espèces de reptiles carbonifères, non compris les nombreuses empreintes de pas rapportées à des animaux de cette classe (*Thenaropus heterodactylus*).

Cet ensemble organique comparé à celui de l'Europe nous montre les mêmes genres de plantes caractérisant les dépôts contemporains de part et d'autre de l'Atlantique, et beaucoup d'espèces étant les mêmes. Le règne végétal diffère en cela du règne animal qui n'a encore offert qu'un petit nombre d'identiques. M. Lesquereux, dans un tableau publié en 1860, indique 350 espèces connues en Amérique, réparties dans 48 genres; et 490 en Europe, dont 146 seraient communes aux deux continents, de sorte qu'un tiers environ des espèces végétait en même temps dans les forêts de ces deux parties de la terre.

Quant aux animaux de ces régions, nous avons vu que les espèces ayant vécu dans les eaux de la mer étaient généralement rares en Europe, tandis qu'en Amérique le groupe houiller en présentait fréquemment, et même que presque tous les dépôts en renfermaient. En Europe, il n'y avait plus de trilobites, mais ils étaient remplacés par d'autres types. Bon nombre d'espèces du groupe carbonifère ou inférieur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de ce côté de l'Atlantique se trouveraient de l'autre dans le supérieur; tels sont l'*Athyris subtilita* (*Spirigera*), le *Retzia radians*, le *Spirifer lineatus*, le *S. Urii*, les *Productus longispinus*, *scabriculus*, *costatus* et la *Fusulina cylindrica*.

Certains poissons du calcaire carbonifère exclusivement marin se retrouvent dans les dépôts houillers supérieurs. Les genres les plus répandus dans ces derniers sont : les *Palæoniscus*, les *Amblypterus* et les *Holoptychius*. Les reptiles observés en Europe (*antè*, p. 474) offrent des caractères semblables à ceux d'Amérique, indiquant la présence d'amphibiens, de *Labyrinthodontes* et même d'autres types assez variés déjà pour cette époque reculée.

Mais il n'y avait encore aucun des insectes élevés qui vivent sur les fleurs, aucun oiseau dans les bois ni sur les bords des lacs, des étangs et des marais, aucun mammifère sur les terres émergées, par conséquent aucun chant, aucune voix articulée interrompant le silence solennel de cette nature si riche et cependant muette, comme si le langage des animaux, quelque imparfait qu'il soit, comparativement à celui de l'homme, était un pas de plus vers le progrès que la nature réservait aux périodes suivantes.

Amérique du Sud. — Nos connaissances sur les caractères du système carbonifère de l'Amérique méridionale ne datent guère que du voyage d'Alc. d'Orbigny qui y a rapporté un certain ensemble de roches du plateau de la Bolivie[1]. Depuis lors, la même région a été explorée par d'autres savants, et en dernier lieu par M. D. Forbes, qui nous semble, sur ce sujet comme sur les autres (*antè*, p. 440 et 466), avoir donné des détails plus complets que ses prédécesseurs.

Les roches carbonifères de la Bolivie, situées à l'ouest des Andes, se rencontrent, par places, comme de petits bassins allongés généralement du S.-O. au N.-E., situés au milieu

1. *Voyage dans l'Amérique méridionale*, vol. III. *Géologie*, p. 116 et suivantes. 1842. — *Ibid.*, 4e partie, *Paléontologie*, p. 35-58.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de la grande plaine quaternaire qui entoure le lac de Titicaca, se montrant aussi au nord du lac, et plus au sud dans les provinces d'Arque et d'Oruro. Le point le plus bas où on les observe est à 3800 mètres d'altitude, et on peut les suivre jusqu'à 4000 et 4500 mètres. A l'ouest du lac, entre Tiquina et la Guardia, M. Forbes donne une idée complète de la série des assises disposées en bassin renversé et présentant successivement, des plus anciennes aux plus récentes qui occupent le milieu du plissement, des grès blancs, des conglomérats et des grès rouges, des argiles blanches panachées, des calcaires en bancs épais, bleus et jaunes, des argiles schisteuses panachées, un calcaire bleu puissant, enfin des grès jaunes et blancs [1].

Dans la province de Santa-Cruz les roches carbonifères paraissent être complétement distinctes des précédentes et situées à une beaucoup plus grande élévation de l'autre côté des Andes. Alc. d'Orbigny leur assigne aussi une étendue plus considérable. Les fossiles qu'en a rapportés M. Cumming sont la *Terebratula millepunctata*, les *Rhynchonella peruviana* et *pleurodon*, les *Spirifer boliviensis* et *Condor*.

D'après ce que nous avons vu en Asie et dans le nord de l'Amérique on a déjà pu remarquer, et ce que nous dirons de l'Australie le confirmera, que les formes organiques siluriennes étaient peu cosmopolites, que celles du système dévonien l'étaient davantage, et l'on peut juger actuellement que celles du système carbonifère le sont encore plus. M. Salter pense que le *Spirifer Condor*, d'Orb., n'est autre que le *S. striatus*, Sow., et que l'*Athyris subtilita*, J. Hall, est la *Terebratula peruviana*, d'Orb. Ayant en outre rejeté, comme on l'a dit,

1. Les fossiles de ces assises, étudiés par M. Salter, sont : *Productus semireticulatus* (*P. Inca* d'Orb.) *P. longispinus* (*Capacii*, d'Orb.), *Spirifer Condor*, *S. boliviensis*, *Athyris subtilita*, *Orthis resupinata*, *O. Andii*, *Rhynchonella*, nov. sp., *Euomphalus* (*Phanerotinus?*), *Bellerophon*, voisin du *B. Urii*, des polypiers et des crinoïdes indéterminés. Des provinces d'Arque et d'Oruro ont été obtenus les *Spirifer Condor* et *lineatus*, les *Productus Cora*, *semireticulatus*, *boliviensis* et l'*Orthis Andii*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la plupart des espèces siluriennes qu'Alc. d'Orbigny avait identifiées avec des espèces déjà connues en Europe, le même savant croit au contraire que, parmi les fossiles carbonifères, il y en a bon nombre d'identiques avec des espèces connues que le paléontologiste français avait à tort regardées comme nouvelles.

On remarquera que ces voyageurs ne mentionnent point d'empreintes de plantes ni de couches de charbon, de sorte qu'aucun spécimen de la flore carbonifère australe de ce continent ne nous est connu [1]. Voyons si ce que l'on sait des dépôts du même âge dans d'autres parties de cet hémisphère confirmera les analogies que nous venons de déduire de la faune.

Australie. — Les premières données relatives à l'existence de la formation carbonifère en Australie sont celles obtenues par suite des excursions de J. Oxley le long de la rivière Macquarie, en 1815, et celles du R. Scott dans la Nouvelle-Galles du Sud et la terre de Van-Diemen. Les échantillons étudiés par W. Buckland annonçaient, dans ces contrées, l'existence d'un calcaire dont les fossiles ressemblaient à ceux du calcaire carbonifère d'Angleterre et la présence de dépôts houillers [2], mais les recherches de M. de Strzelecki [3] permirent de mieux juger de l'importance de ces derniers et de leurs caractères.

Le savant voyageur, après avoir réuni dans sa *première époque* les roches qui constituent le terrain primaire d'une partie considérable de la chaîne orientale des Alpes australiennes et qui se continue par les îles du détroit de Bass pour

1. Nous ne connaissons point l'âge des charbons exploités aux environs de Valdivia et de Chiloé (*Amer. Journ.* de Silliman, vol. XLI, p. 359. 1841), ni de ceux qu'on a signalés entre Valparaiso et Santiago, au Chili (*Ibid.* 2e sér., vol. VI, p. 146. 1848; *Mining Journ.*, 12 févr. 1848).

2. Voy. H. Fitton, *An account of some geol. spec. from the coast of Australia.* 1826.

3. *Physical descript. of New-South-Wales and Van Diemen land.* 1845.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

occuper les parties nord et sud-ouest de la terre de Van-Diemen, rapporte à sa *seconde époque* des roches stratifiées (schistes argileux, siliceux, grauwacke, grès, poudingues calcaires) et des roches ignées (quartz grenu, porphyres, diorites, serpentines, basaltes, trachytes) qui ont dérangé la stratification des précédentes, surtout dans la terre de Van-Diemen. C'est dans les couches de cette série, particulièrement dans les calcaires d'Illavarra, de Raymond-Terrace et de Booral dans la Nouvelle-Galles du Sud, et dans ceux du mont Wellington aux environs d'Hobart-Town dans la terre de Van-Diemen, qu'ont été recueillis les fossiles, tous marins, très-irrégulièrement distribués suivant la nature des roches et les localités. Ainsi, les brachiopodes sont plus nombreux au mont Wellington, tandis que les acéphales lamellibranches et les gastéropodes qui y sont rares se présentent de Booral à Illawarra.

Des 48 espèces étudiées, décrites et figurées par M. J. Morris, il y a 10 polypiers, 14 conchifères, 12 brachiopodes, 7 gastéropodes, 1 hétéropode, 2 ptéropodes, 2 crustacés et des restes de poissons. Il n'y a point de céphalopodes, de *Leptæna*, d'*Orthis*, et les restes de trilobites très-rares semblent appartenir à des couches plus anciennes. La détermination des fossiles précédents fait penser à l'auteur que certaines espèces (*Terebratula hastata*, un *Spirifer*, une Littorine et une Turritelle) peuvent avoir leurs identiques dans le calcaire carbonifère de l'Europe, que d'autres formes, sinon identiques, peuvent être regardées comme représentatives de *Spirifer*, d'*Athyris*, de *Productus* du calcaire carbonifère de l'Europe et de la Bolivie, et qu'en résumé la présence d'un Bellérophon, d'une Conulaire, de 7 ou 8 Spirifères dont plusieurs ont des formes transverses très-allongées, et enfin de 2 ou 3 *Productus* renflés, associés à certaines coquilles bivalves et gastéropodes, annonce la faune du premier groupe carbonifère. Quelques Favosites (*F. gothlandica*), un *Amplexus arundinaceus*, des fragments d'Orthocératites et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de *Trilobites* indiqueraient une faune dévonienne ou plus ancienne.

Dans sa *troisième époque*, M. de Strzelecki place les dépôts de charbon exploités aux environs de New-Castle, dans la Nouvelle-Galles, et ceux du bassin de Jérusalem, dans la terre de Van-Diemen. Les roches ignées ont également dérangé et modifié ces dépôts à leur contact. L'examen des plantes qui les accompagnent a donné lieu à des discussions qui, au point de vue théorique et même pratique, ne sont pas sans intérêt.

M. Morris remarqua que, parmi ces plantes (3 *Sphenopteris*, 1 *Glossopteris*, 2 *Pecopteris*, 1 *Zeugophyllites*, 1 *Phyllotheca*), il n'y avait aucun des genres si caractéristiques des dépôts houillers de l'hémisphère nord (*Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Stigmaria*, *Calamites*, Conifères) et qu'en outre les dépôts de New-Castle et de Jérusalem, s'ils sont contemporains, présentaient néanmoins des végétaux différents. Il y aurait ainsi peu de ressemblance entre la flore carbonifère de l'Europe et celle d'Australie; car, si les *Phyllotheca* peuvent représenter les Calamites, les *Glossopteris* sont des types de fougères tout à fait étrangers jusqu'à présent à cette période, et de plus un des *Pecopteris* serait très-voisin d'une espèce jurassique et un *Odontopteris* d'une espèce permienne. Il résultait de ce premier aperçu que les flores houillères des deux hémisphères différaient entre elles comme diffèrent les flores de nos jours, tandis que la faune marine carbonifère de l'Australie, qui l'avait précédée, présentait beaucoup de formes, sinon identiques, du moins très-voisines de la faune correspondante de l'hémisphère nord. D'un autre côté, ces plantes, comparées avec celles des dépôts charbonneux de l'Inde et particulièrement de Burdwan, au nord-ouest de Calcutta, regardées comme secondaires, présentaient avec celles-ci la plus grande ressemblance, et il en était encore de même avec certains types des couches oolithiques d'Angleterre.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Telle est l'origine de la discussion dont nous avons exposé les diverses phases, et dans laquelle se trouvaient particulièrement engagés, outre M. Morris, M. Clarke, savant distingué à qui la géologie de l'Australie doit de longues et consciencieuses études, et M. M'Coy, paléontologiste, connu par des travaux sur les fossiles anciens de l'Angleterre et de l'Irlande[1]. M. Clarke a reconnu, dans les dépôts houillers de l'Australie, plus de 60 espèces de plantes, entre autres les *Sigillaria*, les *Lepidodendron*, les *Stigmaria* et des bois de conifères très-nombreux dans des couches remplies de *Spirifer*, de *Productus*, de *Goniatites*, etc., et qui seraient en partie plus anciennes que les dépôts houillers de l'Europe. De son côté, M. M'Coy croit avoir constaté qu'une flore, de caractère jurassique et rappelant aussi celle de l'Inde, a succédé immédiatement à la véritable flore carbonifère dont nous venons de parler. On y trouve les genres *Vertebraria*, *Ætopteris*, *Sphenopteris*, *Glossopteris* et *Phyllotheca*. Mais l'opinion, appuyée même en 1859 par M. Clarke, de la présence des *Glossopteris* dans de véritables dépôts houillers associés avec des calcaires remplis de coquilles marines de la période carbonifère, a été mise hors de doute par la coupe stratigraphique qu'a donnée, en 1863, M. Daintree, d'une mine de houille, située entre New-Castle et Stony-Creek, et dans laquelle les couches à *Glossopteris* ont été atteintes à une grande profondeur au-dessous de celles qui renfermaient les *Spirifer*, les Conulaires, les *Fenestella*, etc.[2].

Nouvelle-Zélande. — La flore qui accompagne quelques veines charbonneuses dans la Nouvelle-Zélande a présenté

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VII, p. 618. 1857. *Ib.* vol. VIII, p. 661. 1860. — *Bull. soc. géol. de France*, 2e sér. vol. XVIII, p. 689. 1861.

2. *The Yeoman Australian acclimatiser*, de Melbourne, 29 août. 1863. — *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XXI, p. 33. 1863. — Voy. aussi sur les dépôts carbonifères de ce pays, W. B. Clarke, *Researches in the southern gold fields of New-South-Wales*, chap. XIV, p. 245, in-12. Sidney, 1860. — *Quart. Journ. geol. Soc. of London*, vol. XVII, p. 334. 1861. — *Recent geol. discoveries in Australasia*, p. 21, in 8, Sidney, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les mêmes associations que dans le continent voisin; mais M. J. Haast[1] pense que, si les couches qui renferment des coquilles d'aspect carbonifère ou dévonien supérieur sont plus anciennes que celles qui contiennent les empreintes de plantes, ces dernières du moins les recouvrent de la manière la plus concordante avec une continuité parfaite dans la province de Canterbury, et, quant au gisement du reptile saurien de Waipara, supposé jurassique, il est dans de tout autres conditions géologiques.

Afrique australe. — Dans la partie orientale de la Colonie du Cap, autour de la baie d'Algoa, M. Bain regarde, comme appartenant à la formation carbonifère, des grès quartzeux qui passent à des schistes chloriteux où des minerais de cuivre et de galène ont été exploités. Des empreintes de plantes, peut-être de Lépidodendron, y ont été rencontrées; mais on ne peut encore rien conclure de pareilles données. On a vu (*antè*, p. 487) les indications récentes de dépôts carbonifères à la pointe nord-est de Madagascar et sur la côte opposée de Mozambique.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Paléophytologie. — Nous avons déjà parlé incidemment de la végétation de la période carbonifère, et plus particulièrement de celle du groupe houiller ou supérieur; mais il est nécessaire de considérer cet important sujet d'une manière plus générale, d'abord, en exposant les caractères de cette flore si remarquable qui n'apparut qu'une fois sur la terre, et ensuite ses conséquences dans l'économie générale de la nature. Quant au premier point de vue, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ce qu'en disait, en 1849, M. Ad. Brongniart. Le savant botaniste termine son étude par le résumé suivant :

1. *New Zealand govern. Gazette prov. of Canterbury*, 24 oct. 1862.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Cryptogames amphigènes. .	6	algues	4
		champignons . .	2
— acrogènes. .	346	fougères	250
		lycopodiacées . .	83
		équisétacées. . .	13
Dicotylédones gymnospermes	135	astérophyllitées. .	44
		sigillariées . . .	60
		nœggérathiées. .	12
		cycadées	3
		conifères	16
Monocotylédones douteuses.			15
		Total. . . .	502

« Le premier fait qui frappe dans ce tableau, c'est le petit nombre des végétaux qui constituent cette flore de l'ancien monde. Il est vrai que ce relevé des végétaux fossiles de la période carbonifère ne comprend presque que des espèces des dépôts houillers de l'Europe; mais cependant ceux de l'Amérique du Nord ont fourni déjà un contingent assez considérable, et les observations faites jusqu'à ce jour suffisent pour établir que la plupart des espèces sont identiques avec celles de l'Europe.

« La flore carbonifère comprendrait au plus 1/20e du nombre des végétaux qui croissent actuellement sur le sol de l'Europe, et encore ce nombre d'espèces correspond à toute une longue période pendant laquelle diverses espèces se sont succédé, de sorte qu'on peut admettre, avec beaucoup de probabilité, que jamais plus de 100 espèces n'ont existé à la fois. On voit quelle était la pauvreté et surtout l'uniformité de cette végétation, eu égard principalement au nombre des espèces, comparée à l'abondance et à la variété des formes de la période actuelle.

« L'absence complète des dicotylédones ordinaires ou angiospermes et celle presque aussi complète des monocotylédones expliquent du reste cette réduction de la flore ancienne, car actuellement ces deux embranchements du

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

règne végétal forment au moins les 4/5es de la totalité des espèces vivantes connues. Mais aussi les familles si peu nombreuses existant à cette époque renferment beaucoup plus d'espèces qu'elles n'en offrent maintenant sur le sol de l'Europe. Ainsi, les fougères des dépôts houillers en Europe comprennent environ 250 espèces différentes, et l'Europe entière n'en produit actuellement que 50.

« De même les gymnospermes, qui maintenant ne comprennent en Europe qu'environ 25 espèces de conifères et d'éphédrées, en renfermaient alors plus de 120 de formes différentes.

« Ces familles seules existantes et bien plus nombreuses alors qu'elles ne le sont maintenant sous les mêmes climats, si l'on embrasse la période carbonifère entière, étaient encore plus remarquables par les formes si différentes sous lesquelles elles se présentaient. Ainsi, parmi les cryptogames nous remarquons des genres de fougères actuellement tout à fait détruits et plusieurs espèces arborescentes, des prèles ou des végétaux voisins également arborescents, des lycopodiacées en arbres gigantesques aussi, toutes formes actuellement inconnues, soit dans le monde entier, soit du moins dans les zones tempérées. »

Parmi les végétaux que nous rangeons dans les dicotylédones gymnospermes les différences sont encore plus tranchées, car ils constituaient des familles complétement anéanties depuis cette époque, telles sont les sigillariées, les nœggérathiées, les astérophyllitées. Les caractères de la végétation pendant la période carbonifère peuvent se résumer ainsi :

Absence complète de dicotylédones angiospermes et presque complète de monocotylédones; prédominance des cryptogames acrogènes et formes insolites et actuellement détruites dans les familles des fougères, des lycopodes et des équisétacées; grand développement des dicotylédones gymnospermes, mais résultant de l'existence de familles com-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plètement détruites, non-seulement de nos jours, mais dès la fin de cette période.

Enfin cette végétation de l'ère carbonifère disparaît presque complétement avec elle; la période permienne qui lui succède n'en présente qu'une sorte de résidu déjà privé de la plupart de ses genres les plus caractéristiques, et pendant la période vosgienne ou du grès bigarré nous n'en trouvons plus aucune trace[1].

La végétation de cette période, d'ailleurs d'une immense durée, comme on en peut juger par l'exemple que nous avons cité (*antè*, p. 493)[2], dénote une température élevée, une atmosphère humide dans laquelle on peut supposer une proportion d'acide carbonique de 0,05 à 0,08 de son volume et un sol également humide, presque au niveau de la mer, au moins dans beaucoup de cas. Cette végétation, qui s'est étendue avec des caractères uniformes du 80° lat. au 35°, sans qu'elle se soit prolongée beaucoup au delà, dans chaque hémisphère entre les tropiques, sauf sur les deux points que nous avons cités (p. 487), est un des grands phénomènes organiques de l'histoire de la terre, phénomène qui ne s'est jamais reproduit depuis avec la même généralité ni avec les mêmes caractères. Il a donc fallu, pour qu'il se manifestât, un concours de circonstances bien particulier dans les conditions physiques de la surface de notre planète.

Statistique du carbone. — Si, comme on a cherché à l'évaluer, l'acide carbonique, contenu dans tous les dépôts houillers connus, est six fois plus considérable que la masse actuelle

1. M. Gœppert (n Bronn, *Geschichte der Natur*, vol. III, part. 2) élève le nombre des plantes connues de l'ère carbonifère à 934, dont 19 cellulaires (algues, champignons, etc.) et 915 vasculaires. De ces dernières il y a 772 cryptogames (fougères, calamites, astérophyllites), et 94 phanérogames (cycadées, conifères, etc.). Voy. aussi *postea*, p. 532.

2. D'après la quantité actuelle d'acide carbonique contenue dans l'atmosphère et l'activité de la végétation de nos forêts, on a aussi calculé que la formation de certaines couches de houille avait dû exiger un laps de 500,000 ans, et celle de toutes les couches de la période 9 millions d'années.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

répandue dans l'atmosphère, on conçoit que les périodes suivantes se soient ressenties d'une pareille perturbation dans les conditions de la vie. En effet, l'affaiblissement sensible ou l'appauvrissement général des forces organiques a été remarqué depuis longtemps dans les dépôts permiens et triasiques, et peut-être n'est-ce que vers le commencement de la période jurassique que l'équilibre s'est trouvé rétabli par l'arrivée successive de nouvelles quantités de carbone.

Lorsqu'on envisage l'extension qu'a prise depuis un siècle l'emploi des combustibles fossiles sur tous les points du globe où l'on en a rencontré, extension que les calculs ont prouvé s'accroître annuellement, on ne peut se refuser à voir, dans l'application que l'homme fait à ses besoins de ces trésors de *force* et de *chaleur* enmagasinés dans le sein de la terre, une sorte de prédestination au rétablissement de l'ancien équilibre, depuis longtemps détruit. C'est un rôle actif qu'il a pris dans l'économie physique de la nature et qui consiste à rendre à l'atmosphère, sous forme d'acide carbonique, par la combustion incessante de la houille et des autres composés analogues, le carbone qui semblait à jamais perdu et devenu inutile après avoir tant contribué au développement des végétations anciennes. Ainsi rendu à la liberté, celui-ci rentre dans le mouvement général, comme il en était sorti, et l'industrie humaine devient un auxiliaire des grandes lois destinées à maintenir l'harmonie de la nature [1].

Si l'on suppose maintenant que dans chaque pays et surtout dans l'Amérique du Nord on établisse des calculs semblables à ceux que nous avons vu sir W. Armstrong présenter pour l'Angleterre, on pourrait presque en déduire le moment

1. Les calculs de M. Péligot ont démontré que, la production annuelle de la houille étant en nombre rond de 133 millions de tonnes (*a*), la quantité d'acide carbonique jetée dans l'atmosphère par sa combustion était de 304 milliards de mètres cubes (Voy. *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. II, p. 20. 1864).

(*a*) Aujourd'hui, ce chiffre doit s'approcher de *150 millions*, si même il ne les dépasse pas.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

où l'atmosphère terrestre sera rentrée en possession d'une grande partie au moins du carbone qui depuis tant de milliers de siècles lui avait été soustrait.

§ 5. SYSTÈME PERMIEN.

On a vu (*antè*, p. 388) dans quel pays, dans quelles circonstances et par quels géologues le *système permien* avait été établi; le tableau (p. 389) montre quelles sont ses principales divisions; nous n'y reviendrons donc point et nous suivrons, dans sa description comme dans celle des autres systèmes, notre marche habituelle de l'O. à l'E.

Si pendant les périodes dévonienne et carbonifère inférieures les phénomènes ignés ont été moins fréquents que dans la précédente, les dépôts houillers, dit sir R. Murchison [1], se sont formés sous l'empire de conditions physiques plus tranquilles encore, en Angleterre comme en Amérique. Les oscillations du sol, tantôt émergé, tantôt immergé, là sous des eaux douces ou saumâtres, là sous des eaux marines, n'ont pas occasionné de perturbations profondes, énergiques, ayant donné lieu à de brusques changements dans les relations stratigraphiques; mais il n'en fut pas de même ensuite. L'ancien état de choses fut interrompu, sinon partout, au moins sur beaucoup de points où l'on trouve les dépôts houillers brisés, disloqués, soulevés, plissés et complétement discordants avec les sédiments qui les ont recouverts. Dans les contrées où ces actions ne se sont pas produites, la concordance entre les deux systèmes règne constamment.

Cette dernière circonstance s'observe particulièrement sur de vastes étendues, à des niveaux bien inférieurs aux roches des périodes plus anciennes dont les redressements ont produit des collines ou des montagnes plus ou moins élevées. Néanmoins, quelque différentes qu'aient été les conditions

1. *Siluria*, p. 325.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

physiques dans les divers pays, la marche générale de la nature organique n'en a point été sensiblement affectée quant au développement graduel de ses types. Le nombre de ceux-ci est à la vérité beaucoup plus restreint; il semble y avoir eu un moindre développement des forces vitales pendant cette période; mais la cause de cette faible énergie, que nous avons déjà fait entrevoir et sur laquelle nous reviendrons plus loin, doit être cherchée ailleurs que dans les actions physiques dont l'origine est à l'intérieur. La distance qui sépare les animaux et les plantes carbonifères des faunes et des flores du trias devait être comblée par les animaux et les végétaux permiens dont les espèces particulières sont généralement plus voisines des types carbonifères que des types triasiques.

Iles-Britanniques. — Les couches permiennes des Iles-Britanniques présentent de haut en bas les trois groupes suivants.

1° Marnes et sables rouges.

2° Marnes schisteuses et conglomérats magnésiens (schistes cuivreux et zechstein de l'Allemagne).

3° Grès inférieurs jaune et rouge (*rothe todt Liegende*).

Le grès inférieur dans le comté de Durham à l'ouest de Sunderland est d'un rouge foncé à la base, passe au jaune vers le haut et supporte le calcaire magnésien dont il suit les inflexions stratigraphiques. A leur jonction sont des marnes avec *Lingula Credneri* et des poissons (*Palæoniscus, Pygopterus, Cœlacanthus, Acrolepis* et *Platysomus*).

Le second groupe, particulièrement décrit dans le Durham, le Yorkshire et le Nottinghamshire par M. Sedgwick qui a établi son parallélisme avec les dépôts contemporains de l'Allemagne, est bien développé dans la falaise de Sunderland à Hartlepool et caractérisé par l'*Axinus obscurus*. Il disparaît ensuite sous des dépôts plus récents pour se montrer de nouveau à Doncaster et à Nottingham. Il a fourni les matériaux de construction pour les plus grands monuments anciens et modernes de l'Angleterre. Ses caractères sont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'ailleurs aussi variables qu'en Allemagne, et il en est de même de son épaisseur. Suivant M. King, qui a donné une excellente monographie de ses fossiles, les bancs inférieurs du calcaire compacte représenteraient le zechstein inférieur et les calcaires concrétionnés et bréchoïdes du Durham le zechstein supérieur, avec ses dolomies, les *Rauchwackes* et le *Stinkstein*.

Aux environs de Manchester, le calcaire magnésien n'est plus indiqué que par des bancs subordonnés aux grès et renfermant des moules de coquilles (*Schizodus*, *Avicula*, *Turbo*, *Rissoa*). Dans le Lancashire, où ses relations avec la houille au-dessous et les grès et marnes rouges au-dessus ont été étudiées par M. Binney, l'épaisseur totale du système serait de 350 mètres, dont 100 mètres de marnes rouges avec gypse au nord et nodules de calcaires au sud, 3 de calcaires magnésiens fossilifères et 247 de grès rougé recouvrant les dépôts houillers.

En résumé, M. Murchison estime à 600 mètres l'épaisseur totale du système dans les Iles-Britanniques. Les grès de Corncockle-Muir, près de Dumfries (Écosse), avec les empreintes de grands reptiles, décrites par M. Jardin, appartiendraient encore au grès inférieur. Les mêmes assises se prolongent au sud de Manchester par le Shropshire, le Staffordshire et le Worcestershire où les travaux de MM. J. B. Jukes et Ramsay ont fait bien connaître leur composition et leurs relations stratigraphiques. Dans le nord de l'Irlande, un équivalent du calcaire magnésien a été reconnu par M. J. Bryce à Cultrea, sur la côte méridionale de la baie de Belfort, dont M. King a décrit les fossiles (*Schizodus*, *Mytilus*, *Arca*, *Pleurophorus*). Près d'Artrœa (Tyrone), une dolomie sableuse, recouvrant le calcaire carbonifère, a présenté le *Mytilus squamosus*, le *Backwellia antiqua*, le *Schizodus obscurus*, le *Pleurophorus costatus*, le *Turbo helicinus*, fossiles dont quelques-uns ont été retrouvés par le comte de Keyserling jusque dans le bassin de la Petschora, à l'extrémité nord-est de l'Europe. Les autres formes sont des polypiers et des bryo-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

zoaires fréquents dans le calcaire magnésien d'Angleterre; de sorte qu'il y a toute probabilité que la mer où vivaient ces formes particulières s'étendait du N.-E. au S.-O. sur une surface de 4000 kilomètres.

Les masses minérales ou roches constituantes du système se succèdent, d'après les remarques de M. Murchison, dans le même ordre du N. au S. en Angleterre et en Allemagne.

Ne pouvant reproduire les considérations intéressantes dont M. W. King a fait précéder son importante *Monographie des fossiles permiens*[1], nous donnerons le résumé de son tableau qui, comparé à ce que nous avons dit des faunes et des flores antérieures, ne pourra manquer de rendre frappant l'appauvrissement des forces organiques pendant cette période.

FLORE ET FAUNE PERMIENNES.

CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	Nombre des genres.	Nombre des espèces.	Espèces d'Angleterre et d'Irlande.	Espèces propres à l'Angleterre ou à l'Irlande.	Espèces communes à l'Allemagne.	Espèces communes à la Russie.	Espèces propres à l'Allemagne.	Espèces propres à la Russie.
FLORE	17	60	7	6 ?	1	»	26	27
FAUNE. Amorphozoaires	4	5	5	5	»	»	»	»
Rhizopodes	3	6	6	6	»	»	»	»
Polypiers	14	18	11	4	7	1 ?	2	5
Échinodermes	2	2	2	»	»	»	»	»
Annélides	4	5	5	4	»	»	»	»
Crustacés	3	13	12	12	»	»	»	1
Mollusques. Brachiopodes	14	37	23	9	13	5	»	14
Mollusques. Lamellibranches	19	47	30	16	14	7	1 ?	16
Mollusques. Gastéropodes	10	26	21	18	3	»	2	3
Mollusques. Céphalopodes	3	4	2	1	1	»	1	1
Poissons	14	45	16	16	»	»	27	2
Reptiles	7	9	3	3	»	»	2	4
	114	277	143	100	39	13	61	73

1. *The Palæontographical Society*. Londres, 1850, avec 29 planches. De nombreuses additions ont été faites aux chiffres de ce tableau, comme on le verra ci-après.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ce tableau montre, comme on devait s'y attendre, que les espèces communes à deux régions sont d'autant moins nombreuses que ces régions sont plus éloignées l'une de l'autre et que ce sont les polypiers, les brachiopodes et les lamellibranches qui ont la plus grande extension horizontale ou géographique.

France. — Le système permien est représenté dans l'est de la France par deux assises puissantes, constituant une partie du massif des Vosges, se prolongeant au nord par la Hart et circonscrivant le bassin houiller de Saarbruck. L'inférieure, de 120 à 150 mètres de puissance, repose souvent sur les roches granitiques de la chaîne et comprend des grès rouges, des poudingues et des argilolithes ou argiles rouges endurcies; c'est le véritable représentant du *rothe todt Liegende* de l'Allemagne, dans lequel on a seulement trouvé quelques empreintes végétales peu déterminables et des troncs silicifiés. L'assise supérieure, qui atteint jusqu'à 400 mètres d'épaisseur et généralement connue sous le nom de *grès des Vosges*, est un grès feldspathique renfermant de nombreux cailloux roulés de quartz blanc laiteux, compacte ou micacé, n'ayant aussi présenté que peu d'empreintes de plantes.

Ce système, décrit en 1827 par M. Élie de Beaumont et rapporté à son véritable niveau, s'observe également dans l'Odenwald et dans la Forêt-Noire, formant avec les Vosges, comme dit le savant auteur, deux massifs montagneux symétriques, terminés en face l'un de l'autre par deux longues falaises parallèles, entre lesquelles coule le Rhin de Bâle à Mayence, disposition due à des failles qui ont abaissé le sol de la plaine qui les sépare.

En 1840, Rozet avait aussi placé sur le même horizon certaines arkoses ou grès du Mâconnais et du Beaujolais, et ce rapprochement fut confirmé plus tard par la découverte de plantes fossiles (conifères du genre *Walchia*), dans les grès qui recouvrent les dépôts houillers du Creuzot et de Blanzy.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les schistes bitumineux à poissons de Muse, d'Igornay, de Saint-Léger, etc., dans le bassin d'Autun, avaient été rapportés au zechstein. Mais la détermination de ces poissons (*Palæoniscus Blainvillei*, *Voltzii* et *angustus*, *Amblypterus latus*, *Pygopterus Bonnardi*), des restes d'un reptile remarquable découvert récemment par M. Frossard, et qui serait, suivant M. Gaudry, l'*Archegosaurus latirostris*, Jordan, un *Ichthyodorulites* paraissant provenir du *Pleuracanthus lævissimus*, de nombreux coprolites de diverses grosseurs ainsi que les empreintes de plantes semblent devoir les faire réunir aux dépôts houillers sous-jacents[1]. Des roches permiennes avaient été indiquées aussi par E. Richard, en 1837, dans la forêt de la Serre, au nord de Dôle, où M. Coquand a signalé depuis des empreintes de *Walchia Schlotheimi* et *hypnoides* avec des restes de reptile saurien, peut-être de *Protorosaurus Speneri?*

Les schistes à empreintes végétales de Lodève (Hérault), placés d'abord dans le trias, mais dont les plantes avaient inspiré des doutes à M. Ad. Brongniart qui y voyait un passage de la flore houillère à celle de la période du grès bigarré, ont été rapportés par M. Coquand au système dont nous nous occupons. Les plantes, déterminées par M. Ad. Brongniart, comprennent 13 espèces de fougères, 1 astérophyllitée et 5 conifères du genre *Walchia*. Un reptile saurien, *Aphelosaurus lutevensis*, Gerv., y a été découvert en 1859. Au sud de ce point, M. Fournet a pu rapporter au même niveau des roches dolomitiques renfermant plusieurs des empreintes de Lodève, plus une espèce ayant son analogue dans la Thuringe et une autre en Russie. On peut en outre distinguer dans ce

1 Ce reptile serait ainsi le plus ancien qui ait été jusqu'à présent signalé en France, et les plantes que M. Ad. Brongniart a bien voulu examiner sont : *Pecopteris arborescens*, *Neuropteris tenuifolia? Sphenopteris crassinervia*, *Nœggerathia* ou *Cordaites*, *Cyclocarpus intermedius*, *Walchia piniformis*, espèces que M. Gœppert cite toutes dans la flore permienne, mais qui le sont également dans la flore houillère à l'exception du *Sphenopteris crassinervia*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pays, comme l'a fait remarquer M. de Rouville, une assise inférieure représentant le grès rouge ou *rothe todt Liegende*, et une supérieure le zechstein.

Dans la région pyrénéenne et dans toute la péninsule ibérique, le système permien semble manquer jusqu'à présent, les poudingues et les grès rouges sans fossiles de la base du trias en Espagne n'ayant encore présenté aucun caractère assez prononcé pour qu'on les en séparât, sauf peut-être ceux du sud de la province de Cuenca. Il en est de même, en Italie, dans la région des Alpes et l'Allemagne méridionale; aussi passerons-nous de suite à la partie centrale de l'Europe, où nous avons déjà vu que ses divers membres avaient été l'objet de nombreux travaux vers le milieu et la fin du XVIIIe siècle.

Allemagne centrale. — Sur les pentes du Thuringerwald, dit sir R. Murchison, le système permien se sépare nettement des dépôts plus anciens comme des plus récents. Les roches carbonifères, discordantes par rapport à celles qui les recouvrent, ont été déposées pendant une période de tranquillité, tandis que celles qui leur ont succédé l'ont été dans un temps de perturbations occasionnées par l'arrivée des roches ignées et le transport violent de matériaux arrachés aux couches antérieures. C'est au commencement de l'ère permienne que s'élevèrent les porphyres rouges qui atteignent les sommets de la chaîne centrale (l'Inselsberg et le Schnee-Kopf, de 1094 mètres d'altitude). Les principales éruptions se manifestèrent du S.-E. au N.-O., masquant ainsi l'ancienne direction des roches schisteuses qui couraient N.-E., S.-O., et déterminant la ligne de partage des eaux dirigée S.-E., N.-O., ou perpendiculairement aux crêtes précédentes. Ces porphyres supportent les couches permiennes, des deux côtés de la chaîne.

A l'extrémité nord du Thuringerwald, autour d'Eisenach, toute la série se développe sur une épaisseur d'environ 1200 mètres, comme le prouvent des sondages poussés jusqu'à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

près de 800. La coupe de cette petite région, faite en 1858 par M. Murchison, met en évidence la disposition générale de ses divers éléments constituants, depuis longtemps classiques parmi les géologues du pays, d'ailleurs plus minéralogistes que stratigraphes. Nous reproduirons cette coupe en abrégeant les détails qui présentent de haut en bas :

1° Couches minces de calcaire fétide (*Stinkstein*) avec gypse sur d'autres points;
2° Calcaire magnésien en bancs épais (*Zechstein*);
3° Schistes cuivreux noirs avec poissons fossiles (*Kupferschiefer*);
4° Conglomérats de granite, à fragments anguleux d'origine inconnue, et lits d'argile sableuse, rouge foncé, portant le château de Wartburg, 150 mètres. A l'est et à l'ouest vient un conglomérat gris (*weiss Liegende*), se liant à l'assise sous-jacente par une terre verte cuivreuse; quelques calcaires avec des fossiles du zechstein, se voient aux environs de Géra;
5° Grès et argile rouge foncé, 75 mètres;
6° Conglomérat quartzeux avec fragments anguleux de quartz dans une pâte rouge, des fragments de micaschistes de roches schisteuses, de porphyre ancien, etc., 200 mètres;
7° Roche rouge, partie supérieure du *rothe todt Liegende*.

Ici, comme dans toute cette partie de l'Allemagne, les dernières assises du zechstein sont surmontées, d'une manière concordante, par un grès et une argile rouge, calcarifère par places, passant vers le haut à un grès rouge en dalles, rapporté au grès bigarré par les géologues du pays, mais que M. Murchison réunit au zechstein parce qu'en Russie c'est précisément dans les mêmes grès et les conglomérats recouvrant les calcaires avec fossiles du zechstein, que se trouvent les plantes et les reptiles (*Protorosaurus*) identiques avec les espèces du grès rouge de l'Allemagne (*rothe todt Liegende*) placé au-dessous du calcaire. Ces dernières assises n'ont d'ailleurs jamais présenté de formes organiques du trias. La puissance de la formation est en outre très-variable, car, à quelques milles à l'ouest d'Eisenach où les porphyres dominent, elle n'est plus que de 60 mètres, ce qui n'empêche

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pas d'y reconnaître distinctement tous les éléments de la série précédente.

Sur le pourtour du Harz, dirigé O.-N.-O., E.-S.-E. ou presque perpendiculairement à l'alignement des roches anciennes, les couches permiennes sont comparables à celles du Thuringerwald et de la contrée située à l'ouest, mais elles y présentent quelques circonstances particulières. Ainsi la puissance des grès rouges inférieurs est très-variable, et la partie supérieure du zechstein est plus fréquemment composée de masses gypseuses d'une grande épaisseur. A Frankenhausen, des sondages poussés jusqu'à 350 mètres pour atteindre les roches salifères n'ont presque traversé que des gypses, alternant avec des lits subordonnés argileux et calcaires. Ici comme dans la steppe des Kirghiz au sud-est d'Orenbourg, les roches salifères et gypseuses sont comprises dans le système permien. La présence de ces substances comme les masses de dolomies caverneuses seraient, suivant l'auteur, le résultat d'actions métamorphiques.

En Saxe, les environs de Dresde montrent bien aussi la composition du système permien inférieur recouvrant transgressivement les dépôts de houille. D'après les recherches de MM. Geinitz et Gutbier, plus de 60 espèces de plantes ont été observées dans les couches permiennes de Zwickau; 40 sont exclusivement de cette période, et plusieurs sont identiques avec celles qui, en Russie, sont au-dessus de l'horizon du zechstein.

Dans un mémoire subséquent (1863), M. Murchison a de nouveau insisté sur la discordance du grès rouge et des dépôts carbonifères dans le nord-est de la Bohême, où sa partie inférieure atteint près de 700 mètres d'épaisseur. Elle est composée d'alternances de grès, de sables, de marnes, d'argiles bitumineuses, de schistes cuprifères, de calcaires et de conglomérats, avec des porphyres et d'autres roches ignées intercalées. Ici il n'y a point au-dessus de couches du zechstein avec coquilles marines, de sorte qu'on peut douter

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

si ces dépôts ne sont pas d'eau douce. M. Geinitz[1] mentionne, dans ce groupe inférieur de la Bohême, de la Saxe et de la Russie, 9 genres et 11 espèces de reptiles sauriens, tandis qu'il n'y en a que 2 dans les schistes cuivreux, puis 4 genres de poissons comprenant 12 espèces, dont 9 *Palæoniscus*, lesquels paraissent peu différer des 7 espèces signalées dans les schistes cuivreux du nord de l'Allemagne.

Dans leur ensemble les roches permiennes de l'Allemagne différeraient, par leurs divisions pétrographiques, de celles que nous décrirons plus à l'est en Russie. Elles montrent un beaucoup plus grand développement des assises rouges et clastiques inférieures, et ne renferment pas, dans les supérieures au-dessus du zechstein, les nombreuses plantes fossiles et les reptiles qui caractérisent les couches correspondantes de l'est. D'un autre côté, on trouve, au-dessous du zechstein de l'Allemagne, beaucoup de plantes qui en Russie sont dans des couches rouges placées au-dessus de cet horizon, de sorte que les divers termes de la série sont rattachés les uns aux autres par les caractères paléophytologiques.

Les formations permienne et triasique sont parfaitement concordantes; elles ne montrent point entre elles ces interruptions stratigraphiques signalées entre les groupes carbonifères inférieur et supérieur, ni entre ce dernier et les premiers dépôts permiens; néanmoins, leurs flores et leurs faunes respectives sont entièrement différentes. L'organisme permien représente les dernières manifestations des types anciens, l'organisme du trias, des types complétement nouveaux.

Russie. — On a vu que, dès 1841, M. Murchison et ses collaborateurs, MM. de Verneuil et de Keyserling, avaient proposé de réunir sous le nom de *système permien* un grand ensemble de marnes rouges, de sables et de grès s'appuyant au pied du versant occidental de l'Oural, et particulièrement

1. *Dyas oder Zechsteinformation*, etc., in-4°, 1861-62.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

développé dans les gouvernements de Perm, d'Orenbourg, de Kazan, de Nijni-Novogorod, de Yaroslaw, de Kostroma, de Viatka et de Vologda, région deux fois aussi grande que la surface de la France. Ces premiers aperçus, ainsi que le parallélisme proposé avec les dépôts du centre de l'Allemagne et de l'ouest de l'Europe dont nous venons de parler, ont été développés dans le grand ouvrage de ces savants sur la *Géologie de la Russie;* et depuis, l'un d'eux, M. Murchison, après plusieurs autres voyages, ayant repris ce sujet, eut occasion de le traiter aussi dans son dernier ouvrage, *Siluria*, auquel nous emprunterons ce qui suit.

Malgré la variété d'aspect et de composition des couches permiennes de la Russie, comprenant des grès, des psammites, des marnes, des conglomérats et des calcaires avec de grandes masses de gypse et des roches salifères, des minerais de cuivre et parfois du soufre, l'ensemble ou le caractère général des types d'animaux et de végétaux est le même dans la vaste étendue qu'occupent ces dépôts limités et supportés, à l'est, à l'ouest et au nord, par la série carbonifère.

Sur les bords de la Kama, non loin de sa jonction avec le Volga, les grès rouges cuivreux avec des empreintes de plantes sont sous la masse principale de calcaires et recouverts par des marnes; mais le long de l'Oural les calcaires gypseux semblent en former la base, suivis par le grès rouge cuivreux, les sables, les marnes et les lits de cailloux, si développés autour de Perm. Les calcaires en général, renfermant les amas de gypse, dominent vers le bas. Des eaux salées sourdent en divers endroits; quelques-unes pourraient provenir du vieux grès rouge dévonien; mais dans la steppe méridionale d'Orenbourg, des assises salifères qui affleurent à la surface appartiennent certainement au système dont nous parlons. Celui-ci a pris part aux mouvements dirigés N., S. qui ont affecté les assises carbonifères le long du pied occidental de l'Oural.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Si des montagnes de Gurmaya on marche à l'O. perpendiculairement à la direction de cette chaîne, on trouve à partir des roches siluriennes, puis dévoniennes : 1° le calcaire carbonifère avec ses grands *Productus* et d'autres fossiles, qui passe vers le haut à des sables avec des traces de charbon; 2° le système permien, composé de grès et de psammites, de calcaire en bancs avec les fossiles du zechstein de l'Allemagne, associés avec des gypses, des marnes, etc.; 3° des grès rouges avec minerai de cuivre (carbonates vert ou malachite et bleu, azurite) et de nombreuses plantes; 4° des conglomérats et des grès avec des débris de reptiles. Sur d'autres points les relations de ces diverses roches sont différentes.

Flore. — La flore et la faune permiennes se rattachent à l'organisme du terrain de transition; car, bien que les espèces soient en grande partie distinctes de celles de la période carbonifère, la somme des rapports généraux est remarquable, lorsqu'on songe à l'énergie et à l'étendue des phénomènes physiques qui se sont produits à la fin des dépôts houillers.

Dans les Iles-Britanniques les plantes permiennes sont peu significatives; on a vu quelles étaient les conclusions déduites de celles trouvées dans quelques parties de la France. En Saxe, les grès et les conglomérats de Swickau ont, comme on l'a dit, présenté 60 espèces dont quelques-unes sont carbonifères, les plus caractéristiques étant les *Sphenopteris erosa* et *lobata* et le *Calamites gigas*. En Russie, ces espèces se trouvent surtout au-dessus du calcaire; en Saxe, c'est dans les couches inférieures. Les tiges silicifiées de fougères (Psaronites) sont très-fréquentes dans les couches rouges de l'Allemagne. Aucun des genres permiens de Russie (*Neuropteris, Odontopteris, Lepidodendron, Sphenopteris, Nœggœrathia*) ne se continue dans le trias au-dessus, malgré la concordance parfaite des couches, et les végétaux nous confirment ce que nous avaient montré les animaux, savoir : que les types se continuent malgré les dislocations, quel-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que importantes qu'elles soient, et cessent malgré la concordance des couches, prouvant ainsi l'indépendance absolue des deux ordres de phénomènes.

M. Gœppert, dans un travail plus récent, mentionne dans les couches permiennes de l'Allemagne et de la Russie 182 espèces, dont 169 se trouvent dans le grès rouge et le conglomérat inférieur seul (*rothe todt Liegende*). La comparaison des deux pays l'amène à la conclusion déjà exprimée, savoir: l'analogie de la flore de l'Allemagne, placée au-dessous du zechstein, avec celle de la Russie, placée au-dessus. D'ailleurs cette assise calcaire subordonnée a une si faible importance, relativement au laps de temps qu'elle représente, qu'*à priori* on pouvait juger qu'il en serait ainsi.

Partout cette flore est composée des mêmes genres et des mêmes familles que celle qui l'avait précédée. Les fougères et les *Calamites* y dominent également et 8 0/0 des espèces seraient identiques de part et d'autre. Les Psaronites seules sont propres aux couches permiennes, et la *Voltzia heterophylla* aurait seule aussi vécu jusqu'à l'ère triasique. Ainsi, les vues exprimées d'abord par M. Ad. Brongniart sont confirmées par les études ultérieures de MM. Gœppert et Morris, savoir : que cette flore marque la fin de l'époque de transition et se trouve complétement séparée de tous les végétaux de l'époque secondaire.

Faune. — La plupart des restes d'animaux du système permien montrent aussi une grande analogie avec leurs congénères carbonifères. Les listes, données d'abord par M. de Verneuil, renfermaient 166 espèces; par suite des recherches de MM. Geinitz et de Schauroth en Allemagne, King et Howse en Angleterre, leur nombre s'élève à 230 environ, tandis que la période carbonifère en a présenté plus de 1000. Les rhizopodes et les petits crustacés ne sont pas éloignés des espèces carbonifères; les bryozoaires et les polypiers sont des types anciens (*Polycœlia, Fenestella retiformis, Scynocladia virgula*). Les crinoïdes sont rares; une espèce de *Cidaris* est

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la première du type des vrais oursins, les *Archæocidaris* plus anciens ayant été rapportés à un autre ordre par quelques auteurs.

Les mollusques brachiopodes montrent beaucoup de *Productus* voisins, mais différents de ceux de la période précédente. Les *P. horridus* et *Cancrini*, les plus répandus en Angleterre et en Allemagne, ont été trouvés au Spitzberg avec les *Spirifer undulatus* et *cristatus*. De ces derniers, l'un, le *S. undulatus*, est le plus caractéristique de la formation; l'autre, le *S. cristatus*, serait également carbonifère. Les *Orthis* seraient représentés par une seule espèce (*O. pelargonata*) qui paraît devoir constituer un nouveau genre, et par d'autres formes : *Strophalosia*, King, (*Orthothrix*, Gein. *Aulosteges*, Helmersen). 2 ou 3 Térébratules sont fort communes, entre autres la *T. elongata*, très-voisine d'une espèce carbonifère. Les Pentamères ont aussi leurs analogues dans les *Camerophoria* qui s'en rapprochent par les caractères intérieurs pour disparaître complétement ensuite, alors que règnent les vraies Térébratules et les Rhynchonelles. Des 17 espèces de brachiopodes d'Angleterre, 15 se retrouvent en Allemagne, et 7 s'étendent jusqu'à l'extrémité nord-est de la Russie.

Les autres coquilles bivalves n'ont encore offert que 53 espèces au lieu de 288 dans la période carbonifère. Les Modioles (*M. Pallasi* et *septifera*) sont les plus caractéristiques. Les *Schizodus* (*Axinus*) *obscurus* et *truncatus* sont communs aux deux extrémités de l'Europe et le *S. rossicus* est propre à la Russie. Les Avicules ne sont pas moins répandues. L'*A. speluncaria* de l'ouest a été retrouvée aux environs d'Arkangel, tandis que les *A. keratophaga* et *antiqua* sont propres à l'Allemagne et que l'*A. kasanenais* se trouve plus exclusivement à l'est.

Les gastéropodes sont rares; on en compte seulement 21 espèces, toutes petites, nouvelles, sauf 3 qui sont communes à la période précédente, où l'on en connaît 225. Le

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Nautilus Freislebeni représente seul les 160 espèces de céphalopodes carbonifères (*Goniatites*, *Nautilus*, *Orthoceratites*).

Les trilobites, qui diminuaient graduellement depuis la période silurienne, sont complétement éteints de ce côté de l'Atlantique; mais les types qui, dans la faune actuelle, s'en rapprochent le plus et qui déjà se montraient dans les dépôts houillers, sont représentés par une grande espèce propre à la Russie, le *Limulus oculatus*. 6 espèces de l'ordre des ostracodes sont, suivant M. de Keyserling, très-répandues et très-caractéristiques de toute la formation de ce dernier pays.

Parmi les poissons, 53 espèces ont été déterminées; toutes sont *hétérocerques*, caractère qui semble disparaître dans les dépôts secondaires et tertiaires et qui dans nos mers se retrouve seulement chez les Squales et les Esturgeons. Le *Platysomus striatus*, les *Palæoniscus*, *Pygopterus*, *Galacanthus*, *Pleuracanthus*, *Acanthodes*, *Acrolepis* et *Platysomus* sont les types dominants de l'ère permienne en Angleterre, en Allemagne et en Russie, types qui vivaient déjà pendant la période carbonifère où ils étaient représentés par des espèces différentes.

Enfin, suivant les observations de M. R. Owen, les reptiles tels que les *Protorosaurus* de la Thuringe appartiennent à un ordre plus élevé que les *Archegosaurus* carbonifères, qui, comme on l'a dit, se rapprochent des batraciens et des poissons sauroïdes. Ils ont été placés près des Monitors actuels et avaient probablement des habitudes aquatiques. Le *Rhopalodon* de la Russie, le *Thecodontosaurus* et le *Palæosaurus* de Bristol appartiennent aussi à la même famille de sauriens, tout en ressemblant au *Cladyodon* et au *Belodon* du trias. Ces reptiles ont les dents des thécodontes, les vertèbres subbiconcaves, les côtes à double jointure, les os des jambes bien développés, les extrémités unguiculées montrant une organisation aussi élevée que les *Teleosaurus* jurassiques. Par les trois vertèbres du sacrum, ils se rapprochent des dino-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sauriens. Le *Labyrinthodon Bucklandi* provient des environs de Kenilworth (Warwickshire), et le *Zygosaurus lucius* des calcaires permiens de la Russie, comparé d'abord au Crocodile, pourrait peut-être avec plus de raison se rapprocher des *Labyrinthodon*. Enfin le *Meiosaurus uralensis* du même pays, l'*Osteophorus Römeri* et le *Phanerosaurus Naumanni*, du grès rouge de l'Allemagne, sont encore venus augmenter récemment la faune erpétologique de cette période.

Spitzberg. — On a vu (*antè*, p. 484) que des roches rapportées récemment des îles du Spitzberg et particulièrement des environs de Bell-Sound avaient été d'après leurs fossiles regardées comme carbonifères, opinion d'ailleurs émise depuis longtemps par M. Eug. Robert; mais les fossiles recueillis par ce dernier voyageur ayant été classés comme permiens par M. de Koninck, il doit rester quelque doute sur la présence de l'une des deux formations dans ce pays[1]. Ce qu'il y a de particulier, c'est que quelques-unes de ces formes semblent très-voisines de formes observées en Australie et dans la terre de Van-Diemen, vers le pôle opposé de la terre.

La distribution actuellement connue du système permien nous le montre donc, d'après les fossiles recueillis, comme un ensemble de dépôts des régions du nord.

Asie. Inde. — Des auteurs récents, entre autres M. Oldham, ont pensé que les grandes assises de grès et de calcaires qui dans l'Inde renferment des dépôts de charbon et de nombreuses empreintes de plantes, regardées d'abord comme jurassiques puis comme triasiques, pourraient représenter dans cette vaste région la période permienne.

Amérique du Nord. — La présence du système permien n'a pas encore été signalée dans le reste de l'ancien continent ni en Afrique; mais l'Amérique du Nord dont les caractères géo-

1. Ces espèces sont: *Productus horridus, Cancrini, Leplayi, Robertianus, Spirifer alatus* (*undulatus Sow.*), *cristatus, Orthis*, voisin de l'*O. umbraculum, Terebratula Schlotheimi, Fenestella*, voisine de la *F. anceps*, un *Senopora*, voisin des *S. tamaniensis* et *ovata, Pleurotomaria Verneuili, Pecten Geinitzianus.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

logiques nous offrent si souvent la contre-partie de ceux de l'Europe, quoique sur une plus vaste échelle, ne manque pas de ce dernier terme de la série de transition. Il se trouve, jusqu'à présent du moins, dit M. Dana, dans la portion occidentale du bassin du Mississipi, particulièrement dans le Kansas et dans quelques parties du versant oriental des montagnes Rocheuses. Il recouvre, à stratification concordante, la série carbonifère (groupe houiller), et leur séparation paraît même être assez difficile à tracer. Dans le Nebraska et le Kansas, il affleure sur la limite occidentale de la région carbonifère; une bande est dirigée de Nebraska-City vers le sud ; d'autres affleurements existent sur divers points, et M. Shumard le signale dans les montagnes du Guadalupe (Nouveau-Mexique). Il ne semble pas qu'aucune division ait encore pu être établie dans l'ensemble des couches qui la composent et qui sont des calcaires, des grès rouges, verdâtres, des marnes et des argiles grises. Les bancs de gypse, les conglomérats et les calcaires dominent par place.

MM. Swalow et Hawn estiment à 250 mètres son épaisseur totale. 80 mètres sont désignés comme *permien supérieur* et le reste comme *permien inférieur*. MM. Meek et Hayden rapportent cette dernière division et même une partie de la première au groupe houiller. Les calcaires sont marneux ou argileux, souvent magnésiens, ainsi que beaucoup d'autres plus anciens du même pays. M. Newberry, qui a parcouru cette région après ces deux géologues, semble admettre, avec eux, que les fossiles carbonifères de la partie inférieure de leur coupe se mêlent vers le haut avec les formes permiennes jusqu'à la base de l'assise n° 10 de cette coupe, laquelle contiendrait seulement des fossiles regardés en Europe comme caractérisant la faune permienne. Ce passage ou ce mélange, s'il existe, prouverait une fois de plus qu'aucune ligne de démarcation absolue ne peut être tracée entre les deux formations dans ces contrées de l'ouest.

Le dépôt de toutes ces roches s'effectua pendant une

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

grande période où prévalurent les mêmes conditions physiques générales. Quelques circonstances orographiques particulières occasionnèrent les différences observées entre les dépôts contemporains des rives de la Kansas et du Petit-Colorado; mais, de part et d'autre, les couches sont complétement concordantes avec les roches anciennes au-dessous et avec les roches crétacées au-dessus. Il semble que dans ces vastes régions qui bordent les montagnes Rocheuses et le bassin oriental du Mississipi, les relations des roches dénotent une ère de tranquillité plus longue qu'en aucune des parties du globe étudiées jusqu'ici. En Europe, nous avons vu la ligne de séparation entre les systèmes permien et carbonifère souvent peu prononcée, sauf en Allemagne; dans le Kansas, suivant M. Newberry, elle n'existerait pas du tout.

M. J. Marcou, qui, en 1853, a parcouru de l'E. à l'O. toute cette partie du Nouveau-Mexique, a donné en 1859 un tableau que nous reproduirons en ce qu'il a d'essentiel pour montrer la succession des couches que l'auteur rapporte au trias et au système permien. Les désignations de *Keuper*, *Muschelkalk* et *Bunter-Sadstein*, ne sont encore justifiées d'ailleurs par la présence d'aucun type d'animaux ni de végétaux caractéristiques de ces horizons en Europe.

FORMATION TRIASIQUE.

	Mètres.
a. Marnes panachées (base du mont de la Pyramide, et pied nord du Llano Estacado)	152
b. Grès gris-blanchâtre, souvent rose et même rouge, à structure massive (Rocky-Dalle-Creek, Laguna Colorada, Dry-river, collines sableuses des bords de la Canadienne, de l'Arkansas, de la Platte, etc.) Ces deux assises représenteraient pour l'auteur le groupe de marnes irisées (*Keuper*)	304
c. Gypse blanc avec des dolomies, des argiles rouges subordonnées et des argiles salifères vers le haut (San Antonio, Nouveau-Mexique, rio Puerco de l'Ouest, Lithodendron-Creek), bois fossiles siliceux très-abondants (*Araucarites* et *Pinites*). Ce serait pour M. Marcou l'équivalent du muschelkalk	456
d. Argile rouge vermillon, alternant avec des grès marneux rouges, tachés de vert (bords de Valnut-Creek, rive droite du rio Colorado-Chiquito). Cette division, comparée au grès bigarré de l'Europe (*Bunter Sandstein*), repose d'une manière concordante sur les couches permiennes des rives de la Canadienne et du rio Colorado-Chiquito, et est discordante dans le Kansas	608

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

FORMATION PERMIENNE.

Mètres.

e. Calcaire celluleux, dolomitique, alternant avec des marnes rouges, bleues et blanches, et avec des conglomérats (*Monotis radialis, M. variabilis, Mytilus permianus, Backewellia antiqua, Schizodus rossicus, Nautilus permianus, Productus Leplayi, P. Canerini, Terebratula elongata*, etc.). Smoky-hill-Fork, dans le Kansas, la sierra de Guadalupe et Canon Diablo (Nouveau-Mexique) 91

f. Calcaire blanchâtre, dolomitique avec grès, argile, schiste, conglomérat et charbon subordonnés (*Archæocidaris Verneuiliana, Productus semireticulatus, P. Calhounianus, P. Norwoodii, Monotis speluncaria, Pecten Clevlandicus, Leda kazanensis, Loxonema fasciata, Macrocheilus spiratus*, etc.). Council-Grove, vallée de la Kansas, près du fort Riley, comté de Lasalle, Illinois, etc. 21

Ce système paraît être tantôt concordant, tantôt discordant par rapport au système carbonifère sous-jacent [1].

La flore permienne de ce pays n'a encore fourni aucun document; la faune, en la restreignant aux assises supérieures, ne présente qu'un petit nombre de mollusques bivalves outre ceux que nous venons de citer (*Monotis Hawni, M. concava, Bakewellia parva, Solen? permianus, Myalina perattenuata, Murchisonia subangulata? Pleurophorus subcuneatus, Orthoceratites Kickapooense, Cyrtoceras dorsatum*). Le *Monotis Halli* et deux ou trois autres espèces se trouvent à la fois dans les couches supérieures et inférieures, et, dans ces dernières, M. Swallow compte 75 espèces dont 1/5 se retrouveraient dans les véritables couches carbonifères placées dessous. Ces 16 espèces, comme on pouvait s'y attendre, sont celles qui ont à la fois la plus grande extension géographique et stratigraphique. Le système permien de l'Amérique du Nord est donc, jusqu'à présent, tout à fait rudimentaire, et nous n'y voyons encore représentés ni les poissons, ni les reptiles qui, dans l'ancien continent, forment un de ses caractères paléozoologiques les plus importants, ni les plantes qui, en Russie, en Saxe et en France, le caractérisent également.

Épaisseur et origine des roches. — M. Dana [2] termine son exposition du terrain de transition de l'Amérique septentrio-

1. Plus tard (1864), M. J. Marcou a cru reconnaître dans le Nebraska des représentants du grès rouge (*rothe todt Liegende*) et du zechstein de l'Allemagne.

2. Loc. cit., p. 377-386.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nale par des considérations dont nous croyons utile de reproduire ce qui suit.

Dans ce pays les différents systèmes atteignent les épaisseurs maximum suivantes :

Système permien	250 mètres.
— carbonifère.	5560
— dévonien.	4380
— silurien	6700[1]
Total. . . .	16890 mètres.

La plus grande épaisseur de tout le terrain se trouve dans la région des Apalaches où elle est de 16,600 mètres, et de plus, chaque groupe en particulier, depuis le grès de Potsdam jusqu'aux dernières assises carbonifères, y acquiert aussi son plus grand développement. Dans le bassin intérieur ou du Mississipi, la puissance n'est souvent que le sixième ou le dixième de celle-ci, circonstance qui paraît être générale pour les dépôts sédimentaires de toutes les époques, lorsqu'on les compare dans les régions montagneuses et dans les plaines.

Quant à leur origine, M. Dana remarque que les grès, les argiles et les conglomérats proviennent de l'altération et de la désagrégation des roches préexistantes, par les actions combinées de l'atmosphère, des eaux douces et de celles de la mer ; les calcaires ont été formés, probablement sans exception, par le carbonate de chaux provenant des parties solides des animaux marins, comme ceux des îles de polypiers de nos jours ; les *hornstones* ou pierres siliceuses auraient également une origine organique. La formation des roches calcaires est très-lente, ainsi qu'on peut en juger par ce qui se passe de nos jours, et l'on peut estimer qu'une couche de 0^m 30 de cette substance demande autant de temps

1. On a vu (*antè*, p. 407) qu'en Angleterre les dépôts correspondants atteignaient une épaisseur de plus de 8000 mètres.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qu'une couche de 2^m 60 à 3^m 20 de sable, d'argile ou de conglomérat. Suivant ces données, et en évaluant dans chaque système l'épaisseur relative des diverses roches sédimentaires, arénacées, argileuses et clastiques d'une part avec celle des calcaires de l'autre, on trouve que l'ère silurienne inférieure a dû être quatre fois aussi longue que la supérieure, ou même cinq fois d'après un autre mode d'évaluation, et que la durée de toute la période silurienne a été trois ou quatre fois plus longue que celle de chacune des suivantes. Si, maintenant, on applique à ces grands systèmes de couches les calculs déduits plus haut des seuls dépôts houillers de la Nouvelle-Écosse (*antè*, p. 495), on reconnaîtra qu'aucune expression numérique ne saurait donner une idée de l'immensité des temps que ces systèmes représentent.

Amérique du Sud. — Dans les Andes de la Bolivie, M. D. Forbes rapporte, soit à la formation triasique, soit à la formation permienne, mais plus particulièrement à cette dernière, un ensemble de grès rouges et jaunes, de marnes salifères et gypseuses, d'argiles, de gypses, de grès cuprifères et de conglomérats rouges, fréquemment dérangés par des éruptions dioritiques, et qui s'étend à travers le Pérou, la Bolivie et le Chili. Plus anciennes que les couches jurassiques, ces roches reposent, à stratification discordante, sur les roches dévoniennes, et leur épaisseur totale ne dépasse pas 1800 mètres. Comme dans les couches permiennes de l'Europe avec lesquelles celles-ci ont la plus grande ressemblance, les sources salées sont très-fréquentes, et les grès cuprifères représenteraient ceux de la Russie, du Thuringerwald et du Harz; il n'y a pas jusqu'à la présence du vanadium, qui ne soit encore une analogie avec les schistes cuivreux de la Thuringe. Aucun débris d'animaux n'a jusqu'à présent été observé dans ce système complexe des Andes, et les seules traces de végétaux sont des troncs silicifiés de conifères indéterminables. Ces faits ont été confirmés par M. R. A. Philippi dans le désert d'Atacama.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Australie. — Quelques coquilles de brachiopodes provenant de la Tasmanie ou terre de Van-Diemen ont fait penser que le système permien pouvait avoir son équivalent dans cette partie de l'hémisphère austral. M. W. B. Clarke [1] croit aussi que certains *Productus* des environs des Mantuan-Downs à 200 milles au nord des collines de Fitzroy et d'autres localités de l'Australie y annonceraient l'existence de dépôts de cet âge. Quelques restes de poissons semblent encore appartenir à cette période, et les couches des bords de la Mersey (Tasmanie) renferment des coquilles beaucoup plus voisines des *Strophalosia* que des Productus ordinaires, et qui, d'après le savant auteur, prouveraient un passage des formes permiennes aux formes carbonifères.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Le dernier terme du terrain de transition nous a présenté, dans l'Amérique du Nord et en Europe, une grande analogie minéralogiquement et stratigraphiquement, car les discordances observées dans l'Allemagne centrale, et peut-être sur quelques autres points, sont des faits particuliers sans influence sur la nature des sédiments et les produits de la vie.

Ceux-ci nous offrent partout en quelque sorte le tableau des derniers efforts de l'organisme si fécond dans les périodes précédentes. Il semble qu'après avoir épuisé toutes ses combinaisons dans les classes qui avaient apparu, la nature ait eu besoin de se reposer et de se recueillir avant de recommencer une nouvelle série de productions sur de nouveaux plans, tout en conservant et en modifiant un certain nombre des anciens.

Cet affaiblissement général des forces organiques, cette

1. *Recent geol. discoveries in Australasia. Sidney.* 1861. — *Quart. Journ. geol. soc. of London,* vol. XVIII, p. 244, 1162.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

extinction de certains types, le petit nombre de ceux qui persistent et le nombre plus faible encore de ceux qui sont propres à cette période sont des faits très-remarquables dans l'histoire biologique de la terre, dont nous ne voyons pas un second exemple aussi frappant, ni avant ni après, et dont la cause première nous échappe. Mais ce n'est à proprement parler que la moitié d'une phase particulière dont l'autre moitié va nous offrir une nouvelle faune et une nouvelle flore, s'essayant timidement aussi, et ce ne sera qu'après avoir traversé la période du trias qui ouvre l'époque secondaire, avec des caractères également particuliers, que nous pourrons retrouver, dans la formation jurassique, une richesse et une exubérance de produits organiques comparables, quoique sous d'autres formes, à ce que nous avions vu avant l'ère permienne. Aussi nous croyons bien justifiée l'opinion qui place la séparation des époques intermédiaire et secondaire, précisément après l'extinction des faunes de transition et avant l'apparition de celle du trias[1].

1. *Appendice paléophytologique.* — M. H. R. Gœppert (*a*) a donné le résumé suivant de ses recherches sur les flores du terrain de transition :

Système	silurien	inférieur	17	espèces,	toutes des algues;
—	—	supérieur	3	—	—
—	dévonien	inférieur	6	—	dont 5 algues et 1 *Sigillaria Hausmanni;*
—	—	moyen	1	—	*Sagenaria Weltheimiana;*
—	—	supérieur	57	—	dont 7 algues, puis des plantes terrestres (Fougères, Calamites, Équisétacées, etc.);
—	carbonifère	inférieur	108	—	c'est la flore du calcaire carbonifère très-différente de la suivante.
—	—	supérieur	814		
—	permien	—	182		
		Total. . . .	1188		

(*a*) *Nov. act. acad. Cæs. Leop. natur. cur.*, vol. XXVIII, p. 425. 1859.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE VI.

TERRAIN SECONDAIRE.

Nous avons exposé dans l'*Introduction* les motifs qui devaient nous faire insister d'une manière plus particulière sur l'étude du *terrain de transition* et ceux qui nous permettaient au contraire de passer plus rapidement sur ce qui concerne les *terrains* plus récents; nous n'y reviendrons donc pas ici et nous nous occuperons immédiatement du *trias*.

§ 1. FORMATION TRIASIQUE.

La plus ancienne des trois formations qui composent le *terrain secondaire*, celle qui a succédé aux dépôts permiens, renferme des éléments depuis fort longtemps connus, surtout en Allemagne, en France et en Angleterre, mais dont l'importance, la position relative, la distribution des fossiles dans chacun d'eux n'ont guère été déterminées complétement que par M. Fred. d'Alberti dans son *Essai sur une monographie du grès bigarré, du muschelkalk et du keuper* publié en 1834. Dans cet ouvrage, résultat d'études faites particulièrement sur la rive droite du Rhin, dans le grand duché de Bade et les parties adjacentes du Wurtemberg, l'auteur décrit les caractères minéralogiques, stratigraphiques et paléontolo-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

giques des trois termes de cette nouvelle série méthodique à laquelle il assigne le nom de *trias*, nom adopté depuis et qui exprime en effet une unité géologique ternaire, parfaitement définie et limitée à son sommet comme à sa base.

Il a continué ensuite, dans les autres parties de l'Allemagne, la comparaison des relations et des divers caractères de ces trois termes, puis étendu ces vues de parallélisme au reste de l'Europe et aux autres continents, de manière à offrir l'ensemble des recherches faites jusqu'alors sur ce sujet. Cet ouvrage de M. d'Alberti nous a servi de point de départ lorsque, vingt-cinq ans après, nous avons dû reprendre ce qui avait été publié dans l'intervalle, et exposer le mouvement et les acquisitions de la science dans cette direction [1].

Nous considérerons donc le *trias* comme une formation géologique de même ordre, mais plus simple dans sa composition que les *formations jurassique* et *crétacée* qui lui ont succédé. Nous la diviserons en trois groupes naturels qui sont de bas en haut : 1° *grès bigarré* (*Bunter Sandstein* des géologues allemands) ; 2° *muschelkalk*, expression que nous devons conserver pour éviter la confusion qui résulterait de son synonyme français, *calcaire coquillier* ; 3° *marnes irisées* (*Keuper*).

Nous reproduirons ci-contre le tableau légèrement modifié qu'a donné M. d'Alberti, de la formation triasique du bassin supérieur du Neckar, et dans lequel on voit distribués stratigraphiquement les fossiles qu'on y avait observés jusque-là. C'est un résumé synoptique de l'état de la science à ce moment, qui s'explique en quelque sorte de lui-même en montrant la composition du trias dans un pays devenu classique et où il est compris entre le grès des Vosges qui représente le système permien et le lias, groupe inférieur de la formation jurassique.

Si maintenant nous supposons que nous avons examiné géographiquement et comparativement, en quelque sorte

1. D'Archiac, *Histoire des progrès de la géologie*, vol. VIII. 1860.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Grès de Täbingen (Reptile de Lunéville, Cuv. *Gyrolepis tenuistriatus*, Ag., *Psammodus heteromorphus*, id., *Hybodus plicatilis*, id., *H. obliquus*, id., *H. sublævis*, id.). Cette couche à ossements (*bones bed*) est placée par l'auteur à la partie supérieure des marnes irisées.

FORMATION TRIASIQUE (D'APRÈS M. D'ALBERTI).

MUSCHELKALK (21 MÈTRES).

MARNES IRISÉES (159 MÈTRES).

KEUPER (126 MÈTRES).

1. Grès à gros grains (Arkose, sable d'appartement [*Stuben Sand*], conglomérat, brèches), avec marnes panachées. { (*Mactra mactroides*, Schloth., *Modiola minuta*, Gold., *Avicula socialis*, Bronn). (*Phytosaurus?* Jæg., *Calamites arenaceus*, Ad. Brong.).
2. Id. avec nids de charbon.
3. Grès siliceux et marnes.
4. Marnes endurcies (*Buccinum turbilinum*? Gold., *Mya mactroides*, Scholth.? *Myophoria vulgaris*, Bronn).
5. Grès à roseaux (*Schilfsandstein*), marnes panachées (*Equisetum arenaceum*, Bronn, *Calamites arenaceus*, id., *Filicites stuttgartiensis*, id., *F. lanceolata*, id., *Pterophyllum, Jægeri*, id.).
6. Gypse avec marnes panachées, ordinairement dolomitiques, argiles salifères et un peu de sel gemme disséminé; point de fossiles
7. Gypse avec de nombreux fossiles (Débris de sauriens; *Placodus gigas*, Ag., *Psammodus angustissimus*, id., *Hybodus plicatilis*, id., *Rostellaria obsoleta*, Gold., *Natica pulla*, id., *Venericardia Goldfussi*, Alb., *Nucula dubia*, Munst., *Myophoria Goldfussi*, Alb., *M. vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *Avicula socialis*, id.).
8. Roches dolomitiques vers le haut, en couches ondulées et remplies de fossiles (Reptile de Lunéville, Cuv., *Gyrolepis maximus*, Ag., *G. Albertii*, id., *Psammodus Elytra*, id., *P. angustissimus*, id., *P. reticulatus*, id., *Acrodus Gaillardoti*, id., *Hybodus plicatilis*, id., *Buccinum turbulinum*, Gold., *Rostellaria scalata*, id., *R. obseleta*, id., *Trochus Albertinus*, id., *Natica pulla*, id., *Myophoria Goldfussi*, Alb., *M. vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *M. lævigata*, Alb., *Avicula socialis*, Bronn, *A. subcostata*, Gold., *A. lineata*, id., *Plagiostoma striatum*, Bronn, *P. lineatum*, id., *Pecten lævigatus*, id., *Lingula tenuissima*, id., *Perna vetusta*, Gold., *Dentalium læve*, Scholth.).
9. Calcaire gris de fumée (*Mya musculoides*, Scholth., *M. elongata*, id., *Myophoria Goldfussi*, Alb., *M. vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *Avicula socialis*, id., *A. lineata*, Gold.).
10. Grès (Reptile de Lunéville, Cuv., *Gyrolepis tenuistriatus*, Ag., *G. Albertii*, id., *Psammodus heteromorphus*, id., *Acrodus Gaillardoti*, id., *Hybodus obliquus*, id., *Syringodendron, Equisetum arenaceum*, Bronn, *E. Meriani*, Brong., *Calamites arenaceus*, id., *Tæniopteris vittata*, var. maj., id., *Pterophyllum Meriani*, id., *Pecopteris Meriani*, id., *Clathropteris meniscioides*, id.).

LETTENKOHLE (30 MÈTRES).

11. Argile charbonneuse (*Lettenkohle*), avec argiles schisteuses, marne schisteuse et gypse à la base (*Salamandroides Jægeri*, Alb., *Gyrolepis tenuistriatus*, Ag., *Hybodus sublævis*, id., *Sanguinolaria, Posidonia minuta*, Gold., *Lingula tenuissima*, Bronn, *Equisetum arenaceum*, id., *Tæniopteris vittata*, var. maj., Ad. Brong., *Pterophyllum longifolium*, id.).
12. Roche dolomitique ordinairement jaune; fossiles peu nombreux (*Conchorhynchus ornatus*, Blainv., *Nautilus bidorsatus*, Schloth., *Buccinum turbilinum*, Gold., *Rostellaria scalata*, id., *R. obsoleta?* id., *Natica pullà*, id., *Trochus Albertinus*, id., *Calyptræa discoides*, id., *Mya musculoides*, Schloth., *Mya mactroides*, id., *Myophoria Goldfussi*, Alb., *M. vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *Avicula socialis*, id., *Pecten discites*, id., *P. lævigatus*, id., *Terebratula vulgaris*, Schloth.).

CALCAIRE DE FRIEDRICHSHALL.

13. Roche passant de la dolomie au calcaire *Rogenstein* (Reptile de Lunéville, Cuv., *Gyrolepis Albertii*, Ag., *Acrodus Gaillardoti*, id., *Palinurus Sueurii*, Desm., *Natica pulla*, Gold., *Myophoria vulgaris*, Bronn, *Ophiura loricata*, Gold., *Cidaris grandævus*, id.).
14. Calcaire de Friedrichshall, avec des marnes schisteuses subordonnées; fossiles rares vers le haut, très-nombreux vers le bas (Reptile de Lunéville, *Placodus gigas*, Ag., *Gyrolepis maximus*, id., *Gyrolepsis Albertii*, id., *Psammodus angustissimus*, id., *heteromorphus*, id., *Acrodus Gaillardoti*, id., *Hybodus plicatilis*, id., *H. obliquus*, id., *Conchorhynchus ornatus*, Blainv., *Rhyncholites hirundo*, id., *Ammonites undatus*, Rein., *A. subnodosus*, Munst., *A. cinctus*, Gold., *Nautilus bidorsatus*, Schloth [1], *Buccinum turbilinum*, Gold., *B. obsoletum*, Schloth., *Rostellaria scalata*, Gold., *R. obsoleta?* id., *R. Hehli*, id., *Turritella extincta*, id., *T. deperdita*, id., *Trochus Albertinus*, id., *Natica Gaillardoti*, Lefr., *N. pulla*, Gold., *Calyptræa discoides*, Gold., *Capulus mitratus*, id., *Mya musculoides*, Schloth., *M. mactroides*, id., *Cucullæa Goldfussi*, Alb., *Nucula dubia*, Munst., *Myophoria vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *M. Goldfussi*, Alb., *M. lævigata*, id., *Mytilus vetustus*, Gold., *Perna vetusta*, id., *Avicula socialis*, Bronn, *A. crispata*, Gold., *A. Bronnii*, Alb., *Plagiostoma lineatum*, Bronn., *P. striatum*, id., *Pecten discites*, id., *P. lævigatus*, id., *P. Albertii*, Gold., *Ostrea spondyloides*, Schloth., *O. crista difformis*, id., *O. subanomia*, Munst., *O. compta*, Gold., *O. Schübleri*, Alb. *O. placunoides*, Gold., *O. complicata*, id., *Terebratula vulgaris*, Schloth., *Delthyris fragilis*, Gold., *Lingula tenuissima*, Bronn, *Balanus, Dentalium lævc*, Schloth., *Serpula socialis*, Gold., *S. valvata*, id., *Encrinites liliiformis*, Schloth., *Cidaris grandævus*, Gold.).
15. Rogenstein (*Mactra trigona*, Gold., *Venus nuda*, id., *Myophoria vulgaris*, Bronn, *M. curvirostris*, id., *M. lævigata*, Alb., *Gryphæa? prisca*, Gold.).
16. Calcaire supérieur à Encrines (*Encrinites liliiformis*, Schloth.).
17. Calcaire peu fossilifère (*Palinurus Sueurii*, Desm.).
18. Calcaire inférieur à Encrines (*Asterias obtusa*, Gold., *Ophiura loricata*, id., *Encrinites liliiformis*, Schloth.).

ANHYDRITE.

19. Marnes dolomitiques ordinairement jaunes, avec hornstein, quartz, argile et calcaires alternants; anhydrite disséminée çà et là vers le bas; point de fossiles.
20. Anhydrite (gypse à la partie supérieure), argile salifère, sel gemme, dolomies, marnes et calcaires. La teinte grise domine. Les roches sont disposées en amas. Le sel gemme repose ordinairement sur les marnes ondulées (*Wellenkalk*).

WELLENKALK.

21. Marnes dolomitiques et dolomie du calcaire ondulé (*Wellenkalk*), représentant celui-ci dans la Forêt-Noire. Gypse, argile salifère, couches schisteuses ondulées à la jonction, presque horizontales vers le bas; point de fossiles en haut, mais assez nombreux à la partie inférieure (Reptile de Lunéville, *Hybodus plicatilis*, Ag., *Palinurus Sueurii*, Desm., *Ammonites undatus*, Rein., *A. subnodosus*, Munst., *A. Buchii*, Alb., *Nautilus bidorsatus*, Schloth., *Buccinum gregarium*, Schloth., *Rostellaria scalata*, Gold., *R. obsoleta?* id., *Trochus Albertinus*, id., *Natica pulla*, id., *Calyptræa discoides*, id., *Mya musculoides*, Schloth., *M. elongata*, id., *M. ventricosa*, id., *M. mactroides*, id., *Venus nuda*, Gold., *V.?* ou *Cardium induratum*, Gold., *Myophoria vulgaris*, Bronn, *M. cardissoides*, Alb., *Mytilus vetustus*, Gold., *Avicula socialis*, Bronn, *A. Bronnii*, Alb., *Plagiostoma lineatum*, Bronn, *P. striatum*, id., *P. inæquicostatum*, Gold., *Pecten Albertii*, id., *Ostrea spondyloides*, Schloth., *O. crista difformis*, id., *O. complicata*, Gold., *Terebratula vulgaris*, Schloth., *Delthyris fragilis*, Gold., *Lingula tenuissima*, Bronn, *Dentalium lævc*, Schloth., *Serpula socialis*, Gold., *Encrinites liliiformis*, Schloth., *Cidaris grandævus*, Gold, *Gorgonia, Ceriopora*, etc.).

GRÈS BIGARRÉ.

22. Argile schisteuse bigarrée, avec gypse et sel gemme; au-dessus, des marnes subordonnées, avec fossiles.
23. Grès bigarré en dalles vers le haut. (Débris de reptiles sauriens, *Calamites arenaceus*, Ad. Brong., bois dicotylédones, Fougères.)
24. Grès des Vosges siliceux, à gros grains et conglomérat.

1. La Bélemnite citée ici avec doute n'était, à ce qu'il paraît, qu'un *ludus*, de même que la prétendue *Nummulites Althausi*, signalée dans l'assise 21.

(*Histoire des Progrès de la Géologie*, t. VIII.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pied à pied et avec l'attention nécessaire, les caractères particuliers du trias sur les divers points de la terre où il a été signalé, nous pourrons chercher à en déduire quelques vues d'ensemble propres à faire ressortir des contrastes et des particularités qui n'avaient pas encore frappé les observateurs et que l'on ne rencontre aussi prononcés dans aucun autre terme de la série géologique.

Ces traits ne pouvaient d'ailleurs être bien saisis que dans une synthèse précédée d'une étude minutieuse et comparée de tous les faits acquis à la science, et ce qui suit est en quelque sorte l'expression philosophique la plus condensée que nous en avions déduite dans le travail précité.

Composition, étendue, puissance. — En joignant par la pensée la ville de Sandomir, à l'est, sur la rive gauche de la Vistule, l'île d'Helgoland au nord, à l'embouchure du Weser, et Toulon au sud sur la côte de la Méditerranée, ou mieux la petite localité de Neffiez, au sud-ouest de Montpellier, on a un triangle rectangle, dont on peut supposer l'hypoténuse un peu courbée au sud-est, et dans lequel se trouve compris tout le *trias normal*.

Celui-ci est composé de trois termes ou groupes : un groupe calcaire offrant une faune essentiellement marine, placé entre un groupe arénacé au-dessous et un groupe argilo-marneux au-dessus, caractérisés surtout l'un et l'autre par des végétaux terrestres. Si maintenant, dans l'intérieur de ce triangle, on fait abstraction des portions de pays que ces dépôts n'ont jamais recouvertes et de la région des Alpes où ces divisions affectent des caractères particuliers, on verra que la surface totale occupée dans l'origine par le trias normal n'atteignait pas une étendue égale à celle de la France actuelle.

Au sud-ouest de cette même surface, on peut considérer que les dépôts rapportés au trias dans la péninsule ibérique sont aussi répartis dans un espace triangulaire dont la base serait marquée par les Pyrénées et la chaîne cantabrique, et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

le sommet placé au sud de la péninsule. Dans les diverses bandes ou zones qu'y forment ces dépôts, on peut encore distinguer çà et là trois horizons correspondant aux trois groupes normaux, mais ils n'ont plus cette netteté, cette précision constante qui les font si facilement reconnaître en Allemagne; leurs caractères tendent à s'effacer, à se confondre, et ce n'est plus dans le sens vertical seul que les roches diffèrent, mais dans le sens horizontal. Ainsi, les grès dominent vers le nord du triangle, les calcaires au centre, et les argiles au sud.

En dehors de ces deux espaces triangulaires du centre et du sud-ouest de l'Europe, dans les Iles-Britanniques comme dans les plaines de la Russie, dans l'Inde et le sud de l'Afrique comme dans les deux Amériques, nulle part les trois termes de la formation n'ont encore de représentants comparables certains. Un seul caractère persiste alors, à l'est comme à l'ouest, au nord comme au sud : c'est la teinte rouge des roches arénacées, argileuses et marneuses, quelquefois variée de jaune, de vert et de blanc, ce qui n'a encore été reconnu avec une pareille constance dans aucune autre série.

La puissance totale du trias est indépendante de son développement normal. Ainsi elle atteint jusqu'à 1752 mètres dans les Iles-Britanniques où deux groupes seulement sont représentés, tandis que dans le triangle allemand celle des trois groupes réunis ne s'élève pas à la moitié de ce chiffre.

Roches subordonnées. Dolomies. — Outre les grès et les poudingues rouges du groupe inférieur, les calcaires compactes gris du moyen et les marnes argileuses versicolores du supérieur, des calcaires magnésiens et de véritables dolomies régulièrement stratifiées constituent encore un élément essentiel, aussi bien dans les divers groupes de la région type, dans l'est et le centre de la France, en Espagne, sur le versant nord des Alpes, dans la Souabe, la Franconie, la Thuringe, le Brunswick, la haute Silésie et la Pologne, que dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les pays où, comme dans l'Amérique du Nord, ces divisions ne sont plus réellement distinctes.

Gypse. — Parmi les substances minérales subordonnées, en couches ou en amas, le gypse et le sel gemme, associés l'un à l'autre ou bien isolés, jouent encore un rôle important. La chaux sulfatée hydratée existe en masses puissantes au-dessus du sel dans le premier groupe des Iles-Britanniques, comme dans l'est de la France, sur le pourtour du plateau central et en Espagne. Dans les Alpes de l'Autriche, du Salzbourg, du Tyrol et du Vorarlberg, c'est au contraire dans le groupe inférieur que le gypse abonde (schistes de Werfen). Dans le nord de la Suisse et le Wurtemberg, c'est dans le premier et le second groupe; dans le duché de Cobourg, c'est dans le premier et vers la jonction du second et du troisième. Dans la Thuringe, la Saxe et le duché de Brunswick, c'est dans tous les trois qu'on l'observe. Peu répandu dans les couches douteuses de la Russie d'Europe, il se montre avec un développement remarquable dans les deux zones de l'Amérique du Nord, et surtout dans la région occidentale ou des montagnes Rocheuses.

Sel gemme. — On a longtemps regardé la présence du sel marin comme presque exclusive au trias, et en particulier aux marnes irisées; mais, si cette substance a été reconnue depuis dans des terrains plus anciens et plus récents, la formation triasique est encore celle où, toutes choses égales d'ailleurs, elle se montre le plus constamment. Elle n'y occupe cependant pas un niveau absolu déterminé, et sa distribution géographique est telle qu'à une seule exception près (Salzbronn), elle n'a pas été observée sur un même point dans deux groupes immédiatement superposés.

Dans l'ouest de l'Angleterre, les masses de sel exploitées sont vers la base du premier groupe et au-dessus des *waterstones*, dans l'est de la France, vers sa partie médio-inférieure, et il en est à peu près de même dans la partie orientale de l'Espagne. Le sel manque, comme le gypse, dans les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

grès rouges des Pyrénées et sur tout le versant méridional et oriental des Alpes. Sur le versant nord de cette dernière chaîne, dans l'Autriche et le Salzbourg, le sel avec anhydrite et gypse caractérise le groupe inférieur (couches de Werfen). Dans le nord de la Suisse, comme dans la Souabe, c'est au contraire vers la base du second ou du muschelkalk que se présente le sel gemme, où, avec le sulfate de chaux anhydre, il constitue l'étage particulier de l'*anhydrite*. Nous retrouvons cette dernière subdivision dans la Thuringe avec ses caractères propres, tandis que dans le Hanovre et au delà du Harz, dans le Brunswick, les environs de Magdebourg et de Lunebourg, le sel est particulièrement dans le grès bigarré, comme sur le versant nord des Alpes. Au delà, cette substance paraît être peu répandue, les gisements signalés en Russie ayant été rapportés au système permien.

L'existence du sel gemme, comme celle de la chaux sulfatée, hydratée ou non, est indépendante de la présence ou de l'absence de dépôts essentiellement marins, ou caractérisés par des restes d'animaux qui auraient vécu dans la mer. Dans la plupart des cas, les marnes, les argiles, le gypse, l'anhydrite, le grès et les dolomies, placés au-dessus et au-dessous du sel, sont, sur une grande épaisseur, dépourvus de traces d'êtres organisés marins.

Minerais divers. — Sur le pourtour du massif central de la France, de riches minerais de fer hydraté, de fer oxydé rouge, de cuivre et de manganèse, sont ou ont été exploités dans le trias, particulièrement vers sa base, ou bien se trouvent disséminés çà et là à divers niveaux. Le fer carbonaté et le cuivre ont été exploités dans le grès rouge des Pyrénées; le cuivre l'est également dans les marnes irisées des Asturies et de l'est de l'Espagne. Le second et le troisième groupe de ce dernier pays renferment des minerais de cobalt, de mercure, de fer, de plomb et de zinc dont plusieurs alimentent des usines importantes.

Sur le versant sud des Alpes, dans le Milanais et les pro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

vinces vénitiennes, sont des gisements de fer carbonaté et de manganèse appartenant au groupe inférieur, puis d'autres de blende, de calamine et de galène. Dans les provinces illyriennes, les trois groupes, pris dans des localités différentes, renferment de riches gisements de blende, de calamine et de galène; quant au mercure du même pays, il appartient au système carbonifère. Dans les Alpes de l'Autriche, des minerais de fer hydraté s'observent dans le groupe supérieur, et des gîtes particuliers de fer spathique à la jonction du second et du troisième. Dans le Tyrol septentrional et le Vorarlberg, des minerais de cuivre argentifère, de plomb et de zinc sont connus dans les deux étages supérieurs.

Le grès bigarré du Wurtemberg renferme des filons de quartz et de feldspath, avec des carbonates et des sulfures de cuivre; celui du duché de Bade, des minerais de fer et de plomb, comme le muschelkalk, des minerais de zinc, de cuivre, du réalgar et de l'orpiment. Dans le reste de l'Allemagne, le trias semble être peu riche en minerais productifs; mais à l'extrémité orientale de la région, dans la haute Silésie et sur les confins de la Pologne, la calamine, la galène, le fer oxydé brun, associés au muschelkalk, alimentent des établissements métallurgiques très-importants.

Des minerais de cuivre, de zinc, de plomb et de fer s'observent également dans la zone orientale du trias des États-Unis.

Roches ignées. — Les roches pyrogènes ou d'origine ignée n'ont joué en Europe qu'un rôle assez insignifiant pendant l'ère triasique. Dans le sud de la France, dans la partie orientale de l'Espagne, sur quelques points du versant sud des Alpes, on trouve çà et là quelques apparitions sporadiques de produits serpentineux, dioritiques ou porphyriques intercalés, ou plus souvent postérieurs, et ayant dérangé les dépôts de cet âge; mais on ne voit aucun grand système d'épanchements contemporains, ou qui, les ayant suivis immédiatement, leur ait imprimé ces caractères si remarquables et si particu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

liers, signalés dans le sud de l'Afrique et le nord de l'Amérique.

Dans la première de ces régions, c'est une étendue, plus grande que la France, occupée par de vastes plateaux, ou des montagnes de grès horizontaux, traversés par d'innombrables dykes de trapp qui se sont ensuite épanchés par-dessus, sans paraître y avoir occasionné la moindre faille, la moindre dislocation; dans la seconde, et particulièrement dans la vallée du Connecticut et dans le New-Jersey, ce sont des éruptions trappéennes dont les affleurements tracent à la surface du pays des courbes disposées en chapelets, symétriquement orientées, ou bien concentriques. Plus au nord, les phénomènes ignés ne sont pas moins complexes et variés, et, dans la partie occidentale ou des montagnes Rocheuses, les relations des produits ignés et des grès rouges de cette période ont frappé tous les voyageurs qui ont parcouru le pays.

Rien ne prouve d'ailleurs que ces phénomènes aient eu lieu sous les eaux de la mer, car dans le sud de l'Afrique, pas plus que dans l'Amérique du Nord et dans l'Inde, les dépôts sédimentaires traversés ou surmontés par les roches ignées n'ont offert de traces d'une faune essentiellement marine.

Charbon. — Par les caractères seuls de la plupart des couches de cette période, on pouvait présumer qu'elles renfermeraient des dépôts de combustible plus ou moins considérables et plus ou moins fréquents. Quoique, au point de vue économique, ils n'aient pas, en général, une très-grande importance, par les indications qu'ils peuvent donner sur l'état des terres émergées, sur la répartition et la nature des eaux dans lesquelles ils se sont formés, ils ont au contraire un véritable intérêt.

Dans plusieurs départements de l'est de la France, ces combustibles sont exploités vers le milieu des marnes irisées; il en existe en Espagne, dans le royaume de Valence et en Andalousie; dans les Alpes vénitiennes, le troisième groupe renferme un dépôt considérable de charbon qui a toutes les propriétés de la houille. On en rencontre dans le premier

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

groupe, sur le versant nord des Alpes de l'Autriche. Dans le nord de la Suisse, le Wurtemberg, le duché de Cobourg, la Thuringe et le Brunswick, les argiles charbonneuses constituent un horizon constant à la base des marnes irisées. Les recherches ultérieures décideront sans doute si c'est au trias ou à la formation permienne que doivent appartenir tous les dépôts charbonneux de l'Inde, si nombreux, si étendus, et dont plusieurs semblent avoir un grand avenir pour l'industrie. Nous en avons mentionné aussi dans les grès du sud de l'Afrique, et, dans l'Amérique du Nord, les grès rouges de la vallée du Connecticut en renferment également. Suivant l'opinion de quelques géologues, le charbon des environs de Richmond, dans la Virginie, appartiendrait à l'horizon des marnes irisées, et non à la formation jurassique.

Flore. — Les végétaux fossiles du trias ont été rencontrés particulièrement dans le grès bigarré et les marnes irisées que sépare le muschelkalk. Quelques paléophytologistes les regardent comme formant deux flores liées intimement entre elles, et dont la plus ancienne indiquerait le passage de la flore de transition à la flore secondaire, tandis que, suivant d'autres, ce seraient deux flores distinctes, celle des marnes irisées se rattachant à la flore du lias et des dépôts oolithiques.

Ce n'est d'ailleurs que dans le grès bigarré de la région des Vosges et dans les marnes irisées de la Franconie que l'on a pu obtenir jusqu'à présent des genres et des espèces en assez grand nombre pour donner une idée de la végétation de ces deux périodes.

De la première de ces régions, dont la flore a été particulièrement étudiée par MM. Schimper et Mougeot, 33 espèces ont été déterminées; sur ce nombre il y a 14 fougères, 3 équisétacées, 3 astérophyllitées, 7 conifères, 2 cycadées et 4 monocotylédones douteuses. Les auteurs de ce travail pensent qu'il y a d'une part une liaison intime entre cette flore et celle des marnes irisées, et que de l'autre elle aurait beaucoup d'analogie avec celle qui l'a précédée, de manière à for-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mer une sorte de lien entre les dernières couches de transition et les premiers dépôts secondaires. M. Ad. Brongniart semble pencher vers une opinion contraire, car dans son article *Végétaux* du *Dictionnaire universel d'histoire naturelle*, il montre que les caractères de cette végétation, qui ouvre l'ère secondaire par la présence de certaines formes particulières, sont : 1° l'existence de fougères assez nombreuses, de formes souvent très-anomales, constituant évidemment des genres aujourd'hui éteints et qu'on ne retrouve même plus dans les dépôts postérieurs; tels sont les *Anomopteris* et les *Crematopteris;* les fougères arborescentes y sont plus fréquentes que dans la formation jurassique, les vrais *Equisetum* très-rares, les Calamites ou mieux peut-être les *Calamodendron* abondantes au contraire; 2° les gymnospermes, représentés par deux genres de conifères (*Voltzia* et *Haidingera* ou *Albertia*) dont les espèces et les individus sont très-nombreux, tandis que les cycadées sont fort rares, 2 espèces étant citées d'après des échantillons uniques et peut-être douteux. Aussi M. Brongniart sépare-t-il complétement, sous le rapport botanique, le grès bigarré des marnes irisées, car, dans ces dernières, les cycadées deviennent fort abondantes, parfaitement caractérisées et souvent analogues à celles de la période jurassique, tandis que les conifères du grès bigarré manquent complétement dans le groupe triasique supérieur.

Si l'on compare, dit encore M. Brongniart, cette flore des marnes irisées avec celle du grès bigarré de la région des Vosges et avec celle du lias, on voit qu'elle n'a de commun avec la première que le *Palæoxyris*, espèce qui paraît être très-voisine de celle du grès bigarré, tandis qu'elle ressemble à la flore du lias et même à celle des groupes oolithiques par les fougères dont plusieurs sont spécifiquement identiques, ou du moins extrêmement voisines, par les *Zamites* et les *Pterophyllum*, qui sont aussi ou identiques ou spécifiquement très-voisins de ceux du lias.

Les restes de végétaux, quoique fréquents dans les autres

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pays, y sont peu variés, et malgré leur mauvais état de conservation, ils sont souvent la seule ressource que présente le règne organique pour aider à la détermination des couches. Les *Equisetites* et les *Calamites* sont signalées presque partout.

Les grès de la Vénétie ont offert un certain nombre d'espèces intéressantes. M. Massalongo y mentionne : le *Palyssia Massalongi*, l'*Haidingeria Schaurothi*, 2 *Taxites*, *l'Œthophyllum spinosum*, l'*Equisetum Brongniarti*, un *Caulopteris*; puis dans le muschelkalk : le *Voltzia heterophylla*, l'*Araucarites Catullo* et un *Brachyphyllum*.

Sur le versant nord des Alpes de l'Autriche, dans le Vorarlberg et le nord de la Suisse, le premier et le troisième groupe renferment çà et là des végétaux.

Les dépôts arénacés et charbonneux de l'Inde sont caractérisés par une flore assez particulière (*Vertebraria*, *Pecopteris*, *Glossopteris*, *Trizygia*) qui avait contribué à les faire classer d'abord dans la période jurassique, et la région triasique orientale de l'Amérique du Nord a présenté, dans le Massachusetts, le Connecticut, le New-Jersey, la Virginie, etc., quelques plantes que nous citons plus loin et qui confirment son parallélisme avec le trias de l'Europe.

Faune. — Les pays qui ont apporté les documents les plus importants pour la faune du trias sont : l'Angleterre, la France, l'Espagne, le Tyrol et les Alpes de l'Autriche, l'Allemagne, l'Inde centrale, l'île de Timor au sud, le nord de l'Amérique, et, dans l'hémisphère austral, le sud de l'Afrique, la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande. La présence de coquilles marines dans le groupe supérieur, arénacé ou argileux, est restreinte à certaines régions du pourtour des Alpes; presque partout ailleurs les corps rangés d'abord dans la classe des mollusques, tels que la *Posidonomya minuta*, ont été rapportés aux *Estheria*, genre de petits crustacés ostracodes, qui a vécu depuis la période dévonienne jusqu'à la période wealdienne, et a pris son plus grand développement

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans celle du trias. D'un autre côté, certains genres d'entomostracés ayant à la fois des espèces marines et d'eau douce, il en résulte que la présence seule des Esthéries, comme celle des plantes terrestres, n'est qu'une présomption pour attribuer à ces dépôts une origine lacustre.

La faune triasique de l'Angleterre a présenté des types assez variés de la classe des reptiles, dont les travaux de M. R. Owen ont fait ressortir toutes les particularités. Ces animaux semblent dériver des familles actuelles avec des caractères qui réunissent des groupes de formes aujourd'hui distinctes. Ainsi le *Rhynchosaurus* du nouveau grès rouge de Shrewsbury présente des modifications du type des oiseaux et de celui des chéloniens, réunis à un caractère du crâne qui appartient essentiellement aux lacertiens. Dans le *Labyrinthodon*, les modifications des crocodiliens se trouvent associées à l'organisation propre des batraciens; la structure de leurs dents est la plus extraordinaire que l'on observe dans tout le règne animal; elle est unique dans la classe même des reptiles et ne se trouve qu'imparfaitement représentée dans celle des poissons. Les empreintes de pas, désignées sous le nom de *Cheirotherium* dans le grès bigarré d'Hildeburghausen (Saxe), doivent sans doute s'y rapporter. Nous signalerons parmi ces reptiles d'Angleterre 1 *Cladyodon*, 7 espèces de *Labyrinthodon*, 1 *Rhynchosaurus*, et 1 *Thecodontosaurus*. Les empreintes de pas sont rapportées à 1 *Actibatis*, 2 *Batrichnis*, plusieurs sortes d'empreintes de *Cheirotherium* qu'on doit supposer appartenir à des *Labyrinthodon*, 1 *Chelaspodos*, 8 *Chelichnus*, 2 *Herpetichnus* et d'autres formes incertaines.

En France c'est dans la région des Vosges et de la Lorraine que nous trouvons le plus de représentants des animaux de cette époque. M. H. de Meyer signale, dans le grès bigarré de Soultz, parmi les reptiles : le *Menodon plicatus*, l'*Odontosaurus Voltzii*, le *Mastodonsaurus waslenensis* et le *Nothosaurus Schimperi*. Parmi les poissons quelques *Acrodus* sont mentionnés; parmi les crustacés, les genres *Branchipus?* ou

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Apus, *Limulus*, *Galathea?* Parmi les mollusques recueillis dans diverses localités, environ 60 espèces ont pu être déterminées, et plusieurs des plus caractéristiques remontent dans le muschelkalk. Les Rostellaires, les Limes, les Avicules, les *Mytilus*, les Myophories, les Myacites, les Pleuromyes, la *Lingula tenuissima*, la *Terebratula vulgaris* et la *Posidonomya minuta* y sont les plus répandus.

Dans le muschelkalk, les restes de reptiles appartiennent aux *Nothosaurus Andriani*, *giganteus* et *mirabilis*, aux *Simosaurus Gaillardoti* (saurien de Lunéville, Cuv.), et *Mougeoti*, au *Mastodonsaurus*, au *Labyrinthodon*; ceux de poissons, à des *Acrodus*, *Hybodus*, *Gyrolepis*, *Saurichthys*, *Colobodus* et *Psammodus*. Les mollusques céphalopodes sont représentés surtout par le *Nautilus bidorsatus*, les *Ammonites Ceratites*) *nodosus* et *bipartitus*, les gastéropodes, par la *Natica Gaillardoti*, la *Turritella scalata*, la *Melania Schlotheimi*; les acéphales, par de nombreuses Myophories, Avicules, Gervillies, Limes, etc.; les brachiopodes, par la *Terebratula vulgaris*; les crustacés, par les genres *Pemphix* et *Palinurus*; les radiaires crinoïdes, par l'*Encrinites liliiformis*.

Les marnes irisées sont très-pauvres en débris d'animaux; les *Posidonomya keuperiana* et *minuta*, la *Lingula tenuissima* sont presque les seuls restes qu'on y trouve.

En Espagne les recherches de M. de Verneuil, particulièrement, nous ont fait connaître quelques éléments assez réduits, à la vérité, mais suffisamment caractéristiques, de l'horizon du muschelkalk. Ce sont le *Nautilus bidorsatus*, 2 Cératites, des Nucules, des Cardites, *Myophoria* (*lævigata*, *curvirostris*, *deltoidea*, *Goldfussi*), le *Mytilus eduliformis*, des *Gervillia* (*socialis*, *modioliformis*, *polyodonta*, *Alberti*, *costata*, etc.), des *Monotis*, la *Lingula tenuissima*, etc.

Le dernier groupe de la formation, partout si pauvre en débris animaux, sur les deux versants des Alpes au contraire présente une richesse extraordinaire. Ainsi la faune de Saint-Cassian en Tyrol a déjà offert, d'après les études de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

MM. Wissmann, de Munster, de Klipstein, etc., 750 espèces réparties dans 85 genres, comme il suit :

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes	5	89
Gastéropodes	27	346
Brachiopodes	6	51
Monomyaires	7	60
Dimyaires	10	68
Annélides	1	5
Crinoïdes	3	9
Échinides (baguettes de *Cidaris*)	1	37
Polypiers	20	79
Reptile saurien (*Nothosaurus*)	1	1
Poissons	4	5
	85	750

Cette faune locale si remarquable renferme à la fois des formes plus anciennes que son horizon géologique et d'autres plus récentes. Les poissons y présentent les genres *Gyrolepis*, *Hybodus*; les mollusques céphalopodes, des Goniatites, des Cératites, des Ammonites et des Orthocératites; les nombreux gastéropodes, les genres *Bellerophon* et *Porcellia*; les acéphales, des Nucules et des *Myophoria*, ces dernières propres au trias; les brachiopodes, des Térébratules, des Spirifer et peut-être un *Productus?* les radiaires, une multitude de formes de *Cidaris* et l'*Encrinites liliiformis*. Ces marnes fossilifères, reposant sur un calcaire à *Ammonites nodosus* et étant surmontées d'une puissante assise de dolomie jurassique, ont dû être rapportées au groupe supérieur du trias.

Sur le versant opposé, les Alpes de l'Autriche et du Salzbourg, les environs d'Hallstadt, d'Aussee, etc., ont offert aux recherches de MM. F. de Hauer, Suess, Fischer et Hörnes, de nombreux sujets d'étude. Ainsi, suivant M. Ed. Suess, les brachiopodes de ces localités sont tous nouveaux, de formes assez singulières, sans caractère propre à déterminer leur âge et aucun ne se retrouve dans les couches supposées correspon-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dantes du Tyrol. Les acéphales et les gastéropodes dont s'est occupé M. Moris Hörnes présenteraient une sorte de mélange de formes de transition (*Holopella*, *Loxonema*, *Porcellia*) et de formes jurassiques (*Phasianella*, *Turbo*, *Neritopsis*, *Pleurotomaria*, *Lima*); 14 espèces se retrouvent dans la faune de Saint-Cassian. Les céphalopodes, d'après M. Fr. de Hauer, offriraient aussi une association de types plus anciens et plus récents : des Orthocératites, des Ammonites à selles simples, des Nautiles à tours découverts associés avec des Ammonites de la section des Cératites, de celle des *arietes* à cloisons persillées et de celle des hétérophylles avec des Nautiles d'aspects tout à fait secondaires. Dans son tableau général des fossiles de cette classe le savant auteur énumère 69 espèces provenant de 22 localités. Ce sont 8 Orthocératites, 12 Nautiles, et 49 Ammonites. Sur le pourtour des Alpes, les localités de cet horizon qui en ont offert le plus sont : Hallstadt 46, Aussee 41, Hallein 10, Saint-Cassian 6, Hornstein 5, Bleiberg 4, et les 17 autres seulement 1 ou 2. Les espèces les plus répandues sont : l'*Ammonites Aon* trouvée dans 10 de ces localités au nord, au centre et au sud de la chaîne, l'*A. galeiformis* dans 9, l'*A. Jarbas* dans 7, l'*A. Johannis Austriæ* dans 6, etc.

Le tableau que nous avons reproduit ci-dessus (p. 534), peut donner une idée de la faune du trias de l'Allemagne ; nous ajouterons seulement ici la découverte, faite par M. Pleininger, de dents rapportées à un très-petit mammifère insectivore (*Microlestes antiquus*) provenant de la brèche supérieure des marnes irisées de Degerloch (Wurtemberg), mais si voisine de la couche à ossements de la base du lias que nous sommes disposé à l'y réunir.

Dans l'Europe orientale le mont Bogdo, colline isolée au milieu du steppe des Kirghiz, sur la rive gauche du Volga, a offert à M. de Keyserling et à M. de Verneuil la *Goniatites bogdoanus*, l'*Avicula Alberti*, l'*A. Dalailamæ*, le *Mytilus Beaumonti*, fossiles qui semblent annoncer en ce point l'horizon du muschelkalk.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

En Asie le premier de ces savants a fait connaître quatre espèces de Cératites rapportées par M. de Middendorff du nord de la Sibérie à l'embouchure de l'Oleneck, par 75° latitude, et rappelant les formes de celles du Tyrol. Dans la chaîne de l'Himalaya, les couches placées comme le montre la coupe de M. Strachey dont nous avons parlé (*antè*, p. 431) ont présenté 35 espèces de fossiles qui rappelleraient par leur association la faune triasique supérieure des Alpes. Ce sont encore des Cératites, des Goniatites, des Ammonites, des Spirifer, des Pholadomyes, des Térébratules, des *Chonetes?* etc. Les fossiles recueillis par M. Blanford dans le district de Niti, par MM. Schlagintweit dans ceux du Spiti (Balamsali près Dankhar, Tibet), et de Dharampur (province de Simla), et étudiés par MM. Oppel, Salter et W. Gümbel [1], ont aussi révélé les mêmes analogies. Dans la grande région marneuse, argileuse et arénacée de l'Inde centrale, des restes de reptiles (*Labyrinthodontes* et *Dicynodontes*), de poissons (*Ceratodus Hislopianus, Hunterianus, verapa* et *oblongus*, *Dapedius, Lepidotus* et le *Brachyops laticeps*), ainsi que les végétaux que nous avons cités, ont paru signaler l'organisme de la formation triasique. Plus au sud les roches rouges et bigarrées de Kupang, dans la partie occidentale de Timor, renferment des fossiles que M. Beyrich rapporte à l'horizon du muschelkalk (*Ammonites megaphyllus*) et un nouveau genre, *Atomodesma*, voisin des Inocérames [2].

Les débris de reptiles recueillis par M. Bain, dans une puissante assise de grès de l'Afrique méridionale, avec des plantes voisines des *Lepidodendron*, des *Asterophyllites*, des Lycopodes, reptiles étudiés par M. R. Owen, ont présenté des caractères jusqu'à présent inconnus dans cette classe. Le trait le plus remarquable de leur organisation est l'existence de deux longues défenses fort pointues, recourbées en dessous

1. *Sitzungsb. d. Akad. d. W. in München*, II, 1865, etc.
2. *Abhandl. der Kon. Akad. Wissensch. zu Berlin*, 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

comme celle des morses ou veaux marins, attachées à chaque maxillaire supérieur et dépassant l'inférieur, d'où le nom de *Dicynodon* que le savant anatomiste anglais a donné à ces animaux. Le crâne est conforme au type des reptiles lacertiens avec des modifications propres aux crocodiliens et aux chéloniens. Il n'y a pas de dents, et la mâchoire inférieure était, comme dans les tortues, garnie d'un étui corné tranchant. Les vertèbres sub-biconcaves, comme chez la plupart des anciens sauriens, prouvent que ces animaux, dont on cite 4 espèces, étaient bons nageurs, et la disposition des narines montre qu'ils respiraient l'air en nature. Le genre *Ptychognathus*, démembré du précédent, l'*Oudenodon*, privé de dents aux deux mâchoires, le *Galeosaurus*, pourvu au contraire de fortes canines séparant les incisives des molaires, comme chez les mammifères, sont encore de singuliers reptiles propres aux couches supposées triasiques de l'Afrique australe et dont on doit aussi la détermination à M. Owen.

La faune de l'Amérique du Nord n'offre point de traces d'animaux rayonnés, et quelques empreintes seulement de coquilles douteuses, désignées sous le nom de *Myacites pennsylvaniensis* des schistes noirs de Phœnixville, ont été rapportées à des *Unio* ou à des Potamomyes. Les crustacés ostracodes sont représentés par trois espèces de Posidonomyes ou mieux d'*Estheria*, dont une, l'*Estheria ovata*, serait la *P. minuta* d'Europe, associée aux *Estheria ovalis* et *parva*. La *P. keuperi* de Virginie est sans doute aussi une *Estheria*. Des traces de crustacés macroures ont été signalées, et un grand nombre d'empreintes sont rapportées à plus de 30 espèces d'insectes ou de larves de névroptères (*Ephemera?*)

Les animaux vertébrés ont laissé plus de traces de leur existence, que les invertébrés, surtout dans les grès rouges de la vallée du Connecticut et du New-Jersey. Ce sont d'abord des poissons ganoïdes comme ceux de transition, mais chez lesquels la queue est à demi vertébrée ou point du tout (*Palæoniscus fultus*, *Agassizii*, *macropterus* et *latus*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Catopterus gracilis, *parvulus* et *anguilliformis*, *Eurynotus tenuiceps*, *Ischypterus*, *Turseodus*, *Radiolepsis*), puis des reptiles trouvés dans l'île du Prince-Édouard, dans la Pennsylvanie et la Caroline du Nord. A Phœnixville, une couche d'ossements décrite par M. Wheathey renferme une multitude de dents de lacertiens et de labyrinthodontiens, peut-être même de Ptérodactyles ou reptiles volants. Des empreintes qui paraissent dues à des batraciens, à des chéloniens ou à des labyrinthodontes sont aussi très-fréquentes, telles que celles de l'*Otozoum Moodii* d'Edw. Hitchcock, la plus grande de ces espèces dont les pieds de devant avaient 0^m 40 de longueur et l'enjambée près de 1 mètre. L'*Anomœpus scambus* appartient à un genre dont les phalanges des pieds de derrière sont numériquement disposées dans chaque doigt comme chez les oiseaux, caractère qu'on ne retrouve chez aucun reptile actuel, mais que présentait aussi l'Iguanodon du groupe wealdien. M. Deane a fait connaître encore le *Clepsysaurus pennsylvanicus*, MM. Leidy, Emmons et Lea, le *Sauropus primævus* avec quatre ou cinq autres genres.

Par l'étude seule de ces empreintes du grès rouge du Connecticut, 55 espèces de reptiles ont pu y être caractérisées. La découverte de celles à trois doigts est venue affaiblir la croyance que des oiseaux nombreux avaient existé en même temps et dans les mêmes lieux, et elle laisse présumer que les traces attribuées d'abord à ces derniers pourraient être dues à des reptiles.

Quoi qu'il en soit, Edw. Hitchcock a cru pouvoir continuer à distinguer parmi les empreintes tridactyles ou *Ornithichnites* 31 espèces d'oiseaux. La plus grande de ces empreintes, celle du *Brontozoum giganteus*, n'a pas moins de 0^m 60 de long, et la profondeur comme l'espacement de deux pas successifs annonce un animal qui devait avoir 4^m 25 de hauteur, c'est-à-dire beaucoup plus grand que l'Autruche actuelle et même que l'ancien Moa de la Nouvelle-Zélande; aucune de ces empreintes ne présente de pieds palmés, ce

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui serait assez singulier pour des oiseaux de rivage. Un seul os creux qui a été trouvé pouvait à la vérité venir d'un oiseau, mais aussi bien d'un reptile volant s'il en existait alors.

Enfin il est très-remarquable de voir apparaître, précisément ici comme en Europe, le premier mammifère, découvert par M. Emmons dans le grès rouge de la Caroline du Nord. C'est un maxillaire pourvu de toutes ses dents provenant d'un type de marsupiaux insectivores, voisin des *Mirmecobius* vivants de l'Australie ou du *Plagiaulax* et auquel on a assigné le nom de *Dromatherium silvestre*.

De même que le tableau reproduit, p. 527, indiquait la composition du trias de la région située à l'ouest du Mississipi, la coupe suivante fait connaître les caractères des couches rouges de l'est, étudiées par M. Emmons dans la Virginie et dans la Caroline du Nord.

1. Grès marneux rouge des comtés d'Anson et d'Orange.
2. Marnes schisteuses noires, surtout à Gowrie-Pit, dans le comté de Chesterfield (Virginie) ; au-dessous sont des couches de charbon de 15 mètres d'épaisseur avec *Equisetum columnare, Calamites arenaceus, Pecopteris stuttgartiensis, Pterozamites longifolius, Acrostichites oblongus, Strangerites magnifolia, Sphenoglossum quadrifolium, Albertia latifolia, Voltzia,* nov. spec., *Posidonomya triangularis,* poissons et reptiles sauriens.
3. Grès gris et conglomérats de Deep river.
4. Série de Chatham. Grès grisâtre, passant vers le bas à des schistes bitumineux, avec des couches de charbon peu épaisses. M. Emmons y a recueilli : *Equisetum, Calamites, Walchia angustifolia, Sphenopteris ægyptiaca, Cypris, Bairdia, Limulus, Posidonomya, Amblypterus ornatus,* des dents de Squales, de Pycnodontes, des ossements de sauriens labyrinthodontes et thécodontes (*Dictyocephalus elegans, Clepsysaurus Leai, Ruthiodon carolinensis*) et une mâchoire inférieure qui proviendrait d'un mammifère (*Dromatherium silvestre*).
5. Grès rouge et brun passant à des conglomérats très-puissants avec des troncs d'arbres silicifiés et des Fucoïdes.

Cet ensemble de couches repose sur les roches cristallines, et sa moindre épaisseur serait de 1500 mètres. L'auteur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ne doute pas que les assises 1, 2 et 3 n'appartiennent au trias; il est incertain sur le niveau de la quatrième et rapporte la cinquième au système permien ou aux dépôts équivalents.

Les travaux du *Geological Survey* de la Californie, dirigés par M. J. D. Whitney, ont fait connaître, sur la côte occidentale du continent et particulièrement sur le territoire de Nevada, un grand développement de roches dont les fossiles rappellent la faune triasique des Alpes. Suivant M. Gabb, 4 espèces seraient identiques avec des espèces d'Europe, et l'on trouve la même association d'Orthocératites, de Cératites, de Nautiles, de Goniatites et d'Ammonites. Ces dernières aussi de formes globuleuses accompagnent les Peignes, les Avicules, les *Monotis* et les *Halobia* dont une espèce est partout répandue à profusion[1].

Dans l'Amérique du Sud, aucun fossile ne nous indique encore si les roches arénacées rouges dont nous avons parlé (*antè*, p. 530) sont plutôt triasiques que permiennes, tandis que, dans l'Australasie, ceux qu'a rapportés M. E. Deplanches de l'île Hugon, sur la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie, et que M. E. Deslongchamps a fait connaître[2], ceux que M. Hochstetter avait recueillis en 1859 à Tapaipouanoa près Nelson, dans l'île du sud de la Nouvelle-Zélande, et qu'a étudiés M. Zittel, rappelleraient la faune du trias des Alpes par l'abondance des formes rapportées à l'*Avicula salinaria*, à l'*Halobia Lommeli*, avec des *Monotis*, des *Mytilus*, deux *Spirigera*, un *Spirifer*, etc.[3]

Vues générales. — Si l'on a pu diviser la flore du trias en regardant celle des marnes irisées comme alliée aux dépôts plus récents, et celle du grès bigarré comme une dernière expression de la flore de transition, il n'en est pas de même de la faune marine, particulièrement développée dans le

1. *Geological Survey of California*, vol. I, 1864; vol. II, 1866, *Paléontologie*.
2. *Bull. soc. Linn. de Normandie*, vol. VIII, 1864.
3. W. B. Clarke, *Recent geological discoveries in Australasia*, Sidney, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

groupe intermédiaire ou muschelkalk, et dont les derniers dépôts du grès bigarré nous présentent l'aurore et les marnes irisées le déclin.

C'est, dans la région du trias normal, un tout parfaitement lié, offrant des caractères particuliers, et, dans l'ensemble de la série géologique, un trait d'union entre les faunes permienne et jurassique. Les reptiles, les poissons, les mollusques y sont très-répandus et très-remarquables, quoique le nombre des espèces ne soit pas considérable, ni les formes très-variées. Les crinoïdes, les échinides et les Serpules le sont encore moins, mais les individus des premiers s'y trouvent à profusion. Quant aux polypiers, ils sont partout extrêmement rares. L'atténuation de cette faune, que l'on pourrait appeler centrale à double titre, devient très-sensible dans la région ibérique, relativement au nombre des espèces, des genres, des familles et des classes, à la fréquence et au nombre des individus, comme à leur répartition dans la hauteur de la série.

Dans la région normale, la base de la formation ou du grès bigarré, de même que sa partie supérieure ou les marnes irisées, est presque dépourvue de fossiles marins, et la ressemblance que les trois groupes conservent dans toute l'Allemagne et l'est de la France, ou de la vallée du Danube à la mer du Nord et des bords de la Vistule aux plaines de la Lorraine, donne à l'ensemble de ces dépôts un caractère frappant d'unité. On a donc pu hésiter longtemps à croire que plus au sud, dans les Alpes, des dépôts d'aspect très-différent, et dans les plus récents desquels se montrait une faune marine particulière, correspondaient à ces marnes irisées, partout ailleurs si pauvres en débris d'animaux. Aussi avons-nous dû apporter toute notre attention à démontrer, dans l'ouvrage précité, le parallélisme de ce trias alpin avec celui du centre de l'Allemagne.

Quant à la faune qui marque le terme de la période, et qu'on rencontre aujourd'hui par lambeaux disséminés çà et là

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

au milieu des parties les plus accidentées des Alpes du Nord, de l'Est et du Sud, elle nous a offert des anomalies telles, par rapport au premier groupe des autres pays, et surtout relativement aux modifications habituelles des faunes des divers âges, qu'on ne pourrait pas citer un second exemple aussi frappant dans toute la série des terrains.

Si maintenant nous portons nos regards au delà de ces deux surfaces triangulaires, bien restreintes sans doute relativement à celles qu'occupe encore le trias sur le reste du globe, nous n'y trouverons pas, comme pour les autres faunes sur une multitude de points des continents et des îles, des représentants de son organisme propre, témoins incontestables des eaux de l'Océan et de l'universalité de la répartition de la vie marine. Nous ne rencontrons que des reptiles amphibies qui ont pu vivre sur le bord des lacs ou des grands cours d'eau, des poissons dont rien ne prouve qu'ils soient plutôt marins que fluviatiles ou lacustres, des empreintes d'oiseaux encore douteuses, quelques entomostracés et des crustacés d'une origine aussi incertaine, quant au milieu où ils ont vécu, enfin partout des plantes terrestres annonçant le voisinage d'un sol émergé. Mais nulle part nous ne voyons encore signalées ces nombreuses tribus de mollusques variés, d'annélides, d'échinides, de crinoïdes et de zoophytes pierreux dont la présence annonce les conditions de la vie marine.

En considérant cet étrange contraste du trias de la plus grande partie de la terre, comparé à ces espaces si bornés qu'occupe sa faune marine en Europe et quelques points de la haute Asie, ne serait-on pas tenté de se demander : Où donc était alors l'Océan? Si tous ces immenses dépôts se sont formés sous ses eaux, d'où vient que, par une exception qui ne se reproduit nulle part sur une pareille échelle, aucun d'eux ne nous a transmis les restes d'une faune marine, tandis que tous nous ont conservé les débris d'animaux qui ont pu vivre dans les eaux douces, ou sur un sol émergé comme les plantes terrestres ?

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Relations stratigraphiques générales. — Les relations stratigraphiques du trias avec les dépôts permiens sous-jacents et avec ceux du lias qui les recouvrent ont été étudiées, dans ces derniers temps, avec le plus grand soin, surtout en Europe, et il ressort de ces recherches, comme des discussions auxquelles a donné lieu le tracé des limites respectives de ces formations, que, dans le plus grand nombre des cas, la stratification est continue, et que la distinction ou la séparation des premières couches du lias d'avec les dernières des marnes irisées est aussi délicate à marquer que celle des premières couches du grès bigarré et des dernières du zechstein.

En un mot, la période triasique nous paraît être l'une des plus curieuses à étudier, l'une de celles qui appellent le plus vivement les méditations du naturaliste, tant par la variété des phénomènes inorganiques qui s'y sont produits que par la répartition singulière des animaux et des végétaux qui peuplaient alors la terre.

§ 2. FORMATION JURASSIQUE.

Classification. — Nous comprenons, sous le titre de *formation jurassique*, tous les sédiments qui se sont déposés entre la fin de la période du trias ou des marnes irisées et les premières couches crétacées du groupe néocomien ou wealdien. On a dit (*antè*, p. 226) que les géologues anglais, appréciant la justesse des vues de W. Smith, avaient conservé sa classification et sa terminologie, encore vraies et suffisantes après une épreuve de 50 ans. De l'Angleterre cette classification est passée sur le continent où elle a été de proche en proche appliquée à tous les dépôts jugés contemporains. Néanmoins, elle a dû subir quelques modifications de détails par suite de nouveaux termes introduits dans la série.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

La présence fréquente, dans plusieurs de ces termes, de *roches oolithiques* ou renfermant de petites concrétions calcaires ou ferrugineuses désignées sous le nom d'*oolithes*, avait fait donner à l'ensemble le nom de *groupe* ou de *formation oolithique;* mais nous avons montré[1] que, s'il était avantageux d'adopter les divisions établies en Angleterre, leur assemblage n'y offrait cependant aucun caractère géographique ni orographique particulier et distinct de ceux des formations voisines et que de plus le *groupe du lias* n'y était pas compris.

En adoptant au contraire l'expression de *formation jurassique* pour désigner toute la série, les difficultés étaient levées sans avoir nécessité l'introduction d'un mot nouveau; et nous n'avons eu qu'à mieux définir et limiter celui que depuis longtemps on employait sur le continent. En effet, la chaîne du Jura, comprise entre le Rhône et le Rhin, entre la grande vallée Suisse et celle de la Saône, a une importance orographique et géographique qu'elle doit aux couches de la période dont nous parlons, comme celle de la Côte-d'Or, sorte de petite sœur jumelle, moins considérable, mais plus homogène encore dans sa constitution géologique et dont le principal relief est dû à des phénomènes physiques pour la plupart contemporains de ceux qui ont accidenté le Jura.

L'adoption des termes consacrés en Angleterre pour les divisions et sous-divisions n'impliquait point cependant l'emploi exclusif de mots anglais que nous avons rendus par leurs équivalents dans notre langue, à moins que ces derniers n'offrissent quelque inconvénient, auquel cas nous avons conservé la dénomination locale. En résumé le tableau ci-joint montre, dans leur ordre naturel de haut en bas, l'arrangement des divisions, tel que nous le comprenons.

1. *Histoire des progrès de la géologie,* vol. VI, p. 8. 1856.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

GROUPES.	ÉTAGES.	SOUS-ÉTAGES.
FORMATION JURASSIQUE.		
1er. De Purbeck.....	1er. Supérieur. 2e. Moyen. 3e. Inférieur.	
2e. Oolithique supérieur.	De Portland.....	Calcaires. Sables.
	De Kimmeridge.	
3e. Oolithique moyen....	1er. Du coral-rag	Calcareous grit supérieur. Oolithe d'Oxford, oolithe coralline, coral-rag. Calcareous grit inférieur.
	2e. De l'argile d'Oxford..	Argile d'Oxford. Roche de Kelloway.
4e. Oolithique inférieur..	1er. Cornbrash 2e. Forest-marble.	
	3e. Grande oolithe	Argile de Bradford. Oolithe de Bath. Calcaires schisteux de Stonesfield.
	4e. Terre à foulon.....	Argile bleue et jaune. Argile et calcaire.
	5e. Oolithique inférieure.	Calcaire oolithique. Sables ferrugineux.
5e. Du lias.....	Supérieur. Moyen. Inférieur.	
	Grès et calcaires.....	Lias blanc, lumachelles. Calcaires magnésiens. Couches à *Avicula contorta*, etc. Couches à ossements, etc.

Voyons actuellement quels sont les principaux caractères et la distribution des dépôts de cette formation dans les diverses parties du globe où elle est aujourd'hui le mieux connue.

Iles-Britanniques. — Considérés dans leur ensemble, les dépôts jurassiques affectent dans les Iles-Britanniques une répartition assez singulière. Ils sont, en effet, placés sur deux lignes dirigées N.-N.-E., S.-S.-O. La première, située au nord-ouest, n'est indiquée que par de petits lambeaux espacés qui la jalonnent de distance en distance comme des *témoins*, depuis la côte nord de l'Irlande par les îles de Mull, de Sky, etc., jusque vers la côte orientale du Sutherland (Ecosse); la seconde, au sud-est, forme une large zone continue dirigée

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

moyennement N.-N.-E. S.-S.-O., un peu arquée à l'E., s'étendant de l'embouchure de la Tees (Yorkshire, au littoral du Devonshire. En nous bornant ici à la région la plus importante, à celle de l'Angleterre, nous voyons que cette zone, qui divise l'île en deux parties presque égales, a une largeur très-différente suivant les points où on l'observe. Elle laisse à l'ouest tous les dépôts antérieurs, depuis le trias jusqu'aux schistes les plus anciens du pays de Galles, et à l'est toutes les séries secondaires et tertiaires qui lui ont succédé. Une coupe N.-O., S.-E., faite en travers au milieu de sa longueur, montre les groupes et les étages se superposant de bas en haut dans la même direction et plongeant au S.-E. sous les strates crétacés.

Cet ensemble de couches renferme toutes les preuves des changements successifs survenus pendant qu'elles se déposaient, changements lents et d'une faible étendue en tout sens, qui se traduisent aujourd'hui par les caractères minéralogiques des roches, par leur plus ou moins de développement, comme par les espèces, les genres, les familles et même les classes d'êtres organisés, dont on y trouve les restes.

Les caractères minéralogiques des groupes ont une constance remarquable. Ainsi, dans le lias, les étages d'Oxford et de Kimméridge dominent l'argile, les marnes et les calcaires marneux de teintes grisâtres, bleuâtres plus ou moins foncées, tandis que, dans les étages de Portland, du coral-rag, du corn-brash, le forest-marble, la grande oolithe et une partie de l'oolithe inférieure, règnent des calcaires blancs ou bien oolithiques de teinte jaune claire ou blanchâtre. La base de l'étage de Portland et celle de l'oolithe inférieure sont sableuses, et la terre à foulon est argileuse et marneuse comme le sous-étage de Bradford.

Ces divisions ne se présentent toutes également développées sur aucun point de la zone. Elles atteignent leur plus grande épaisseur ou leur composition la plus variée dans des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

localités différentes, et quelquefois un ou plusieurs termes de la série manquent tout à fait. Les mouvements d'abaissement et d'élévation du sol ont fréquemment modifié la profondeur des eaux, et même parfois ont complétement émergé le fond de la mer, d'où il résulte que l'on trouve aujourd'hui, en contact sur divers points, des étages qui ailleurs ne se succèdent pas immédiatement. Malgré leur amincissement dans telle ou telle direction, les termes de la série tant qu'ils subsistent conservent leurs caractères propres.

Quoique les dépôts soient de natures très-variées, que leurs fossiles soient très-nombreux dans la plupart, et différents dans chacun d'eux, leur puissance est très-faible, comparée à celle des divisions des systèmes plus anciens. Ainsi le lias ne dépasse guère 130 à 160 mètres sur les points où il est le plus développé, l'oolithe inférieure 100, la grande oolithe 120, l'argile d'Oxford 160, le coral-rag et le calcareous-grit 50, l'argile de Kimméridge 190, l'étage de Portland 60 à 70, et le groupe de Purbeck 50.

Outre les modifications stratigraphiques, minéralogiques et d'épaisseur, il y en a d'autres indiquées par les corps organisés et qui sont de plusieurs sortes, suivant que l'on considère ceux-ci d'après leur *habitat*, suivant qu'ils ont vécu dans la mer, dans les eaux saumâtres, dans les eaux douces, ou enfin sur un sol émergé.

Ainsi, en envisageant la formation de haut en bas ou des couches les plus récentes aux plus anciennes, on voit qu'après le dépôt du calcaire de Portland, qui déjà était bien moins étendu que les précédents, une grande partie du sud de l'Angleterre a été portée au-dessus du niveau de la mer, et d'autres sont restées couvertes d'eaux saumâtres ou d'eaux douces, peu profondes pendant un laps de temps assez considérable. C'est alors que se déposèrent les couches du groupe de Purbeck dont les assises moyennes, dans la baie de Sewanage, ont offert récemment 13 ou 14 espèces de petits

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mammifères, dont les genres nouveaux (*Spalacotherium*, *Triconodon*, *Plagiaulax*), appartiennent pour la plupart à la classe des marsupiaux, et sont accompagnés de restes de poissons, de crocodiles et de coquilles. Les supérieures avaient présenté des coquilles exclusivement lacustres (Paludines, Physes, Limnées, Planorbes, Valvées, Cyclades, *Unio*), de petits crustacés ostracodes et des poissons ; l'inférieure, un lit de vase noirâtre renfermant de nombreux troncs de végétaux silicifiés (cycadées, *Zamia*, conifères), et dans la vallée de Wardour toute une faune entomologique.

Plus bas se montrent, à divers niveaux ou à divers moments, des dépôts de nature mixte interrompant la sédimentation purement marine. Ainsi, dans le nord de l'Écosse, des dépôts lacustres ont précédé les couches marines de l'étage d'Oxford; dans le Yorkshire et le Lincolnshire, des accumulations de végétaux terrestres sont enveloppées dans des grès dépourvus d'animaux marins. Ces couches charbonneuses ne se continuent pas au delà, et leur formation a été interrompue à son tour par un envahissement de la mer qui a laissé un repère géologique et paléontologique précieux pour retrouver le parallélisme général.

Au commencement de la grande oolithe, les calcaires schisteux de Stonesfield, où furent rencontrés pour la première fois, dans le terrain secondaire, des débris de petits mammifères terrestres (*Stereognathus*, *Amphitherium*, *Amphilestes*, *Phascolotherium*), une couche d'ossements à la base de l'oolithe inférieure des comtés du centre, d'autres avec des lits remplis d'insectes vers le sommet des argiles du lias de même que vers sa base, des traces de faune et de flore exclusivement terrestres, un banc d'origine mixte et un autre en partie composé d'ossements de reptiles et de poissons, prouvent partout la faible profondeur des eaux et le voisinage immédiat des côtes.

A ce dernier égard, les découvertes récentes de MM. Wright, Moore et Dawkins ont démontré que le 4e étage du lias, tel

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que nous l'avions admis en France, en Allemagne et dans les Alpes, offrait, dans les comtés de l'ouest de l'Angleterre, cette faune déjà si caractéristique au delà du Rhin, laquelle prenait même naissance plus à l'ouest encore à Portrush, dans le nord-est de l'Irlande, où l'*Avicula contorta* avait été signalée pour la première fois. La présence d'un petit mammifère didelphe (*Hypsiprymnopsis rhæticus*), au-dessous de la couche à poissons de Watchet, et d'un autre (*Microlestes antiquus*) à From, tous deux au milieu des coquilles caractéristiques de l'étage, sont des faits importants qui viennent correspondre à ceux que nous verrons indiqués au même niveau dans le Wurtemberg.

L'examen plus particulier des fossiles de la zone jurassique d'Angleterre n'a pas moins d'intérêt que les considérations précédentes; il apporte un élément de plus au tableau général des phénomènes de cette période et le revêt de teintes plus variées. Le moyen le plus simple et le plus concis de donner une idée de l'ensemble de cet organisme est de reproduire ci-contre l'expression numérique de la flore et de la faune que nous avons publiée en 1856 et qui, bien que devenue incomplète par suite des nouvelles acquisitions de la science, suffit pour le but que nous nous proposons ici. Nous avons eu soin toutefois d'y introduire les fossiles du groupe de Purbeck et ceux du quatrième étage du lias, qui n'y figuraient pas d'abord.

Sans reproduire ici toutes les déductions auxquelles ces chiffres nous avaient amené, nous ferons remarquer, comme pouvant se rattacher à des vues théoriques d'un certain intérêt, que, parmi les végétaux, dominent encore les fougères, les cycadées et les conifères qui ont vécu pendant les dépôts du quatrième groupe dans le Yorkshire, le Lincolnshire et l'Oxfordshire.

Quant à la faune, si nous faisons abstraction du groupe de Purbeck qui s'est formé dans des conditions toutes particulières, nous voyons que la répartition des animaux, dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

TABLEAU DE LA FLORE ET DE LA FAUNE JURASSIQUES D'ANGLETERRE.

	CLASSES, ORDRES ET FAMILLES.	NOMBRE DES GENRES.	NOMBRE DES ESPÈCES.	1er GROUPE de Purbeck	2e GROUPE oolithique supérieur.		3e GROUPE oolithique moyen.			4e GROUPE oolithique inférieur.				5e GROUPE du lias.
				Étages supérieur, moyen et inférieur.	Étage de Portland.	Argile de Kimmeridge.	Calcareous-grit et coral-rag.	Argile d'Oxford.	Roche de Kelloway.	Cornbrash.	Forest marble et argile de Bradford.	Grande oolithe et calcaires de Stonesfield.	Terre à foulon.	Oolithe inférieure.	Lias.
FLORE.	Algues	3	4	1	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»	1
	Fougères	20	60	»	»	»	»	»	»	»	40	13	8	»	1
	Lycopodiacées	2	2	»	»	»	»	»	»	»	»	1	1	»	»
	Equisétacées	1	3	»	»	»	»	»	»	»	1	»	2	»	1
	Pandanées	1	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
	Calamites	1	1	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
	Sigillariées	2	3	»	»	»	»	»	»	»	1	2	»	»	»
	Cycadées	6	21	3	»	»	»	»	»	»	8	6	2	»	3
	Conifères	13	23	1	»	»	2	»	»	»	2	11	1	1	5
	Haloragées	1	4	»	»	»	»	»	»	»	»	2	»	»	2
		50	122	5	»	»	2	»	»	»	54	36	14	2	13
FAUNE.	Amorphozoaires	4	10	»	»	»	3	»	»	»	»	7	»	»	»
	Rhizopodes	8	9	»	»	»	1	»	»	»	»	1	»	»	7
	Polypiers zoanthaires	26	76	»	1	»	17	»	»	1	3	30	»	31	4
	Radiaires. Echinides	15	82	1	»	2	23	»	1	11	4	23	»	38	9
	Radiaires. Stellérides	10	18	»	»	»	1	2	»	»	1	2	»	»	12
	Radiaires. Crinoïdes	5	19	»	»	»	1	»	»	»	8	3	»	2	8
	Annélides	3	27	1	»	»	7	2	»	4	»	6	»	9	2
	Cirrhipèdes	2	3	»	»	»	»	1	»	»	»	1	»	»	1
	Crustacés	10	25	8	»	»	2	3	»	»	»	2	»	»	11
	Insectes	60	80	48	»	1	»	»	»	»	»	9	»	»	22
	Mollusques. Bryozoaires	12	24	»	»	»	2	»	»	2	»	20	»	4	»
	Mollusques. Brachiopodes	9	*90	»	»	2	3	5	2	6	7	13	2	34	34
	Mollusques. Acéph. monomyaires	21	171	4	8	8	27	10	8	11	1	78	2	37	29
	Mollusques. — dimyaires	49	344	15	10	10	29	15	17	25	1	114	5	97	67
	Mollusques. Gastéropodes	53	308	7	8	3	24	5	5	7	1	200	»	62	18
	Mollusques. Céphalopodes	9	257	»	2	6	10	35	19	1	»	13	»	37	148
	Poissons	58	221	14	3	6	2	4	1	2	»	55	»	5	132
	Reptiles	19	53	10	2	9	»	»	»	1	2	8	»	»	22
	Mammifères	14	20	14	»	»	»	»	»	»	»	4	»	»	2
	Incertæ sedis	1	6	»	»	1	1	2	»	»	»	»	»	»	2
		388	1853	122	34	48	153	84	53	71	28	589	9	356	533

* NOTA. Le tableau rectifié porte ce nombre à 96.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les 11 divisions géologiques, manifeste une diminution numérique très-sensible de bas en haut, ou depuis la grande oolithe qui renferme 589 espèces jusqu'au calcaire Portland qui en a seulement 34.

Si l'on considère la distribution des espèces de chaque classe, on voit que les polypiers et les échinodermes sont également développés dans le coral-rag, la grande oolithe et l'oolithe inférieure, tandis que les brachiopodes (90 et même 96 espèces) suivent une progression décroissante de bas en haut comme tout l'ensemble de l'organisme.

La diminution des céphalopodes dans le même sens est encore plus frappante, mais elle est moins régulière. Ainsi, l'ère du lias et celle de l'oolithe inférieure, quoique ayant eu bien peu d'espèces communes (7), sont liées par le développement simultané des brachiopodes et des céphalopodes, tandis que les autres ordres y sont plus faiblement représentés qu'ailleurs. Ce serait en quelque sorte, mais avec des formes différentes, comme un ressouvenir de ce que nous ont montré certaines faunes siluriennes (*antè*, p. 410).

Les poissons, quoique fort nombreux, particulièrement dans les calcaires schistoïdes de Stonesfield et le lias, ont une distribution trop soumise à des influences locales pour fournir des données un peu générales, tandis que la fréquence des débris de reptiles, leurs dimensions gigantesques et l'étrangeté des formes dont nous avons eu occasion de parler (Ichthyosaures, Plésiosaures, Mégalosaures, Ptérodactyles, etc. (*antè*, p. 222), donnent aux étages de Kimmeridge, de la grande oolithe et du lias, un intérêt particulier. Mais ce qui augmente encore celui de la formation jurassique de ce pays, c'est la présence de 20 espèces de petits mammifères, rongeurs monodelphes ou didelphes, signalés à trois niveaux différents : 2 à la base du quatrième étage du lias, 4 dans les calcaires de Stonesfield et 14 environ au sommet dans l'étage moyen de Purbeck. Cette circonstance ne s'est encore présentée nulle part, et une seule de ces espèces (le *Micro-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

lestes primævus) s'est montrée sur un point du continent, comme ici à la partie la plus inférieure du lias.

Dans la portion du tableau que nous n'avons pas reproduite, on voit que, sur l'ensemble de cette faune, 134 espèces ont été rencontrées dans deux étages à la fois, et que, si l'on en retranche 58 communes à la grande oolithe et à l'oolithe inférieure, il en reste 76 communes à 10 autres divisions combinées deux à deux; 37 sont communes à 3, 9 à 4, et aucune ne traverse toute la formation. Certaines de ces divisions, quoique non contiguës, ont des relations paléontologiques très-intimes; telle est la faune du coral-rag avec celles de la grande oolithe et de l'oolithe inférieure.

France. — Les auteurs de la carte géologique de la France ont tracé comme il suit la disposition générale des couches jurassiques de notre pays. Les bandes qu'elles constituent à sa surface forment une large écharpe qui traverse obliquement sa partie centrale depuis les environs de Poitiers jusqu'aux environs de Metz et de Longwy. « Cette écharpe, « continuent MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, se recourbe « d'une part vers le haut, du côté de Mézières et d'Hirson, « et de l'autre vers le bas, du côté de Cahors et de Milhau; « mais en même temps il s'en détache deux branches, dont « l'une se repliant au N.-O. se dirige vers Alençon et Caen, « tandis que l'autre, descendant au midi, suit d'abord la Saône, « ensuite le Rhône, depuis Lyon jusqu'au delà de Privas, et « tourne autour des Cévennes jusqu'au delà de Montpellier « pour aller rejoindre la première branche dans le départe- « ment de l'Aveyron. »

« Ces bandes recourbées projettent, en outre, dans diffé- « rentes directions, des appendices irréguliers; mais ce « qu'elles présentent de plus remarquable, c'est qu'en fai- « sant abstraction de ces irrégularités, on voit ces bandes « former deux espèces de boucles qui dessinent à la sur- « face de la France une figure qui s'approche de celle d'un « x placé de côté ($\aleph$); et même, si l'on observe que la boucle

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

« inférieure est presque fermée et ne présente que des « lacunes apparentes dues à des dépôts superficiels qui « cachent les couches jurassiques, on pourra comparer la « disposition de ces bandes à la forme générale d'un 8 « ouvert par en haut. »

Mais, si les deux boucles de cette figure ont une certaine ressemblance dans la forme, elles offrent une opposition complète dans la manière dont les couches y sont disposées relativement aux masses minérales qui occupent les deux espaces qu'elles circonscrivent au nord et au sud. En effet la boucle inférieure ou méridionale entoure un massif proéminent formé principalement de roches granitiques : c'est le massif central de la France couronné par les roches volcaniques de l'Auvergne et du Velay. Ici la ceinture jurassique est moins élevée que l'espace qu'elle entoure. La boucle supérieure ou septentrionale, au contraire, qui trace les contours d'un bassin dont Paris occupe le centre, est en grande partie plus élevée que le remplissage de ce bassin. L'intérieur en est occupé par une succession d'assises à peu près concentriques « comparables à une série de vases semblables entre « eux, et que l'on fait entrer l'un dans l'autre pour occuper « moins d'espace. »

« La différence la plus essentielle des deux boucles oppo- « sées du 8 est que l'une recouvre et que l'autre supporte « les masses minérales qui occupent l'espace qu'elle entoure. « La boucle inférieure ou méridionale est formée par des « couches qui s'appuient sur le bord du massif granitique « qui leur sert de centre et en quelque sorte de noyau ; la « boucle supérieure ou la plus septentrionale est formée au « contraire par des couches qui s'enfoncent de toutes parts « sous un remplissage central auquel elles servent de sup- « port. »

Pour décrire les diverses parties de ces zones flexueuses repliées, on conçoit qu'il fallait les fractionner de la manière la moins arbitraire possible. Ainsi, sous la désignation de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

formation jurassique du nord de la France, nous avons étudié d'abord la série des couches contemporaines de celles que nous avons vues en Angleterre, et qui se sont déposées sur les rivages opposés au S. et au S.-E., sur le pourtour de l'espace qui comprend les bassins hydrographiques de la Loire, de la Seine, de la Meuse et de la Moselle [1]. Nous y avons retrouvé les représentants bien caractérisés des divers groupes du rivage nord-ouest en Angleterre, mais avec des différences d'autant plus prononcées qu'on s'en éloigne davantage.

Le plus inférieur de ces groupes, celui du lias, offre à sa base une série de couches assez variables suivant les localités, et auxquelles on a donné les noms de : *grès du lias, infra-lias, lumachelle, couches à Avicula contorta, couches à ossements, arkose,* etc. [2] Elles nous semblent, aujourd'hui comme il y a dix ans, caractériser une de ces périodes de passage qu'il est naturel de rattacher au groupe avec lequel elles ont le plus d'analogies organiques. Dans un travail plus récent, M. Martin a fait voir que, si la faune de cet horizon présentait 12 genres et 30 espèces ayant leurs analogues dans des couches plus anciennes et qui s'éteignent ici, il y avait 47 genres et 71 espèces qui y apparaissent pour la première fois et se continuent au-dessus dans les assises du lias proprement dit. Ainsi parmi les reptiles, les Mégalosaures, les Ptérodactyles, les Ichthyosaures, les Plésiosaures commencent à s'y montrer; parmi les poissons, les espèces quoique moins prédominantes seraient encore du lias plutôt que du trias; parmi les mollusques, les céphalopodes y présentent 5 genres jurassiques et aucun du trias, et il en est de

1. Voy. *Histoire des progrès de la géologie,* vol. VI, p. 161. 1856.

2. L'arkose est pour nous une roche à base de silice, placée au contact du granite ou d'autres roches cristallines, en contenant tous les éléments disséminés et altérés, souvent réagglutinés par de la silice, et renfermant différentes substances minérales adventives. Cette définition ne préjuge donc point l'âge absolu de la roche.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

même des gastéropodes, etc. C'est donc en réalité l'aurore de la faune jurassique, pendant laquelle vivaient encore les derniers types de la faune précédente.

Nous reproduirons ici la coupe si instructive des environs d'Avallon (Yonne) montrant la composition des trois étages du lias qui succèdent à celui-ci.

1er ÉTAGE.	1° Bancs calcaires et marnes alternants (*Ammonites bifrons, elegans, cornucopiæ*, etc. *Belemnites, Thecocyathus mactra, Nucula Hammeri, rostrata, Turbo ornatus, Posidonomya*, etc.	20m
	2° Argile schisteuse et bancs de calcaire argileux alternants ; le banc inférieur, de 0m40, est surtout exploité pour la fabrication du *ciment de Vassy* (*Ammonites annulatus, Desplacei, communis, serpentinus, heterophyllus*, des Posidonomyes, des *Aptychus*, des débris d'Ichthyosaures, etc.)	30m
2e ÉTAGE.	3° Calcaires à *Gryphæa cymbium*, en bancs séparés par des lits d'argile calcarifère (Bélemnites très-nombreuses avec *Ammonites margaritatus, fimbriatus, Pecten æquivalvis, Terebratula quadrifida, tetraedra, variabilis*).	5m
	4° Marnes argileuses sans fossiles, avec des concrétions marneuses ou *septaria*.	50m
	5° Calcaire très-argileux avec *Belemnites clavatus, umbilicatus, Bruguierianus, Terebratula numismalis, rimosa*, deux *Spirifer*, les *Ammonites Davœi, planicosta, fimbriatus, hybridus*	3m
3e ÉTAGE.	6° Calcaires à Gryphées arquées, se divisant en : *a. Ammonites Bucklandi* ou *bisulcatus, Terebratula variabilis.* *e. Ammonites* id. *stellaris, Spirifer Walcotii*, des Térébratules, des Pentacrines, etc.	5m

La coupe du tunnel de Blaizy au nord-est de Sombernon où sont indiquées les relations et les épaisseurs de toutes les couches jurassiques et triasiques jusqu'au granite, et le profil des environs de Pouilly en Auxois, comprenant la série complexe des couches de l'oolithe inférieure (*calcaires à Entroques*) et de la terre à foulon [1], peuvent donner une idée de la composition du groupe inférieur de cette région.

Dans la partie opposée du bassin, les roches de l'oolithe inférieure du Calvados diffèrent minéralogiquement de celles de l'est. Moins puissantes, moins solides, elles sont plus ferrugineuses et caractérisées par une grande quantité de fossiles qui ont rendu célèbres les localités des Moutiers, de

1. Voy. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. VI, p. 383, 387, 324.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Saint-Vigor près Bayeux, etc.[1] Les étages de la terre à foulon, des calcaires de Stonesfield (pierre de Caen), gisement du *Teleosaurus* et d'assez nombreux poissons, enfin celui de la grande oolithe (calcaire à polypiers), se développent au-dessus sans distinction bien prononcée du forest-marble et du cornbrash.

L'étage d'Oxford, qui se divise souvent en trois sous-étages (calcareous-grit inférieur, argile d'Oxford, couches de Kelloway), affecte des différences minéralogiques très-prononcées sur le pourtour du bassin. Essentiellement argileux, gris bleuâtre dans le Bas-Boulonais et le Calvados, il devient calcaréo-siliceux et jaunâtre dans le Maine, passe à des calcaires bleus marneux au sud de la Loire, pour reprendre des caractères argileux et ses teintes foncées dans les départements de l'Yonne, de l'Aube, de la Haute-Marne, de la Côte-d'Or, de la Marne et des Ardennes. Il est couronné, dans la dernière partie de cette zone, par l'oolithe ferrugineuse du second *calcareous-grit*, et la couche de minerai répétée à sa base y représente l'assise de Kelloway. La distribution des fossiles est en rapport avec ces changements minéralogiques, et les régions argileuses, calcaréo-sableuses et ferrugineuses, quoique reliées par un certain nombre d'espèces communes, offrent des associations particulières. Celle du sud, essentiellement calcaire, est généralement la moins riche.

Le coral-rag n'est pas moins variable dans son épaisseur;

1. Ce sont des polypiers, des échinides, mais surtout, parmi les mollusques acéphales, de nombreuses Pholadomyes, des Panopées, les *Astarte cordiformis, elegans, modiolaris, obliqua, trigona*, la *Cypricardia cordiformis*, l'*Opis lunulata*, le *Myoconcha crassa*, l'*Hippopodium bajocense*, des Arches, les *Trigonia costata* et *striata*, la *Modiola plicata*, les *Lima gibbosa, Hector, proboscidea, transversa*, etc., les *Pecten barbatus, textorius*, l'*Ostrea sublobata*, les *Terebratula Buckmani, globata, perovalis, obovata, plicatella, ringens, sphæroidalis, spinosa;* parmi les gastéropodes, les *Chemnitzia* et les Pleurotomaires; les céphalopodes non moins abondants sont particulièrement les *Bélemnites bessinus, Blainvillei, giganteus*, les *Nautilus lineatus* et *obesus*, les *Ammonites Blagdeni, Braikenridgi, Brongniarti, Gervillei, discus, Garrantianus, Herveyi, Humphriesianus, Martinsii, Murchisonæ, Parkinsoni, subradiatus, Truelli*, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de 10 à 12 mètres seulement dans le Bas-Boulonais, manquant probablement vers l'embouchure de la Seine, assez peu caractérisé dans le Calvados, il se développe en remontant au S. vers l'axe du Merlerault où sa partie supérieure commence à être remplie de petites coquilles du genre Astarte (*A. minima*). Dans les départements de la Creuse, de l'Indre et du Cher, s'y montrent des polypiers zoanthaires peu développés au nord; les Dicérates et les Nérinées y sont très-répandues aux environs de Bourges et de Sancerre où l'épaisseur de l'étage atteint 130 mètres et peut être divisée en trois assises de calcaires blancs, oolithiques, pisolithiques ou à oolithes irrégulières et noduleuses. Cette épaisseur s'accroît encore vers l'E., et, dans le département de la Meuse où elle est de 150 mètres, quatre sous-divisions y ont été tracées. Les mollusques gastéropodes et surtout les polypiers y abondent, et ceux-ci, dans les escarpements des environs de Saint-Mihiel, devaient former des récifs comparables à ceux des mers chaudes de la Polynésie.

L'argile de Kimmeridge, qu'on observe sur quelques points le long de la Manche, particulièrement à la base des falaises de Boulogne et du cap la Hève près du Havre, se montre rarement dans la région de l'ouest; mais au sud de la Loire, à partir de Buzançais, elle suit, jusque dans les Ardennes, les autres affleurements jurassiques, atteignant, comme l'étage suivant, sa plus grande épaisseur et sa plus grande altitude normale vers le milieu de cette zone orientale. De même qu'en Angleterre, on y trouve beaucoup de restes de grands reptiles (Ichthyosaures, Plésiosaures, etc.), des poissons, des crustacés, et, parmi les mollusques céphalopodes, des Nautiles et des Ammonites de très-grandes tailles. Parmi les coquilles, l'*Ostrea deltoidea* et l'*Exogyra virgula* le caractérisent, comme la Gryphée arquée caractérisait le 3e étage du lias, la *G. cymbium* le second, l'*Ostrea Knorri* (*pictaviensis*, Héb.) le 1er, l'*Ostrea Buckmani* l'oolithe inférieure, les *Ostrea costata* et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

acuminata la grande oolithe, les *Ostrea gregaria* et *Marshii* avec la *Gryphæa dilatata* l'argile d'Oxford, etc.

L'étage de Portland ne s'observe guère de ce côté de la Manche que dans le Bas-Boulonais, caractérisé par la *Trigonia gibbosa;* mais au sud-est, le long des anciens rivages formés par le second groupe, dans les départements de l'Aube, de la Haute-Marne et de la Meuse où il atteint jusqu'à 400 mètres d'altitude, non-seulement sa puissance est aussi considérable qu'en Angleterre, mais encore il y présente des caractères plus complexes qui y ont fait admettre trois divisions au lieu de deux, partagées elles-mêmes en un certain nombre d'assises distinctes. L'*Ammonites gigas,* le *Cardium dissimile* et l'*Ostrea falcata* sont les fossiles les plus caractéristiques des deux côtés du détroit.

Quant au groupe supérieur, il ne semble avoir de représentant certain avec ses caractères du sud de l'Angleterre que dans le Bas-Boulonais et dans le pays de Bray. Peut-être les couches des départements de la Meuse et de la Haute-Marne désignées sous le nom de *calcaires gris verdâtres,* d'*oolithes vacuolaires* avec des fossiles particuliers, entre autres la *Corbula inflexa* (*Pholodomya parva,* Cornuel), doivent-elles y être rapportées.

Si la zone jurassique d'Angleterre située au nord-ouest est remarquable par l'uniformité et la régularité des phénomènes qui ont présidé à sa formation et ont dû nous la faire prendre comme terme de comparaison, les bords opposés de l'ancien golfe qui comprend le nord de la France sont plus frappants par la variété et la complexité des résultats qui se sont produits dans le même temps.

Nous ne poursuivrons pas cette esquisse sur le pourtour du plateau central, le long des Pyrénées, ni à l'est, le long des Alpes et du Jura; on conçoit quelles sont les différences que les circonstances locales ont pu apporter dans la nature des dépôts, leur puissance, leur persistance ou leur disparition complète par places, ainsi que les modifications dans les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

fossiles qu'ils renferment. Un coup d'œil jeté sur la *Carte géologique* exécutée par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, la lecture de l'*Explication* de cette carte et celle du tome VI de l'*Histoire des progrès de la géologie* qui peut y suppléer à certains égards et remplir les lacunes laissées par les parties non publiées de ce grand travail, suffiront pour donner une idée assez complète de l'importance de la formation jurassique à la surface de notre pays. Nous mentionnerons seulement quelques faits essentiels signalés depuis la publication de ces ouvrages.

Les couches de la base du lias que nous continuons à placer dans son quatrième étage ont été reconnues par MM. J. Martin, Hébert, Pellat, Dumortier, Levallois, Deslongchamps et l'abbé Pouech, sur un grand nombre de points de la Bourgogne, de la Lorraine, du Dauphiné, de la Provence et jusqu'au pied des Pyrénées, toujours accompagnées de lits à ossements de poissons et de reptiles et caractérisées par les mêmes coquilles qu'en Angleterre à l'ouest et qu'en Allemagne à l'est (*Cardium Philippianum* et *cloacinum*, *Schizodus cloacinus*, *Leda Deffneri*, *Avicula contorta*, *Mytilus minutus*, *Gervillia præcursor*, *Myophoria inflata*, *Anatina præcursor*, *Pecten valoniensis*, *Plicatula intustriata*, *Ostrea irregularis*).

A l'autre extrémité de la série, les calcaires en plaquettes avec *Corbula inflexa*, que nous avions signalés dès 1843, recouvrant les couches de Portland, doivent être regardés, avec les calcaires vacuolaires, les argiles panachées de diverses couleurs et des gypses subordonnés, surmontés de lits avec des coquilles d'eau douce (Cyrènes, Paludines, Physes, etc.), comme représentant le groupe supérieur ou de Purbeck, dans les départements de la Charente-Inférieure, de la Charente et plus à l'est jusque dans celui du Lot.

Suisse. — Les roches jurassiques considérées de part et d'autre de la grande vallée suisse, au nord-ouest dans la chaîne du Jura et au sud-est dans les Alpes, diffèrent essen-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tiellement par leur aspect. Ces différences sont en rapport, non pas avec l'ancienneté des phénomènes physiques qui les ont dérangées, mais bien avec l'intensité, la grandeur et probablement le nombre ou la répétition de ces derniers. Il était donc nécessaire d'étudier ces roches séparément, dans chaque région montagneuse, en commençant par celle où elles ont le moins perdu de leur caractère originaire.

Chaîne du Jura. —L'orographie des chaînes qui constituent le Jura, ses rapports avec la composition de leurs roches et les accidents qui les ont affectées ont été exposés à diverses reprises par Thurmann et Gressly, par MM. Studer, A. Favre et d'autres géologues. Les cinq groupes de la formation y ont été décrits et suffisamment caractérisés pour qu'on y reconnaisse les équivalents de ce que nous avons vu plus à l'ouest, mais avec des différences locales auxquelles on pouvait s'attendre, et un développement en surface extrêmement inégal qui résulte d'ailleurs en partie de la différence des effets produits par les soulèvements sur les divers points de la chaîne.

Suivant en effet la force et l'étendue des phénomènes dynamiques qui ont accidenté ou redressé les couches, les divers groupes occupent aujourd'hui des surfaces différentes. Selon que l'action soulevante a fait affleurer tel ou tel groupe, au pied des escarpements produits par l'écartement des couches et des dénudations ultérieures, on a des montagnes et des vallées offrant des caractères orographiques distincts, sans qu'on puisse regarder pour cela les phénomènes comme n'étant pas contemporains.

En résumé, le groupe supérieur, tel que des recherches récentes, et surtout celles de MM. de Loriol et Jaccard[1], l'ont établi pour quelques parties du Jura suisse et français, où son épaisseur ne dépasse pas 30 mètres, n'a aucune importance géographique ni orographique. Le second, le long de la

1. *Étude géol. et paléont. de la formation d'eau douce,* etc. (*Mém. soc. d'hist. nat. de Genève,* vol. XVIII. 1865).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

courbe intérieure du Jura, n'a aussi qu'un faible développement horizontal et une épaisseur peu considérable, tandis que le troisième ou groupe oolithique moyen forme à lui seul la plus grande partie de la région qu'occupent les chaînons du Jura entre le Rhône et le Rhin. Les deux étages principaux qui le constituent se maintiennent dans toute cette étendue avec des caractères constants et forment partout les massifs montagneux et les crêtes les plus élevées, de sorte que l'orographie générale du pays, comme la plupart de ses accidents particuliers, leur doivent leurs principaux caractères. Leur puissance n'est cependant jamais très-considérable et ne semble pas dépasser 100 mètres pour chacun d'eux.

Dans la partie méridionale du Jura suisse, le groupe oolithique inférieur ne se montre que rarement sur le sommet des montagnes à voûte disjointe ou dans quelques gorges profondes. Dans le canton de Berne il est déjà plus à découvert, et il augmente d'importance à mesure que l'on se rapproche du Rhin, de manière à dominer de nouveau dans les cantons de Bâle et d'Argovie comme en France, à l'ouest de la chaîne.

Quant au lias, d'après ce que l'on a dit du mode d'affleurement des strates, par la brisure et l'écartement des étages supérieurs, on conçoit qu'il occupe des surfaces encore plus restreintes. Ainsi, les derniers lambeaux ne dépassent pas au sud-ouest une ligne tirée de Porrentruy à Soleure. Ses trois premiers étages sont assez bien caractérisés et renferment les espèces fossiles des mêmes horizons en France et en Angleterre; mais le quatrième ne paraît pas y avoir encore été signalé.

Alpes occidentales. — Le voyageur qui, placé sur l'un des points élevés de la bordure orientale du Jura, tourne ses regards au sud-est, voit le massif des Alpes se dresser à l'horizon comme une immense ville fortifiée dont il serait séparé par un vaste fossé. Il a devant lui le talus de l'escarpe, au-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dessous de ses pieds le bord de la contrescarpe, puis en arrière les glacis qui s'abaissent au N., au N.-O. et à l'O. vers le Rhin et la Saône. Sa vue embrasse ainsi le panorama géologique le plus varié, le plus riche et le plus imposant à la fois, par la grandeur des phénomènes comme par les caractères particuliers qu'ils ont imprimés à chaque partie du paysage.

Sur les premiers plans du tableau se déroulent les collines basses, mollement ondulées, des dépôts tertiaires de la plaine suisse, interrompues çà et là par les nappes horizontales aux reflets argentés de ses lacs nombreux; au delà s'élèvent, en gradins anguleux, irréguliers, profondément déchiquetés, comme un rempart crevassé et en partie démantelé, les escarpements du versant nord-ouest des Alpes que revêtent et couronnent leur voile blanc de glaciers et leurs pics neigeux.

Nous avons rappelé les noms et les travaux des zélés et courageux pionniers de la géologie dans cette partie de la Suisse, et nous nous bornerons à dire ici, avec l'un des plus éminents d'entre eux, M. Studer, que les sous-divisions des groupes oolithiques du Jura ne se retrouvent pas toutes dans les Alpes. Entre l'Arve et l'Aar, on observe néanmoins les trois groupes assez bien caractérisés sur leur versant occidental. Le premier manque dans les Alpes du centre et de l'est; dans la zone centrale, le groupe moyen semble être représenté par le sous-étage de Kelloway et le calcareous-grit inférieur, car les marnes de l'étage d'Oxford qui devraient les séparer manquent, ainsi que le coral-rag, sous le calcareous-grit supérieur ou le calcaire à Astartes; du moins, ces divisions n'ont-elles pas été bien reconnues encore. Le groupe oolithique supérieur, à en juger par les fossiles, serait représenté seulement par l'argile de Kimmeridge.

Le lias, qu'on devait s'attendre à trouver près du massif central de gneiss, ne se montre que vers le milieu de la région qui est occupée par des dépôts plus récents ou sur la lisière de la zone septentrionale. Ce sont des roches moins anciennes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui recouvrent les schistes cristallins. Ce groupe, le plus important de la formation, ne semble pas offrir ici de divisions bien tranchées, quoique les principaux fossiles de ses trois termes supérieurs aient été rencontrés, et que l'on ait constaté depuis peu ceux de sa base, que nous suivons ainsi depuis la côte nord-est de l'Irlande. A Meillerie, sur la rive méridionale du lac de Genève, des couches à *Avicula contorta* ont été indiquées par M. de Mortillet, et M. A. Favre surtout a parfaitement exposé les relations d'une suite d'assises de 140 mètres d'épaisseur totale, comprises entre des roches rapportées aux marnes irisées et les étages plus élevés du lias. Dans le canton de Vaud, sur la droite du Rhône, M. Renevier a mentionné des faits analogues.

Si, dans les monts Jura, on peut encore rétablir par la pensée dans son état normal la série des couches qui nous occupent, si l'on peut combler les hiatus de la surface, déplier toutes les rides et les ramener à des nappes continues superposées, dans la région des Alpes, un pareil travail ne semble pas encore possible. Les dislocations sont tellement fréquentes, elles ont eu lieu sur une si grande échelle et avec une telle énergie, les modifications éprouvées par les roches sont parfois si complètes, que toute tentative à cet égard doit rester sans succès, au moins jusqu'à ce que des études stratigraphiques et paléontologiques comparées extrêmement minutieuses aient été faites.

Espagne et Portugal. — Avant de poursuivre cette esquisse sur le pourtour de cette dernière chaîne, jetons un coup d'œil sur la répartition et les caractères de la formation jurassique dans la presqu'île ibérique, nous verrons qu'elle n'y constitue que des îlots discontinus, plus ou moins considérables, éloignés les uns des autres, toujours allongés dans certaines directions déterminées, de telle sorte que la partie centrale de la presqu'île, comprenant un vaste triangle dont les sommets seraient vers Chinchilla à l'est, les caps Ortégal et Finistère au nord, la Sierra de Manchique dans les Algarves au

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sud, serait complétement dépourvue de sédiments de cet âge. La *Carte géologique de l'Espagne et du Portugal* que MM. de Verneuil et Colomb ont publiée, en 1864, à la suite de leurs longues études sur ce pays, montre parfaitement cette disposition.

Les caractères pétrographiques des roches sont plus uniformes qu'on ne l'observe ordinairement sur une aussi grande surface. Les calcaires y dominent généralement et les fossiles y présentent les principaux types des quatre groupes inférieurs, mais avec un nombre d'espèces comparativement restreint dans chacun d'eux et très-peu qui soient nouvelles.

Le lias, le plus étendu des quatre, n'a offert encore que les faunes de ses deux étages supérieurs. Le troisième groupe oolithique n'a présenté qu'un faible développement sur quelques points; l'étage d'Oxford, à la base du second, occupe au contraire des étendues relativement considérables dans les zones nord-est et sud-est. Les fossiles peu variés mais assez caractéristiques sont les *Ammonites Duncani*, *calloviensis*, *plicatilis*, *tatricus*, *tortisulcatus*, *peramatus*, etc. Quant à la faune du premier groupe oolithique, elle n'est guère connue que dans la partie orientale du versant méditerranéen et sur un espace assez limité, où elle est représentée par quelques fossiles des étages de Portland et de Kimmeridge (*Ceromya inflata*, *C. excentrica*, *Cardium dissimile*, etc.).

L'étendue relative de la surface occupée par chaque groupe est en raison inverse de son ancienneté, le lias étant le plus développé et le groupe oolithique supérieur le moins. Le synchronisme des sédiments au nord et au sud des Pyrénées repose principalement sur l'analogie des mollusques céphalopodes et brachiopodes pour les trois groupes inférieurs, et sur celle des bivalves dimyaires pour le premier, ce qui s'accorde avec ce que nous avons vu en Angleterre; mais les ostracés, si abondants partout, manquent presque complétement en Espagne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Versant méridional des Alpes. — Sur le versant méridional des Alpes, dans le Piémont, comme dans les parties adjacentes du comté de Nice, de la Savoie et de la Suisse, les couches jurassiques sont fortement redressées, disloquées, modifiées dans leurs caractères minéralogiques, pénétrées par des produits ignés de diverses sortes, entre autres par les serpentines, et présentent souvent l'aspect de roches cristallines anciennes. Les fossiles, recueillis çà et là dans la portion sud de la zone, ne rappellent avec certitude que l'horizon général du lias et celui de l'argile d'Oxford sans sous-divisions bien tranchées.

De la vallée de Suse jusqu'au pied du Mont-Rose, aucun jalon paléontologique ne peut nous guider; mais au delà, à travers le Milanais, le Tyrol méridional et les provinces vénitiennes, les caractères orographiques, pétrographiques et stratigraphiques redeviennent plus faciles à saisir. Des bords du lac d'Orta jusque dans le Bellunais, des dolomies puissantes, des calcaires gris, des calcaires marneux rouges dont les fossiles semblent quelquefois montrer des associations encore inexpliquées, peuvent être rapportés à la formation qui nous occupe.

De la comparaison des fossiles observés sur le versant méridional des Alpes, puis dans la Toscane et le long de l'Apennin central, nous avons pu conclure[1] : 1° que le groupe oolithique supérieur manque dans toute cette partie de l'Europe méridionale; 2° que le groupe moyen et l'inférieur y sont représentés plutôt par quelques espèces fossiles que par une série de couches stratigraphiquement et minéralogiquement bien distinctes; 3° que le lias au contraire y prend une grande extension; 4° que la répartition des corps organisés dans les divers étages n'y constitue pas de faunes distinctes comme dans l'Europe occidentale et centrale. Ces faits, constatés par des observateurs attentifs et indépendants

[1] *Hist. des progrès de la géologie*, vol. VII, p. 337. 1857.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sur des points éloignés les uns des autres, doivent être pris en considération, quelque opposés qu'ils soient aux conclusions déduites des autres pays, jusqu'à ce que des recherches plus complètes les aient fait rentrer dans la règle générale.

Versant nord des Alpes. — La région septentrionale des Alpes, depuis la vallée du Rhin supérieur jusqu'à celle de la Leytha au sud de Vienne, ne ressemble à aucune des précédentes. Ici, à la vérité, les roches ignées ne sont point venues affecter diversement les couches sédimentaires; les fossiles en général ne manquent pas, mais les accidents stratigraphiques y prennent une importance particulière, et les brisures y sont répétées sur d'immenses proportions.

En Suisse, l'étude du versant nord-ouest des Alpes, quoique beaucoup plus difficile que celle du Jura, l'avait cependant précédée de longtemps, et l'on s'est aperçu fort tard du synchronisme des systèmes de couches si différentes qui se font face. De part et d'autre de la vallée du Danube, c'est l'inverse qui a eu lieu. L'Albe du Wurtemberg et de la Bavière, située au nord et dans le prolongement du Jura suisse, a d'abord été bien étudiée, ce qui était naturel, vu sa régularité et sa symétrie, tandis que la région des Alpes, continuation aussi de celle de la Suisse, n'a été soumise à un examen systématique que dans ces derniers temps. On y a reconnu des caractères fort différents dus sans doute à des soulèvements qui ont lieu au sud du Danube sans se faire sentir au nord. Nous ne pouvons donner ici même une faible idée de la multitude des travaux que nous avons analysés et comparés[1], depuis le mémoire de MM. Sedgwick et Murchison jusqu'au magnifique ouvrage de M. Gümbel sur les Alpes de la Bavière et à ceux des géologues de Vienne. La coupe, tracée par M. F. de Hauer[2] à travers la chaîne des Alpes, en dit plus à elle seule que tous les détails que nous pourrions reproduire.

1. *Loc. cit.*, p. 339, 405.
2. *Loc. cit.*, p. 412-482.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Wurtemberg. — Sur la rive gauche du Danube, dans la Souabe et la Franconie, particulièrement dans l'Albe du Wurtemberg, région non moins classique que le Jura lui-même et l'Angleterre pour l'étude de cette formation, nous avons exposé la marche suivie par la plupart des géologues qui en ont traité, tels que MM. de Mandelsloh, de Buch, Quenstedt, Oppel, Fraas, etc., et nous avons mis en regard leurs classifications.

Ici, le lias est comparable, par son épaisseur, les caractères des roches et les principales associations de fossiles, aux localités de l'ouest où il est le mieux développé. Son étage inférieur y est caractérisé par les mêmes coquilles, et la couche à ossements de reptiles et de poissons y a présenté les premières traces de mammifères observées sur le continent. Ce sont des dents de *Microlestes antiquus*, petit insectivore de la classe des marsupiaux, apparaissant ici comme dans le lias inférieur du Somerset et un peu au-dessus du gisement de l'*Hypsiprymnopsis* de cette dernière localité. Cet étage qui comprend encore, sur le versant nord des Alpes, les couches dites de *Kössen* et probablement une partie de celles que les géologues de Vienne appellent *calcaires de Dachstein*, serait le plus constant de toute la formation, dans l'Europe centrale et occidentale, sans qu'il soit pour cela nécessaire d'introduire dans la science un nouveau nom, tel que celui d'*étage rhétique* ou *rhætien* que l'on a proposé.

Le troisième groupe oolithique est, au contraire, à peine reconnaissable; ses quatre étages supérieurs manquent presque entièrement, tandis que l'inférieur, plus compliqué qu'en aucun autre pays, présente cinq sous-étages, où dominent toujours les argiles, des roches arénacées avec minerai de fer et très-peu de calcaire. Les trois premières de ces sous-divisions renferment des fossiles assez différents, mais qui ailleurs sont souvent réunis dans l'oolithe inférieure proprement dite. Les deux autres sont caractérisées

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

comme dans le nord de la Suisse, l'Alsace, la Lorraine, la Normandie et l'ouest de l'Angleterre.

Dans le second groupe oolithique, le coral-rag avec ses sous-divisions et l'argile d'Oxford offrent par leur puissance, la nature de leurs roches, l'association et la répartition des corps organisés, un développement comparable à ce qui existe en Suisse et dans l'est de la France. Enfin, quant au premier groupe, il est rudimentaire, mais avec des caractères pétrographiques particuliers, qui ont depuis longtemps rendu célèbres les carrières de Solenhofen, de Pappenheim, de Mornsheim, et avec une faune plus célèbre encore, déjà connue des oryctographes du XVIIe siècle. Cette faune, qui comprend 348 espèces, dont 9 échinodermes, 33 mollusques, 8 annélides, 2 arachnides, 29 insectes, 108 crustacés, 130 poissons, 29 reptiles et 1 oiseau (*Archæopteryxli thographica*), de même que la flore, qui ne renferme que des algues et quelques végétaux vasculaires, offre des caractères mixtes qui éloignent toute idée d'une mer étendue et profonde. Ces calcaires lithographiques de la Bavière, les couches à crustacés du Wurtemberg, et peut-être certains calcaires blancs des environs d'Ulm, représenteraient donc le premier groupe oolithique de l'ouest.

Nord de l'Allemagne. — La formation jurassique du nord-ouest de l'Allemagne se montre entre les vallées de la Saale, la rive gauche de l'Elbe et la rive droite de l'Ems à l'ouest, accompagnant le versant nord du Harz, du Wesergebirge, les deux versants du Teutoburgerwald, pour constituer encore, au nord de cette région montagneuse, une surface assez considérable entre Magdebourg et Brunswick. Dans cet espace elle présente les cinq groupes complets comme en Angleterre. MM. Fred. Ad. Roemer, C. L. Koch, W. Dunker, de Strombeck, Rolle et en dernier lieu MM. Schloenbach et Credner ont concouru par leurs travaux à retrouver les principaux horizons des autres parties de l'Europe, depuis la couche à ossements de la base du lias avec *Saurichthys acuminatus*,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Acrodus minimus, *Gyrolepis tenuistriatus*, les couches à *Avicula contorta*, *Cardium rhæticum*, *Leda Deffneri*, *Gervillia inflata* de Salzgitter (Hanovre), jusqu'au *calcaire à Serpulites* (*S. coacervata*), *Corbula inflexa*, *Paludina Shusteri*, avec des calcaires d'eau douce, du sel, du gypse, des dolomies représentant, sur une grande épaisseur, le groupe de Purbeck.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces faits d'un intérêt réel et que nous avons exposés ailleurs [1], et nous ne suivrons pas non plus ceux de ces dépôts qui se montrent sur les côtes de la Baltique au nord, puis dans la région des Carpathes et dans la Pologne à l'est, où l'on peut comprendre les modifications que les circonstances locales et les distances ont apportées à leurs divers caractères.

Russie. — Quant à la Russie, la formation jurassique y occupe des surfaces fort étendues, mais son épaisseur est très-faible et ses éléments constituants très-simplifiés. Ses principaux affleurements forment, à la surface du pays, trois *zones* ou *régions* à peu près parallèles, équidistantes, plus ou moins continues, d'inégales longueurs, dirigées du N.-O. au S.-E. Une quatrième ou région asiatique, située au delà de l'Oural dans la Sibérie, réunirait les gisements fort espacés où des fossiles jurassiques ont encore été rencontrés.

Si l'on joint par la pensée les points extrêmes des trois régions placées à l'ouest de l'Oural, on voit qu'elles embrassent une surface plus grande que le reste de l'Europe, et, d'un examen comparatif des travaux dont elles ont été l'objet, et plus particulièrement des recherches consignées dans le grand ouvrage de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, on peut conclure avec ces savants que les dépôts jurassiques de cette vaste étendue offrent partout les mêmes caractères. Ils sont sableux, argileux, de teintes foncées; le calcaire n'y est qu'un accident, et nulle part leur épaisseur

1. *Loc. cit.*, p. 515 et suivantes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

totale n'atteint 80 mètres ; le plus ordinairement même elle n'en a que 15 ou 20.

Sauf quelques déterminations spécifiques dont l'exactitude est peut-être douteuse, les fossiles qu'on y a trouvés n'indiquent pas des couches plus récentes que le coral-rag, ni plus anciennes que le sous-étage de Kelloway. Malgré l'abondance des débris organiques sur certains points, les polypiers et les radiaires y sont excessivement rares. Presque nulle part aussi on n'aperçoit le plus faible dérangement dans la position de ces couches reposant partout sur le système permien, les rudiments du trias ou les strates carbonifères.

L'uniformité, la simplicité et la faible épaisseur de toute la formation, se continuant sans doute au N.-E., à travers les plaines immenses qui bordent l'océan Glacial jusqu'à la Nouvelle-Sibérie, et s'observant ainsi sur 100 degrés de longitude et 27 de latitude, sont certainement un des résultats les plus frappants qu'ait offerts la géologie comparée, et les dépôts crétacés, tertiaires et quaternaires nous présenteront encore la continuation du même ordre de choses. Si nous pénétrons au contraire dans les régions montagneuses, comparativement bien restreintes, du Caucase, de la Crimée et des Carpathes, alors, comme dans les Alpes, la puissance et la variété des sédiments contemporains se développent en même temps que l'accidentation des couches prend un caractère plus prononcé.

Asie. — D'après ce que nous venons de dire on comprend que, indépendamment d'études géologiques beaucoup moins suivies, le continent asiatique ne présente çà et là que des témoins plus ou moins authentiques de la formation jurassique, révélés par la présence de certains fossiles. C'est ainsi que les seules preuves que nous ayons pour l'Asie Mineure sont les *Ammonites tortisulcatus*, *arduennensis*, *biplex* et *tatricus* recueillies par M. P. de Tchihatcheff, aux environs d'Angora, et les fossiles qu'a mentionnés M. Schlehan sur le littoral de la mer Noire, non loin d'Amasry. Plus à l'est, dans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la chaîne du Liban, dans le Kurdistan, dans le bassin de l'Araxes, les indications sont encore très-douteuses, et peut-être devons-nous regarder comme telles celles de M. Loftus dans le massif qui sépare la Perse des bassins du Tigre et de l'Euphrate.

Dans l'Asie centrale, les dépôts incontestablement de cet âge appartiennent à l'Himalaya et se prolongent au N.-O. comme la chaîne. On les trouve aussi dans le Pendjab traversant la vallée de l'Indus au-dessous d'Attok. Les premiers fossiles rapportés par Gérard de la haute vallée du Spiti, affluent du Setledge, à plus de 5000 mètres d'altitude, étaient des Ammonites, des Bélemnites, des Peignes, dont la détermination spécifique laisse bien quelque incertitude, mais qui semblent indiquer les horizons du lias et de l'argile d'Oxford. Dans la coupe de l'Himalaya central de M. Strachey, on voit la position des strates dont les fossiles rappellent aussi ceux de l'argile d'Oxford, puis ceux du cornbrash et de la terre à foulon. On sait en outre, ajoute ce voyageur, que des fossiles semblables existent fort loin vers l'ouest, au nord de l'Himalaya, et à 200 milles à l'est de la coupe précédente, dans le Nepaul, de sorte que les roches anciennes de la chaîne doivent être accompagnées le long de leur versant nord ou du Tibet par une bande continue de dépôts jurassiques de plus de 400 milles de long [1]. En effet, M. G. Austen a constaté depuis, dans le district de Ladak et dans la contrée de Suru au Tibet, des calcaires gris et jaunâtres remplis de Térébratules, d'Avicules, de Peignes, d'Ammonites, de Bélemnites, etc., rappelant les formes des couches oolithiques moyennes de l'Europe [2].

Au sud dans la province de Cutch, le long de la branche orientale de l'Indus, W. Grant a fait connaître des grès calcaires et des argiles schisteuses reposant sur des grès rouges et des argiles charbonneuses. Leurs fossiles, étudiés par

1. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. VII, p. 612-618.
2. *Quart. Journ. geol. soc. of London*, vol. XX, p. 387. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

M. J. de C. Sowerby, ont présenté 11 espèces d'Ammonites dont 8 seraient particulières au pays et les trois autres se rapprocheraient des *A. Herveyi*, *perarmatus* et *corrugatus*, puis 7 Térébratules, dont 5 auraient leurs analogues en Europe, 2 Trigonies, 2 Bélemnites, des Pholadomyes, des Huîtres, etc.

Afrique. — Ce que l'on savait des pays qui bordent au nord la Méditerranée pouvait faire présumer que le continent africain en offrirait au sud la contre-partie. En effet, depuis 1830, les formations secondaires et tertiaires y ont été retrouvées avec leurs caractères habituels.

Dans la province de Constantine, les observations de MM. Renou, Fournel et surtout celles de M. Coquand auraient, à en juger d'après les fossiles mentionnés, constaté la présence des deuxième et troisième étages du lias, d'un rudiment du groupe oolithique inférieur, avec des équivalents mieux caractérisés du sous-étage de Kelloway, des marnes d'Oxford et du coral-rag. Dans la région au sud-est de Sétif, autour du bassin du Sebk-el-Chott, de Bouçada, etc., un travail récent de M. Brossard a donné des renseignements plus précis encore. Dans la province d'Alger, Rozet le premier, puis Boblaye, avaient annoncé l'existence du lias, mais M. Ville, tout en admettant un grand développement de la formation, reconnaît la difficulté d'en caractériser suffisamment les divisions, à cause de la rareté ou du mauvais état des fossiles. Dans celle d'Oran, près de Tlemcen, les couches jurassiques formeraient deux bandes parallèles, dirigées E.-N.-E., O.-S.-O., en se prolongeant dans le Maroc. Les fossiles, déterminés par M. Bayle, portent à y admettre des équivalents du premier et du second étage du lias, de l'oolithe inférieure et peut-être du groupe oolithique moyen. Plus à l'ouest encore, M. Coquand a distingué, dans la montagne de Djebel-Dirsah, près de Tétuan, quatre assises de la même formation, surmontées du groupe crétacé néocomien.

Sur la côte occidentale du même continent, aux environs

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de Fernando-Po, d'Aura, de Sierra-Léone, on a recueilli des Ammonites rappelant celles du lias, entre autres l'*A. communis*. Celles qui ont été rapportées du Sénégal et de Port-Natal appartiendraient au groupe oolithique moyen. Dans la partie sud le long de la rivière Sunday, des Ammonites, des Trigonies et des Pholadomyes annonceraient, ainsi que les plantes, des dépôts de la période jurassique, et, sur les bords de la rivière Orange, à 600 milles au nord-est du Cap, la *Trigonia clavellata* indiquerait aussi l'horizon de l'argile d'Oxford. A Kusaludini près Mombas, par 4° latitude S., est signalée l'*Ammonites annularis*.

Amérique du Nord. — Nulle part encore les côtes orientales du nouveau continent n'ont présenté de dépôts jurassiques comparables à ceux que nous avons étudiés dans la partie occidentale de l'ancien monde qui lui est opposée. Depuis la Terre-de-Feu jusqu'au Labrador, les seuls représentants qui aient été signalés et avec doute sont quelques lambeaux de grès et d'argile renfermant vers la base des couches de charbon, situés dans la Virginie au pied des Apalaches et paraissant avoir une origine exclusivement d'eau douce. Nous avons exposé les opinions diverses qui, jusqu'en 1856, avaient été émises sur ces dépôts, accumulés dans des dépressions de roches cristallines, et dont les fossiles, qui sont des restes de plantes et de poissons, n'ont pas suffi pour fixer définitivement l'âge. Quelques géologues les placent encore dans la période jurassique, d'autres, comme on l'a vu (*antè*, p. 541), dans celle du trias, ou avec les grès rouges du New-Jersey et du Connecticut. Cette dernière manière de voir s'accorderait avec ce que nous avons dit des caractères particuliers de la surface de la terre pendant l'ère triasique, et l'on comprendrait que toute cette bordure orientale des États-Unis ait été ensuite émergée.

A l'ouest du Mississipi, les assises rapportées par M. J. Marcou à la formation jurassique occuperaient, à en juger par la carte qu'il a publiée en 1857, la plus grande partie des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plateaux élevés qui avoisinent l'axe des montagnes Rocheuses, et une portion de leurs contre-forts. Elles constituent particulièrement le vaste plateau du Llano-Estacado que l'auteur traversa dans son voyage du fort Smith à Santa-Fé, ou de la vallée du Mississipi à la côte du Pacifique, par 35° de latitude. Au-dessus des roches rouges du trias viennent, dans cette contrée, des argiles et des calcaires sableux avec deux formes d'ostracées (*Gryphæa dilatata*, *G. Tucumarii*, var.) qui rappellent le niveau de l'argile d'Oxford. Les géologues américains n'ont point cependant accepté cette détermination, et la carte géologique des États-Unis, entre autres celle qu'a publiée H. D. Rogers, la même année, représente cette région comme crétacée.

En remontant vers le nord, M. J. C. Frémont a recueilli, non loin du grand lac Salé, des plantes fossiles dont quelques-unes rappellent celles des couches oolithiques du Yorkshire, et d'autres des formes carbonifères. Plus au nord encore, dans le voisinage des Black-Hills, des montagnes de Laramie, sur le versant septentrional de celles de Wind-river et vers les sources du Missouri, des marnes grises ou blanchâtres, des calcaires sableux, avec quelques bancs subordonnés de calcaires compactes et de marnes schisteuses, paraissent être jurassiques. Leur épaisseur totale ne dépasse nulle part 200 à 300 mètres, et le plus ordinairement elle n'est que de 30 à 60. Plus à l'O., dans la chaîne côtière qui borde l'océan Pacifique, de la Californie au Mexique, comme dans la Sierra-Nevada, soulevée avant les dépôts crétacés, une grande partie des roches souvent aurifères sont métamorphosées et montrent à peine quelques rares fossiles qui permettent de les séparer de celles du trias, également très-modifiées par places.

Le long de la baie de Kamai ou Cook-inlet, sur la côte sud-est de la péninsule d'Aliaska, M. Wossessensky a rencontré plusieurs formes d'Ammonites et de Bélemnites tout à fait jurassiques (*A. Wossessenskyi*, *biplex? Belemnites paxillosus*, *Unio liasinus*). Des restes d'Ichthyosaure, voisin

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de l'*I. acutus* du lias d'Angleterre, ont été rencontrés, jusque dans les régions polaires, dans l'île d'Exmouth, au nord de la terre Grinnel, par 70°16′ latitude. Au-dessous de son gisement étaient des calcaires rouges remplis de fossiles carbonifères. Encore plus haut, par 76°30′ sur la terre Prince-Patrik, des Ammonites voisines de l'*A. concavus* de l'oolithe inférieure, des Spirifers et des Peignes de la même période ont été trouvés.

Amérique du Sud. — Nous n'avons encore aucune certitude de la présence des dépôts de cet âge dans l'Amérique centrale, et ce n'est qu'au delà de l'équateur que nous commençons à en trouver quelques indices. Dans la Cordillère du Pérou, M. L. Crosnier signale au passage d'Antarangra, à plus de 4800 mètres d'altitude, des calcaires renfermant des fossiles d'aspect jurassique, et au delà d'Oraga des empreintes d'Ammonites de cette période. Les roches dans lesquelles sont exploitées depuis trois siècles les mines de mercure d'Huancavelica, situées à 3800 mètres au-dessus de la mer, paraissent s'y rapporter. Le *Pecten alatus,* grande espèce dont la forme avait d'abord fait placer dans la craie les couches où il se rencontre, et la *Terebratula tetraedra* ont été recueillis dans leur prolongement, ainsi que plus au sud, dans la province de Copiapo, où J. F. Mayen a signalé des Ammonites voisines des *A. biplex* et *bifurcatus.*

Alc. d'Orbigny cite aux environs de Coquimbo un Spirifer voisin du *S. Walcotii* du lias d'Europe, et une Gryphée peu distincte de la G. arquée si caractéristique du 3e étage de ce groupe. Les recherches de M. Darwin dans les Andes du Chili seront rappelées plus loin, mais celles de M. Domeyko ont apporté des résultats plus précis que nous devons mentionner ici. Les fossiles recueillis par ce savant et étudiés par MM. Bayle et Coquand provenaient de cinq localités différentes, Mauflas, Tres-Cruces, Torquera, Chanarillo et Dona Aña. Les associations d'espèces n'étaient pas les mêmes dans chacune d'elles, et, dans la première, il semble qu'il y ait deux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

horizons assez distincts. Quoi qu'il en soit, il résulte de leur comparaison, que sur 43 espèces décrites dans ces gisements, 22 ou la moitié auraient leurs identiques dans les couches jurassiques de l'Europe, depuis le deuxième étage du lias jusqu'au coral-rag, proportion qu'on ne devait pas s'attendre à rencontrer à de pareilles distances. Quant aux autres espèces, elles seraient propres au pays, et par conséquent nouvelles. Les recherches ultérieures de M. D. Forbes, en agrandissant beaucoup le domaine de ce qu'il nomme *série oolithique supérieure avec des roches porphyriques stratifiées*, laquelle s'étendrait d'une manière continue du Chili au Pérou, ont peu ajouté à la connaissance de ces rapports, les fossiles mentionnés dans son premier mémoire étant peu nombreux.

Australie. — Les montagnes élevées qui s'avancent vers la pointe sud-ouest de la Nouvelle-Guinée, formées de calcaires blancs dolomitiques et de calcaires gris, brunâtres, paraissent contenir beaucoup de coquilles fossiles et des restes de vertébrés que de Léonhard regardait comme appartenant à des reptiles jurassiques. M. W. B. Clarke pense que les calcaires lithographiques, observés par M. Grégory le long du golfe de Carpentarie pourraient être jurassiques comme les Ammonites et les Trigonies de la chaîne de Scoresby dans l'Australie occidentale. M. Hochstetter a rencontré dans des grès de la province d'Auckland (Nouvelle-Zélande), vers les sources de la Waikato, des Bélemnites canaliculées et des Ammonites qui seraient également du même âge. Sur les bords de la Waipara, on a trouvé les restes d'un reptile énaliosaure rapporté au *Plesiosaurus* (*P. australis*, Owen), et pouvant provenir du lias. Enfin, les puissants dépôts avec lits de charbons et empreintes de plantes, recouverts par des roches avec *Monotis*, *Posidonomya*, Térébratules, gastéropodes, Bélemnites, Ammonites, etc., décrits par M. J. Haast, sont-ils jurassiques ou triasiques? C'est ce que les recherches à venir pourront apprendre (*Report of the west. district of the Nelson province*, p. 104. 1861).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

RÉSUMÉ.

Il résulte de ce qui précède que les dépôts de la période jurassique sont aujourd'hui connus dans la plus grande partie explorée de l'hémisphère nord, l'empire chinois et la presqu'île orientale de l'Inde exceptés. Sa limite septentrionale passe par les Hébrides et le nord de l'Écosse, s'abaisse à la pointe sud de la Scanie et aux environs de Mittau, pour remonter au nord-est au delà du cercle polaire (67°). Elle longe les côtes de la mer Glaciale, atteint la Nouvelle-Sibérie (75°), a été signalée au delà du détroit de Behring, dans la presqu'île d'Aliaska (60°), et plus au nord par 76° 30′, le point extrême visité par les navigateurs dans le nouveau continent. Nous avons indiqué des traces de ces dépôts dans les régions équatoriales de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique, et dans l'hémisphère sud nous avons pu constater leur présence sur quelques points malgré l'atténuation sensible de leurs caractères.

Quoique très-développés en surface, tout porte à croire jusqu'à présent que c'est seulement dans l'Europe occidentale et centrale que les sédiments de cet âge ont pris une véritable importance géologique, à la fois par leur puissance, la variété de leurs roches, et surtout par celle des corps organisés que ces dernières renferment.

§ 3. FORMATION CRÉTACÉE.

La formation crétacée comprend les couches qui se sont déposées entre le groupe de Purbeck et les premiers sédiments tertiaires. Bien que la roche calcaire particulièrement désignée sous le nom de *craie* ne constitue qu'une assez faible

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

partie de la série, l'usage d'appliquer ce nom ou mieux son adjectif à la totalité des roches qu'elle embrasse a prévalu et peut être adopté sans inconvénient.

Les oscillations qui, sur les bords de certaines plages de la période dont nous venons d'esquisser l'histoire, avaient fait succéder des dépôts d'eau saumâtre ou d'eau douce aux dépôts exclusivement marins, ont continué pendant les premiers temps de la suivante; aussi, par le même motif qui nous a fait distinguer le groupe de Purbeck de l'étage de Portland, distinguerons-nous, à cause de son origine lacustre, le groupe wealdien du groupe néocomien, de la partie la plus inférieure duquel il semble être contemporain. On ne peut pas en effet supposer que ces sédiments d'eau douce ou saumâtre soient autre chose que d'anciennes plages momentanément et localement portées au-dessus du niveau des mers dans lesquelles se formaient en même temps des couches marines sur d'autres points.

La formation crétacée telle que nous la comprenons se divise de la manière suivante :

	GROUPES.	ÉTAGES.
FORMATION CRÉTACÉE.	1er. De la craie blanche..	Craie supérieure et calcaire pisolithique. — blanche.
	2e. De la craie tuffeau....	Craie marneuse. — glauconieuse. Grès vert supérieur.
	3e. Du gault.....	Argile marneuse ou sableuse gris bleuâtre.
	4e. Néocomien.....	Argiles à Plicatules. Calcaires à Caprotines. — néocomiens.
	5e. Wealdien.....	Argile de Weald. Sables d'Hastings.

Comme pour la formation jurassique, nous indiquerons d'abord ses caractères dans les Iles-Britanniques, parce qu'elle y est bien développée, que ses subdivisions sont souvent prises pour terme de comparaison et que sa position géographique s'accorde avec la marche que nous suivons habituellement.

Iles-Britanniques. — Les couches crétacées des comtés d'An-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

trim et de Londonderry en Irlande sont les plus occidentales du nord-ouest de l'Europe; leurs relations avec les roches trappéennes qui les ont traversées et recouvertes ont donné lieu à des circonstances de contact curieuses à étudier. Malgré leur très-faible épaisseur, leurs fossiles semblent devoir les faire regarder comme représentant surtout les deux premiers groupes.

En Angleterre, la formation, recouverte par les dépôts tertiaires et quaternaires, constitue le *substratum* de toute la portion orientale de l'île, depuis les côtes du Yorkshire jusqu'à celle du Devonshire. Elle se coordonne encore d'une manière remarquable au relief actuel et à l'hydrographie du pays, et les affleurements de ses groupes supérieurs à l'ouest se conforment à ceux de l'écharpe jurassique ; ils tracent une courbe plus symétrique, dont la concavité est tournée au N.-O. Vers l'extrémité nord de cette courbe, dans le Yorkshire, les étages et les groupes se succèdent comme ceux de la formation sous-jacente; mais, à partir du point où elle traverse la vallée de la Tamise, et surtout lorsqu'on s'avance vers son extrémité sud-ouest dans le Devonshire, les groupes inférieurs peu distincts les uns des autres et paraissant même confondus cessent de se recouvrir avec la même régularité.

Entre la partie inférieure du bassin de la Tamise et la côte méridionale du Sussex, une dépression, représentant assez bien une ellipse, tronquée obliquement à l'est par la côte qui fait face au Bas-Boulonais et dont le grand axe serait dirigé E.-S.-E., O.-N.-O., est bordée sur son pourtour par une sorte de crête découpée de distance en distance. Les pentes intérieures assez rapides montrent les affleurements des divers groupes crétacés, tandis que le fond est occupé par les étages wealdiens, disposition due à un soulèvement et à d'énergiques dénudations ultérieures.

Si en réalité la superficie même du sol est rarement formée à l'est par les dépôts crétacés, ils n'en ont pas moins un grand intérêt par leur développement et la continuité des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

falaises qu'ils constituent, la perfection des coupes naturelles que ces dernières présentent, depuis le Yorkshire jusque dans le Devonshire, la facilité des observations et la précision des résultats que leur étude a produits de bonne heure.

Groupe wealdien. — Le *groupe wealdien* occupe, comme l'indique son nom, le fond de la vallée de Weald, limitée de trois côtés par la ceinture d'escarpements que forment les groupes supérieurs et sur le quatrième par la mer. La superposition au groupe de Purbeck ne s'observe pas dans cette région. Les grès, renfermant des tiges de végétaux (*Endogenites erosa*) sur la côte d'Hastings, sont surmontés par une puissante assise de sable blanc qui porte le château de la ville et atteint des altitudes de 106 et de 180 mètres donnant leur épaisseur en ce point. Au-dessus règne, dans le reste de la vallée, l'assise argileuse rouge, grise, verdâtre ou bleuâtre, schisteuse ou sableuse et ferrugineuse par places. Des bancs calcaires remplis de Paludines y sont subordonnés (*marbre de Sussex* ou *de Petworth*). Sa puissance ne dépasse pas 80 mètres.

Les reptiles, la partie la plus remarquable de la faune de ce groupe, sont disséminés à divers niveaux, mais surtout à la partie supérieure des sables à laquelle appartiennent les grès à gros grains de la forêt de Tilgate dont les carrières ont fourni la plupart des espèces décrites par G. Mantell dès 1822[1].

1. Ce sont, d'après M. Owen : 4 chéloniens (*Tretosternon Backwelli, Platemys Dixoni* et *Mantelli;* 1 ptérosaurien (*Pterodactylus Cliftii*); 7 crocodiliens (*Suchosaurus cultridens, Pœcilopleuron Bucklandi, Streptospondylus major, Goniopholis crassidens, Cetiosaurus brachyurus* et *brevis, Crocodilus,* indét.), 6 dinosauriens, dont les types gigantesques, caractérisés par un sacrum de cinq vertèbres soudées, des dents rappelant celles des Iguanes et des lacertiens actuels, sont les uns carnassiers, les autres herbivores (*Regnosaurus Northamptoni, Megalosaurus Bucklandi, Hylæosaurus Oweni, Iguanodon Mantelli, Pelorosaurus Bucklandi* et *Conybeari*). Il y a en outre 12 espèces de poissons appartenant à 8 genres (*Sphenonchus, Pycnodus, Oxyrhina, Lepidotus, Hybodus, Gyrodus, Acrodus, Asteracanthus, Æchmodus*), puis des coquilles d'eau douce (Paludines, Mélanopsides, Néritines, *Unio,* Cyrènes), quelques-unes d'eau saumâtre, de petits crustacés (*Estheria, Cypridea*), et 17 espèces de plantes (cycadées, conifères, fougères, thyphacées, équisétacées et algues).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Dans l'île de Wight, les deux étages passent de l'un à l'autre et l'on y trouve des alternances de couches marines et d'eau douce. Plus à l'ouest, on les observe dans les falaises de Sewanage, et leur superposition aux couches de Purbeck se voit sur le côté sud de la baie de Worbarrow et sur le pourtour de la vallée de Wardour au nord, laquelle est due à des phénomènes analogues à ceux de la vallée de Weald.

Groupe néocomien. — Le groupe néocomien, désigné depuis longtemps en Angleterre sous le nom de *grès vert inférieur*, y est très-compliqué et très-variable dans ses caractères pétrographiques. Il annonce par ses fossiles, tous marins, le retour des eaux salées sur ces points qu'avaient momentanément envahis les eaux douces et saumâtres des groupes wealdien et de Purbeck. Très-développé dans le Kent et l'île de Wight, il s'atténue aux extrémités nord-est et sud-ouest de la zone crétacée où il tend à se confondre comme on vient de le dire avec les groupes suivants. H. Fitton y a établi quatre étages qui, comparés dans le Kent et les falaises d'Atherfield (île de Wight), ont donné les résultats que nous avons reproduits ailleurs [1].

La répartition des fossiles étudiés par ce même géologue, puis par Ed. Forbes, Ibbetson et d'autres encore, a montré quelques faits intéressants. Dans la falaise d'Atherfield, sur une hauteur de 244 mètres, on a pu distinguer 55 assises différentes et remarquer que l'*Exogyra sinuata*, l'un des fossiles les plus caractéristiques, existe à la fois dans 18 d'entre elles, la *Panopæa plicata* dans 17, la *Pinna Robinaldina* dans 12, etc. De plus, le nombre des espèces est en raison inverse de l'épaisseur des couches. Ainsi, la plus basse, caractérisée par la *Perna Mulleti*, a présenté 76 espèces sur une épaisseur de 2 mètres seulement [2].

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. IV, p. 80. 1850.

2. La faune de ce groupe comprend 4 reptiles (*Protemys, Polyptychodon, Plesiosaurus, Iguanodon*), 4 poissons, 19 mollusques céphalopodes, 21 gastéro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Gault. — Autant le groupe dont nous venons de parler est complexe par la nature de ses roches et la distribution des fossiles, autant celui des argiles marneuses bleues qui lui succède et désigné sous le nom local de *gault* ou *galt* est simple et constant sous ces deux rapports. Les caractères de sa faune se maintiennent également sur de grandes étendues de pays et servent de repères pour classer les dépôts plus anciens et plus récents. Cependant le long des côtes du Yorkshire et jusqu'à celles du Norfolk, le groupe très-atténué n'offre qu'une craie marneuse rougeâtre avec *Belemnites minimus*, l'un des fossiles les plus caractéristiques de cet horizon.

Partout ailleurs, dans le Cambridgeshire et jusque dans le Wiltshire, le gault se montre sous sa forme d'argile bleue ou de marne gris bleuâtre, plus ou moins sableuse, atteignant 40 mètres d'épaisseur à Folkstone, l'une des localités les plus riches en fossiles bien conservés, particulièrement des crustacés brachiures, des coquilles de céphalopodes, d'univalves et de bivalves, etc.[1]

Grès vert supérieur. — La base du *second groupe*, désignée en Angleterre sous le nom de *grès vert supérieur*, paraît manquer dans les comtés du nord-est et n'avoir une importance réelle que dans ceux du sud et du sud-est. Au pied de l'escarpement de craie qui circonscrit la vallée de Weald et à Folkstone, où l'on voit nettement sa superposition au gault, son épaisseur ne dépasse pas 10 mètres. C'est un sable mar-

podes, 64 acéphales dimyaires, 33 monomyaires, 10 brachiopodes, 9 échinides, mais très-peu d'animaux des autres classes.

1. On n'y cite point de reptiles; il y a quelques poissons, des crustacés (*Notopocorystes*, des ostracodes et des cirrhipèdes), 40 céphalopodes, dont 20 Ammonites, 18 gastéropodes, 20 acéphales, quelques polypiers et rhizopodes. Les espèces dominantes sont : *Ammonites auritus, lautus, splendens, tuberculatus, Belemnites minimus, attenuatus, Hamites ornatus, compressus, intermedius, rotundus, tenuis, Dentalium ellipticum, Natica canaliculata, Rostellaria carinata, Solarium conoideum, ornatum, Nucula ovata, pectinata, bivirgata*, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

neux friable ou une marne à points verts plus ou moins solide. A Merstham (Surrey), il constitue une pierre tendre (*fire stone*) très-recherchée pour certaines constructions. Aux environs de Farnham (Sussex), des nodules de phosphate de chaux, retrouvés ensuite sur une multitude de points, au même niveau, ont été utilisés pour l'agriculture. Dans l'île de Wight et dans le Wiltshire, particulièrement autour de Warminster, cet étage, de 20 à 26 mètres d'épaisseur, est à l'état de grès marneux avec grains verts, renfermant des silex cornés ou *cherts* en bancs suivis ou en nodules disséminés dans la masse. Dans ce dernier comté, les fossiles sont surtout de nombreux spongiaires (*Siphonia, Hallirhoa Polypothecia*, etc.), des radiaires échinides, des ostracées, les *Pecten quadricostatus, obliquus, asper*, etc.

Craie grise ou marneuse et craie blanche. — Le reste du second groupe comprend, en Angleterre, la *craie grise* ou *craie marneuse*, puis la *craie inférieure*, que recouvre la *craie blanche* proprement dite avec ou sans silex. Ces dénominations indiquent suffisamment les caractères des roches, depuis les falaises du cap Flamborough (Yorkshire) jusqu'à celles de l'île de Wight, pour qu'il ne soit pas nécessaire de nous y arrêter davantage. Les silex en rognons s'observent à divers niveaux avec des caractères un peu différents. Les grains verts de silicate de fer sont plus ou moins répandus dans les assises qui succèdent au grès vert et où se trouvent particulièrement les *Ammonites rhotomagensis*, *Mantelli*, *lewesiensis* et *varians*, les *Turrilites costatus* et *tuberculatus*, le *Scaphites æqualis*, le *Nautilus elegans* et des Hamites. Plus haut vient l'*Inoceramus mytiloides*, et la craie blanche renferme surtout l'*Inoceramus cordiformis*, les *Terebratula plicatilis*, *octoplicata*, *carnea*, le *Spondylus spinosus*, l'*Ostrea vesicularis*, le *Micraster cor-anguinum*, l'*Ananchytes ovata*, le *Galerites albogalerus*, le *Marsupites ornatus*, etc. [1]

1. On doit signaler dans la *craie inférieure* 12 reptiles (*Pterodactylus compressirostris, Cuvieri, giganteus* et 1 indét., *Raphiosaurus subulidens, Poly-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

L'épaisseur de ces diverses assises de la craie du premier et du second groupe peut s'apprécier facilement dans les falaises. Ainsi elle est de 250 mètres entre Deal et Folkstone, de 163 mètres au cap Beachy où elle est incomplète, de 396 mètres aux deux extrémités de l'île de Wight.

Si l'on compare les faunes des divers groupes, on remarquera que, dans l'état actuel de nos connaissances, ce sont les animaux inférieurs (rhizopodes, spongiaires, radiaires, bryozoaires, mollusques, monomyaires et brachiopodes) qui, avec les poissons, élèvent le chiffre de la faune de la craie blanche (316 espèces), tandis que dans le quatrième groupe, où il y a 300 espèces, c'est l'inverse, les mollusques dimyaires, les gastéropodes, les céphalopodes y étant très-répandus. Les faunes des groupes intermédiaires présentent à peu près le même nombre d'espèces (112 et 109), mais les éléments sont différents. Ainsi les spongiaires et les bryozoaires du grès vert supérieur manquent dans le gault; les radiaires échinides, nombreux dans la craie marneuse et glauconieuse, sont rares aussi dans le gault. Les céphalopodes (Nautiles, Ammonites, Hamites, Turrilites, Scaphites) de cette même craie, où les espèces sont de grande taille et caractérisent bien le second groupe, manquent presque dans la craie blanche au-dessus, tandis que d'autres espèces des mêmes genres (Ammonites, Hamites), beaucoup plus nombreuses encore, mais toutes comparativement petites, caractérisent le troisième. Excepté dans le gault et le grès vert supérieur, les reptiles présentent des types assez variés dans les autres termes de la série. Le tableau général de cette faune, que nous établîmes il y a quinze ans, contenait environ 1000

ptychdon continuus, interruptus, Ichthyosaurus campylodon, Plesiosaurus Bernardi, constrictus, Dolichosaurus longicollis, Chelone Benstedi); dans la *craie blanche* un *Plesiosaurus,* le *Mosasaurus gracilis*, le *Leiodon anceps,* le *Coniosaurus crassidens,* la *Chelone Camperi;* puis 83 espèces de poissons, quelques crustacés et annélides, des mollusques, surtout des monomyaires et des brachiopodes, beaucoup de bryozoaires (45 espèces), d'échinides (25), de stellérides (22), de rhizopodes (89) et d'amorphozoaires (70).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

espèces et le nombre de celles qui sont communes aux cinq groupes pris deux à deux varie de 12 à 20.

Belgique. — La ligne de partage des eaux qui se rendent dans la Manche et de celles qui se jettent dans la mer du Nord, ligne que nous avons désignée en 1845 sous le nom d'*axe de l'Artois* et dirigée à l'O. 34° N., ne constitue pas seulement une disposition hydrographique importante, mais elle sert encore à indiquer les parties du sol immergé pendant les époques secondaire et tertiaire. A partir de cette ligne, qu'un coup d'œil jeté sur une carte montre placée sur le prolongement infléchi au S.-E. de l'axe de la vallée de Weald et du Bas-Boulonais, on trouve, au nord, des couches crétacées qui manquent au sud ou qui y affectent des caractères très-différents. Cet axe se prolonge à l'E. par la ligne de partage sinueuse des eaux de la Sambre, de l'Oise et de la Marne, au midi de laquelle les assises crétacées se montrent avec l'aspect que nous leur trouvons dans tout le bassin de la Seine dont elles font géologiquement partie. La portion du bassin de la Meuse comprise entre Namur et la vallée de la Roër offre encore un ensemble de dépôts crétacés dont les plus anciens diffèrent aussi beaucoup de ceux du bassin de l'Escaut[1].

Les couches du bassin de la Meuse s'étendent, de l'O. à l'E., des environs de Jodoigne à Aix-la-Chapelle, occupant une surface allongée, à contours irréguliers, et souvent recouvertes par des sédiments tertiaires ou quaternaires. Elles reposent transgressivement, soit sur les divers termes du système carbonifère, soit sur des roches plus anciennes, étant les seuls représentants de toute l'époque secondaire dans cette petite région. Elles ont donné lieu à beaucoup de discussions que nous avons rappelées[2], et nous nous bornerons à dire ici que l'*étage de la craie blanche* comprend, de bas en

1. Les lignes de rivage, sinueuses alors comme de nos jours, expliquent la présence de certains rudiments du gault par exemple, sur quelques points, un peu au delà des limites générales que nous venons de tracer.

2. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. IV, p. 142. 1851.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

haut : 1° les sables d'Aix avec des argiles subordonnées ayant de 80 à 100 mètres d'épaisseur, dans lesquels M. Debey a signalé 85 espèces de plantes, particulièrement des algues et des fougères ou cryptogames acrogènes, et a fait remarquer le petit nombre des cycadées; 2° trois assises de sables verts de 10 à 12 mètres, la seconde renfermant des moules cylindriques (*gyrolites*) et des argiles smectiques, la plus élevée une craie glauconieuse, le tout surmonté par la marne crayeuse avec ou sans silex noirs de la Hesbaye. L'*étage de la craie supérieure* qui lui succède comprend la brèche du Lusberg près d'Aix, la pierre à chaux avec polypiers de Wetshau et de Kunraed, puis le calcaire jaune sableux de la montagne de Saint-Pierre près Maëstricht, roche dans laquelle d'immenses et innombrables galeries d'exploitation ont été pratiquées de temps immémorial et qui constitue le type de l'étage. Dans cette colline et celles des environs de Fauquemont, etc., il se divise, dans sa hauteur, qui est d'environ 30 mètres, en un certain nombre de petites couches caractérisées, les unes par l'abondance des bryozoaires, les autres par celle du *Ditrupa* ou *Dentalium Mosæ*, ou bien encore par l'accumulation des gastéropodes.

Les recherches incessantes des paléontologistes, celles de MM. de Binkhorst et Bosquet, entre autres, ont contribué à faire connaître la richesse de sa faune. Sur environ 900 espèces mentionnées et réparties dans plus de 231 genres, on remarque 4 reptiles, dont le *Mosasaurus Hoffmanni*, décrit plus haut (p. 99), 28 espèces de poissons, 6 crustacés (macroures et brachyures) dont le *Mesotylus* (*Pagurus*) *Faujasii*, et 83 ostracodes ; parmi les mollusques, 19 espèces de céphalopodes, entre autres la *Belemnitella mucronata*, les *Nautilus Dekayi* et *danicus*, la *Baculites Faujasii*, une Hamite, une Scaphite et 6 Ammonites, puis 160 gastéropodes, 35 brachiopodes, 115 bivalves lamellibranches, comprenant 6 rudistes, 280 bryozoaires, 17 Serpules, 43 radiaires échinides, 5 crinoïdes, 33 polypiers, 13 amorphozoaires et 39 rhizopodes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Malgré la présence de beaucoup de coquilles qui manifestent déjà les caractères de types tertiaires, on voit que la persistance des Bélemnites, de quelques céphalopodes à cloisons persillées et des rudistes dénote encore une faune secondaire. D'un autre côté, 51 espèces descendant jusqu'aux sables d'Aix relient toutes les couches de ce pays, lesquelles ne s'abaissent pas au-dessous du premier groupe ou de la craie blanche.

Sur le plan nord de l'axe de l'Artois que sillonnent l'Escaut et ses affluents, la formation qui nous occupe est presque toujours recouverte par des sables tertiaires et quaternaires et repose sur les roches carbonifères. Outre la *craie supérieure* et la *craie blanche*, le second groupe au-dessous y est représenté par des marnes et des glaises (*dièves*), par un poudingue (*tourtia*), et par des grès, des argiles et des sables, rudiments du gault (Bracquegnies).

Ce poudingue calcaréo-sableux, ferrugineux avec des grains verts et de petits cailloux de silex, n'a que $0^m,50$ à 5 mètres d'épaisseur. Il recouvre les roches anciennes dans les départements du Pas-de-Calais, du Nord et dans la partie de la Belgique qui est contiguë. Les fossiles très-nombreux dénotent une faune antérieure à celles du bassin de la Meuse. Les *Ammonites rhotomagensis*, *varians* et *Mantelli*, le *Nautilus elegans*, le *Turrilites costatus*, le *Scaphites æqualis*, le *Cardium hillanum*, le *Pecten asper* et l'*Exogyra columba*, indiquent la base du second groupe avec des caractères particuliers que nous avons fait ressortir, tels que la variété des formes de brachiopodes, de *Trochus*, de *Turbo* et de Pleurotomaires.

Les marnes sableuses et argileuses (*dièves*, *fortes-toises*, etc.) qui viennent au-dessus, depuis les environs de Tournai jusqu'à Hirson, montrent aussi par leurs fossiles qu'elles représentent la partie moyenne et supérieure du second groupe, comme la craie blanche qui leur succède, la base du premier. Quant à la craie supérieure, elle paraît sur une faible épaisseur dans le vallon de Ciply au sud de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Mons, à Cuesmes, etc., non moins riche en fossiles que dans les collines des environs de Maëstricht et à Folx-les-Caves. Sur ces divers points on reconnaît qu'elle s'est déposée dans des dépressions de la craie blanche et dans des golfes ouverts au nord.

France. — La formation crétacée occupe en France des surfaces qui se coordonnent avec les principaux bassins hydrographiques, tels que ceux de la Seine, de la Loire, de la Garonne et du Rhône, s'appuyant, sur leur pourtour, contre les couches jurassiques et les pentes inférieures des régions montagneuses. Mais elle présente dans ces divers bassins des différences très-prononcées quant au nombre des termes qui la composent et à leurs caractères minéralogiques et paléontologiques. Esquissons rapidement ces différences en commençant par le nord et à partir de l'axe de l'Artois, que nous venons de voir limiter les dépôts de la Belgique.

Lorsqu'on suit sur une carte géologique de notre pays les contours extérieurs de la zone crétacée à son contact avec les couches jurassiques supérieures, depuis les Ardennes jusqu'en Normandie, on est porté à ne voir dans ce quadrilatère irrégulier, dont le quatrième côté est formé par le littoral de la Manche, qu'un seul bassin dont les anciens rivages étaient continus et sur le pourtour duquel on doit retrouver les mêmes couches. Mais, de même que nous avons vu la ligne de l'Artois en rapport avec la différence des dépôts en Belgique, de même une seconde ligne de partage ou hydrographique parallèle, s'étendant du département de l'Orne dans celui de la Nièvre et que nous avons appelée *axe du Merlerault*, sépare le bassin de la Seine de celui de la Loire et se trouve en rapport avec les différences des couches situées au sud et au nord, dans l'un et l'autre de ces bassins.

Bassin de la Seine. — Ce n'est que dans les Ardennes, la Champagne, la Bourgogne et le Nivernais, sur les limites est et sud-est du bassin de la Seine, que nous retrouvons les représentants des groupes crétacés de l'Angleterre qui occu-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pent la partie opposée ou nord-ouest du golfe. Au sud et au sud-ouest de l'axe du Merlerault, dans le bassin de la Loire, comme au nord dans celui de l'Artois, les groupes inférieurs manquent, et les supérieurs affectent des caractères plus ou moins différents de ceux du bassin de la Seine.

Dans la partie orientale de ce dernier, des environs de Bar-le-Duc à Auxerre, le groupe le plus ancien, qui occupe une surface assez restreinte, comprend les sous-divisions suivantes dont la plus basse correspondrait au groupe wealdien.

GROUPE NÉOCOMIEN.	1er ÉTAGE.	1° Sables verts et ferrugineux pouvant être réunis au gault. 2° Argiles à Plicatules. (*Exogyra sinuata.*)
	2e —	3° Argiles rouges, minerai de fer oolithique, sables et argiles bigarrées, grès ferrugineux et pictés. 4° Argiles ostréennes et lumachelles. (*Exogyra subplicata, Ostrea Leymeriei.*)
	3e —	5° Calcaires néocomiens et marnes bleues. (*Toxaster complanatus, Perna Mulleti, Exogyra Couloni.*) 6° Sable blanc, ferrugineux, et fer géodique.

L'assise n° 5 est celle dont la faune est la plus riche et qui, étudiée d'abord en Suisse, aux environs de Neufchâtel, a été désignée sous le nom d'*étage néocomien*, appliqué ensuite à toute la série marine comprise entre le gault et les couches jurassiques supérieures[1].

Le gault, le plus simple et le mieux caractérisé des quatre groupes, se montre au pied des falaises de Wissant (Bas-Boulonais), comme dans celles de Folkstone, en face, de l'autre côté du détroit, et rempli des mêmes fossiles pyriteux. Re-

1. Dans les départements de la Haute-Marne, de l'Aube et de l'Yonne les principaux fossiles de cette assise, décrits par MM. Leymerie et Cornuel, sont : parmi les mollusques : *Ammonites asper* ou *radiatus, Nautilus pseudo-elegans, Pterocera Pelagi, Pleurotomaria neocomiensis, Natica lævigata, Trigonia longa* et *caudata, Gervillia anceps, Pecten atavus* et *interstriatus, Exogyra Couloni, Perna Mulleti, Cardium subhillanum, Venus vendoperana, Ricordeana* et *Corneliana, Astarte Beaumonti* et *transversa, Panopœa neocomiensis, Pholadomya elongata, Terebratula suborbicularis, prælonga* et *tamarindus;* parmi les échinides : *Nucleolites Olfersii, Holaster l'Hardyi, Toxaster complanatus.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

paraissant ensuite aux environs de Wignéhies et d'Hirson (Aisne), il traverse les départements des Ardennes, de la Haute-Marne, de l'Aube, toujours accompagné des mêmes fossiles jusque sur la rive droite de l'Yonne. Dans le département de la Nièvre ceux-ci deviennent plus rares et cessent dans celui du Cher, un peu au delà du groupe néocomien, qui ne dépasse pas les environs de Sancerre. Le gault apparaît sur le pourtour du pays de Bray (Oise) et dans la falaise du cap la Hève près du Havre. Vers le centre même du bassin ses argiles sableuses vertes forment la nappe aquifère qui alimente les puits de Grenelle et de Passy à 548 mètres au-dessous de la surface du sol, et, sur son pourtour, ceux de Troyes, de Rouen, à de moindres profondeurs, car les couches se relèvent toujours à mesure qu'elles se rapprochent de leurs anciens bords[1].

La craie tuffeau, qui règne en dedans des groupes précédents, offre trois assises, la moyenne caractérisée comme toujours par ses nombreux céphalopodes (Nautiles, Hamites, Turrilites, Scaphites, Ammonites), la supérieure par l'*Inoceramus mytiloides*, quelques grandes Ammonites et par l'absence de Bélemnites. La craie blanche, semblable aussi à celle d'Angleterre, et présentant également, comme l'a fait voir M. Hébert, trois assises que leurs espèces particulières de Bélemnites, de Térébratules et d'échinides, surtout d'*Ananchytes* et de *Micraster*, peuvent aider à séparer, occupe ensuite le milieu du bassin et ses parties moyennes.

1. Les fossiles les plus constants de cet horizon sont des coquilles de céphalopodes (*Ammonite auritus, Archiacianus, Bennettianus, Beudanti, cristatus, denarius, dentatus, bicurvatus, Fittoni, inflatus, lautus, monile* (*mamillatus*), *quercifolius, splendens, tuberculatus, varicosus* et *Raulinianus; Hamites attenuatus, intermedius, flexuosus, maximus, rotundus, tenuis; Nautilus albensis, Clementinus; Belemnites minimus*); puis des univalves (*Rostellaria carinata, costata* et *marginata, Solarium ornatum* et *conoideum, Dentalium ellipticum, Natica canaliculata*); des bivalves (*Inoceramus concentricus* et *sulcatus, Nucula pectinata* et *bivirgata, Trigonia alæformis, Arca fibrosa* et *carinata, Venericardia tenuicosta, Thetis minor*, et un petit polypier, le *Trochocyathus conulus*.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Sur plusieurs points de son centre, aux environs de Paris, et dans les départements voisins de l'Oise et de la Marne, des dépôts marins, d'une structure particulière, renfermant des fossiles différents de ceux de la craie blanche, mais dont plusieurs sont identiques avec des espèces de la craie supérieure de Maëstricht, sont généralement connus sous le nom de *calcaire pisolithique*. Ils sont peu continus, et semblent être les restes d'une assise déposée dans des dépressions locales de la craie sous-jacente, dénudée par places.

Bassin de la Loire. — Les deux versants du bassin de la Loire diffèrent, non-seulement de ce que nous venons de voir dans celui de la Seine, mais encore entre eux à plusieurs égards. Les groupes néocomien et du gault, avons-nous dit, s'atténuent vers l'extrémité sud-est de l'axe du Merlerault, dans le département de la Nièvre et cessent tout à fait dans celui du Cher. Sur tout le reste du périmètre, dans la Touraine, l'Anjou, le Maine et le Perche, les couches les plus basses de la formation qui recouvrent ordinairement les assises jurassiques sont celles que nous avons vues caractérisant l'étage moyen du second groupe dans le bassin de la Seine et en Angleterre, l'inférieur étant le plus souvent rudimentaire[1].

Nous représenterons comme il suit la série crétacée du bassin de la Loire :

1er GROUPE.		Craie à silex de Blois et du château de Vendôme.
2e GROUPE.	1er étage.	Craie jaune de Touraine (*Spondylus truncatus* et *Ammonites polyopsis*). Craie micacée (*Bille, pierre de Bourré.*) — *Ammonites papalis, lewesiensis, peramplus, Terebratula Bourgeoisi.* Craie à *Inoceramus mytiloides, Rhynchonella Cuvieri.*
	2e —	Couches à ostracées. Sables et grès ferrugineux à Trigonies et *Ammonites cenomanensis.* Craie glauconieuse à céphalopodes.
	3e —	Argiles vertes, marne grise et sables glauconieux.

1. Leurs fossiles sont : *Ammonites varians, Beaumonti, falcatus,* et *Mantelli, Turrilites costatus, tuberculatus, Scaphites æqualis, Hamites armatus, Nautilus triangularis, elegans, Avellana cassis, Pecten asper, Holaster subor-bicularis.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Au-dessus de l'horizon si constant des céphalopodes, signalé par M. Triger et par M. Hébert, viennent des sables ferrugineux, quelques bancs calcaires ou de poudingue, formant dans le Perche et le Maine un second horizon parfaitement caractérisé par sa faune très-variée, et surtout par l'abondance des Trigonies dans les collines du Mans, de Ballon, de Saint-Calais, etc., et dont nous indiquons ci-dessous les principales espèces[1]. Vers le bas de cette assise, autour de Ballon, viennent un ou plusieurs bancs remplis d'*Orbitolina concava*, et au-dessous une couche de marne sableuse grisâtre dont les fossiles rappellent plusieurs des espèces du grès vert du Devonshire (*Corbula striatula*, *Astarte formosa*, *Nucula obtusa*, *Arca fibrosa*, *Nassa costellata*, etc.).

Les sables et grès ferrugineux du Maine sont surmontés par une assise gris-verdâtre argilo-sableuse, plus constante encore et passant sous la vallée de la Loire, pour venir affleurer dans la Touraine et l'Anjou, le long des roches jurassiques lorsque manquent les autres termes de la série. Elle est surtout caractérisée par l'abondance des *Ostrea biauriculata* et *carinata*, des *Exogyra columba* (type) et *flabellata*, d'où le nom de *couches à ostracées* que nous lui avons donné. Plus haut commencent les assises crétacées proprement dites, telles que la craie tuffeau à *Inoceramus mytiloides* qui passe à une autre de craie blanchâtre un peu sableuse, micacée, exploitée dans la vallée de la Loire, de l'Indre et du Cher sous le nom de *Bille* ou de *pierre de Bourré*, puis une assise également fort épaisse de craie jaunâtre, quelquefois à points verts,

1. Dents de *Saurocephalus lanciformis*, *Otodus appendiculatus*; *Ammonites cenomanensis*, *Strombus inornatus* (*Pterodonta*), *Terebratula biplicata*, *Rhynchonella compressa*, *Terebratula Menardi*, *Exogyra columba*, var. *minor* et *minima*, *Ostrea carinata*, *Pecten æquicostatus*, *elongatus*, *phaseolus*, *quinquecostatus*, *Lima ornata*, *simplex*, *Trigonia pennata*, *sulcataria*, *sinuosa*, *crenulata*, *dedalæa*, *spinosa*, *Mytilus lineatus*, *Corbis rotundata*, *Cyprina ligeriensis*, *oblonga*, *Arcopagia numismalis*; des crustacés, des Serpules, de nombreux bryozoaires; le *Catopygus columbarius*, le *Goniopygus Menardi*, l'*Archiacia sandalina*, parmi les échinides, puis quelques polypiers et des rhizopodes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

très-développée d'Amboise à Tours, Sainte-Maure, etc., caractérisée par une faune assez particulière[1].

Vers l'est, de Chaumont à Blois et à Vendôme, une assise peu fossilifère, blanchâtre avec de nombreux silex, recouvre la précédente. Elle semble représenter l'assise la plus basse de la craie blanche, la seule qui passerait du bassin de la Seine dans celui de la Loire.

Bassin du sud-ouest. — La zone crétacée qui s'appuie sur le versant sud-ouest du plateau central suit une direction S.-E., N.-O. et elle est continue depuis la route de Souillac à Cahors (Lot), jusqu'à l'île d'Oléron, sur une longueur de 70 lieues et une largeur de 15. Les couches plongent au sud-ouest et se recouvrent dans cette direction à niveau décroissant. Les affleurements sont dirigés S.-E., N.-O., parallèlement à ceux de la formation jurassique, contre laquelle elles s'appuient. Nous y avons établi cinq étages désignés comme il suit :

1er ÉTAGE.	Calcaires jaunes supérieurs, comprenant 2 assises de rudistes.
2e —	Craie grise, marneuse, glauconieuse et micacée, avec Ammonites et divisée en 2 assises.
3e —	Calcaires blancs ou jaunes, comprenant aussi 2 espèces de rudistes. Calcaire marneux gris-blanchâtre ou jaunâtre. Calcaire marneux jaunâtre avec ostracées et Ammonites.
4e —	Calcaires à Caprines. Sables et grès verts ou ferrugineux. Calcaires et grès avec rudistes, échinodermes nombreux et couches à Alvéolines.
5e —	Argile pyriteuse et lignites.

Ne pouvant énumérer ici les nombreux fossiles de ces divisions et sous-divisions, nous nous bornerons à signaler d'abord l'absence de ceux qui caractérisaient la base du deuxième groupe que nous avions encore rencontrés dans le bassin de

1. *Rhynchonella vespertilio, difformis, Terebratula albensis, Exogyra columba* (var. *maxima*), *auricularis, Spondylus truncatus, spinosus, fimbriatus, Lima semisulcata, Dujardini*, Arches, Trigonies, *Cardium*, Pholadomyes, *Bourgueticrinus ellipticus*, de nombreux échinides, des bryozoaires aussi très-communs et très-variés, des spongiaires, quelques espèces particulières d'Ammonites et un crustacé très-constant au contraire vers la base (*Calianassa Archiaci*).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la Loire, et à plus forte raison l'absence de tout ce qui est au-dessous; de sorte que pendant la moitié de l'ère crétacée cette surface a dû être émergée. Les argiles pyriteuses avec lignites de l'île d'Aix, qui se prolongent sur le continent, pourraient seules nous représenter un dépôt marécageux contemporain de cette partie inférieure, si toutefois elles ne sont pas plus anciennes. On remarquera ensuite la prédominance des roches calcaires dans toute la série, la fréquence du calcaire spathique, l'absence ou la rareté au contraire de couches argileuses ou siliceuses d'une certaine importance, dans chaque étage, enfin, la persistance des caractères des bancs exploités sur de très-grandes étendues de pays. Ces divers étages acquièrent en outre leur plus grand développement sur des points très-différents, depuis la rive gauche de la Dordogne jusqu'à l'embouchure de la Charente, et leur plus grande épaisseur totale, qui paraît être dans le sud du département de la Dordogne, ne dépasserait pas 240 à 250 mètres.

Quant à la faune considérée en général, elle est des plus remarquables, si nous la comparons avec tout ce que nous avons vu jusqu'à présent. En effet, dans les Iles-Britanniques, la Belgique, les bassins de la Seine et de la Loire, les coquilles bivalves de la singulière famille des rudistes n'ont été signalées que très-rarement et d'une manière tout à fait sporadique; dans la zone sud-ouest, au contraire, elles sont accumulées en quantité prodigieuse à cinq niveaux différents dans la hauteur de la série, marquant par la distribution non-seulement des espèces, mais encore des genres, des horizons parfaitement distincts. C'est ainsi que M. Bayle, qui a fait une étude particulière de cette famille, signale 4 Sphérulites (*S. foliaceus, Fleuriausi, triangularis, polyconilites*) et 4 Caprines (*C. adversa, costata, striata, triangularis,* Ichthyosarcolite ou Caprinelle), les plus grandes du genre, dans l'étage inférieur ou mieux le quatrième; les *Sphærulites ponsianus* et *Beaumonti,* avec les *Radiolites lumbricalis, angulosus* et *cornu-*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pastoris dans le troisième dont la partie supérieure, désignée sous le nom local de *chaudron*, est caractérisée par les *Sphærulites radiosus*, *Sauvagesi*, les *Hippurites organisans* et *cornu vaccinum*. Ici, où commencent les Hippurites, les Caprines ne se montrent plus. Ce niveau est le plus remarquable de tous ceux que nous aurons à signaler, car nous le suivrons jusqu'en Asie.

Le premier étage où nous avions distingué deux assises offre également deux horizons de rudistes. L'un, où se trouve l'*Ostrea larva* et une prodigieuse quantité d'*O. vesicularis*, variété de celle de la craie blanche du Nord, renferme 3 Sphérulites et 5 Radiolites; l'autre, qui couronne la formation, 2 Sphérulites, 3 Radiolites et 2 Hippurites. Ces fossiles atteignent pour la plupart de grandes dimensions, forment des bancs presque à eux seuls et semblent avoir vécu fixés comme les Huîtres. Leur fréquence paraît exclure la présence des céphalopodes à cloisons persillées, et réciproquement, là où abondent les Ammonites, etc., manquent les rudistes.

Considérées sous d'autres rapports, les faunes des étages 2 et 4 ont beaucoup d'analogies avec certains niveaux du bassin de la Loire, et l'absence de Bélemnites est un fait négatif commun aux deux régions qui prouve leur isolement de celles du nord.

Ayant essayé de donner ainsi une idée des caractères de la formation crétacée dans les pays où elle a servi de terme de comparaison, nous passerons plus rapidement sur ceux où elle a encore été reconnue jusqu'à présent, nous bornant à signaler les faits particuliers qui ajouteraient quelque chose à ce que nous savons déjà.

Région pyrénéenne. — Le long du versant nord des Pyrénées, la formation apparaît çà et là depuis la côte de Bidart à l'ouest jusqu'aux rivages de la Méditerranée à l'est. Ce sont de nombreux lambeaux sortant de dessous les dépôts tertiaires et appartenant tantôt à l'horizon de la craie blanche ou de la craie tuffeau (Landes, Basses-Pyrénées), tantôt à la craie su-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

périeure (Haute-Garonne). Plus à l'est, dans le département de l'Ariége, reparaît ce niveau de rudistes caractérisé par les *Hippurites organisans, cornu vaccinum*, etc., auxquelles s'ajoutent d'autres espèces dans les Corbières. Dans les départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales nous avons aussi distingué quatre étages représentant sans doute les deux groupes supérieurs, tandis que les inférieurs, complétement discordants, comme partout, le long de la chaîne, montrent quelques rudiments du gault, puis un grand ensemble de calcaires compactes gris et de marnes noires très-redressés constituant presque toutes les hautes Corbières avec leurs appendices. Les Caprotines dans les calcaires compactes, puis, dans les marnes et les calcaires marneux qui les supportent, une grande quantité de fossiles dont l'association n'est pas habituelle, laissent encore planer quelque doute sur leur niveau absolu, quoique les formes de l'étage néocomien supérieur y dominent[1].

Bassin du Rhône. — Les couches crétacées bordent également le pied des Cévennes et s'étendent à l'est du Rhône dans une grande partie de la Provence et du Dauphiné pour y constituer de petites chaînes de montagnes dirigées généralement E., O. On y retrouve, depuis les côtes de la Méditerranée, des représentants des quatre groupes et souvent de leurs sous-divisions. L'étage néocomien inférieur y peut être partagé en deux assises, comme nous l'avons indiqué, l'une plus basse, caractérisée aux environs d'Escragnolles et de Castellane, l'autre plus élevée, aux environs de Barrême.

Au-dessus vient l'étage très-puissant des calcaires géné-

1. Les fossiles les plus répandus dans ces calcaires marneux des Corbières et de la Clape placés au-dessous des calcaires compactes à Caprotines sont : dans l'ordre de leur plus grande fréquence : *Orbitolina conoidea, Exogyra sinuata, Plicatula placunea, Echinospatagus Collegni* (*Toxaster*), *Pseudodiadema Malbosi, Terebratula sella, prælonga, Moutoniana, tamarindus, Corbis cordiformis, Panopœa rostrata, Carteroni, neocomiensis, Avicula Sowerbyana, Gervillia anceps, Pholadomya elongata, Cardium Cottaldinum, Pecten Leymeriei, interstriatus, Trigonia carinata, Nautilus Requienianus.* (*Les Corbières*, 1859.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ralement blancs, appelés calcaires à *Chama* ou à *Caprotina ammonia*, à cause de la prédominance de ce fossile, et supportant les argiles et les *marnes à Plicatules*, développées particulièrement aux environs d'Apt (Vaucluse), comme les précédents aux environs d'Orgon, dans la petite chaîne des Alpines, et mieux encore dans le Dauphiné ; mais ces deux étages sont assez capricieux dans leur distribution. Le gault affecte les caractères de marnes glauconieuses avec ses fossiles habituels, depuis les côtes de la Méditerranée jusque dans le massif de la Grande-Chartreuse, mais il manque sur un grand nombre de points intermédiaires. La craie tuffeau présente également deux divisions, la plus basse caractérisée par les fossiles ordinaires dans le nord de la France et en Angleterre ; enfin la craie blanche apparaît encore sur les limites du Dauphiné et de la Savoie avec la *Belemnitella mucronata*, l'*Ananchytes ovata*, l'*Inoceramus Cuvieri*, le *Pecten quadricostatus* et des *Micraster* du nord.

Le niveau des rudistes du troisième étage de la zone sud-ouest et des Pyrénées, qui appartient au second groupe de la formation (partie supérieure), ne semble pas s'éloigner beaucoup de la région méditerranéenne. Ces fossiles abondent dans une série de couches particulières aux Martigues (Bouches-du-Rhône), autour du Beausset (Var), etc. Depuis les travaux de M. Élie de Beaumont pour la carte géologique de France, ce sont les études de MM. Matheron, Duval-Jouve, Coquand et Reynès pour la Provence, celles de MM. Albin et Scipion Gras, et surtout de M. Lory pour le Dauphiné, qui ont le plus contribué à nous y faire connaître les modifications nombreuses des diverses assises crétacées.

Suisse et Savoie. — En étendant ce coup d'œil à la Suisse et à la Savoie, d'une part sur les flancs et dans les vallées intérieures du Jura, de l'autre sur les pentes extérieures des Alpes qui lui sont opposées, nous retrouverons le prolongement de ces assises du bassin inférieur du Rhône avec des modifications dans les deux chaînes, comparables à celles que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nous a montrées la formation jurassique, toutes les couches crétacées ayant partagé les mouvements qui ont affecté les roches qui les supportent. Aux environs de Neufchâtel, dont les *calcaires jaunes* et les *marnes bleues* avaient reçu, en 1836, de M. de Montmollin, le nom de *terrain néocomien*, étendu depuis à tout le groupe, une division plus basse encore désignée récemment sous celui d'*étage valengien* constituerait ici le premier terme marin de la formation. Composé de calcaires et de marnes d'environ 40 à 50 mètres d'épaisseur, avec quelques fossiles particuliers, il n'a encore qu'une importance purement locale et recouvre immédiatement sur ce point les couches d'eau douce rapportées au groupe jurassique supérieur ou de Purbeck.

MM. Thurmann, Gressly, Studer et A. Favre ont apporté le tribut de leurs savantes recherches géologiques pour la connaissance de ces diverses roches, comme MM. Pictet, de Loriol, Campiche, Jaccard, W. A. Ooster, etc., pour celle de leurs fossiles.

Péninsule ibérique. — Ce que nous avons vu jusqu'ici nous offre les meilleurs termes de comparaison pour ce que nous avons à dire des dépôts du même âge dans le reste de l'Europe. Nulle part en effet les sédiments crétacés ne se montrent aussi variés que dans les Iles-Britanniques, la France et les pays voisins. Aussi ne doit-on pas s'attendre à retrouver ailleurs toutes ces séries d'étages et d'assises que nous avons décrites, et les quatre groupes mêmes sont rarement réunis sur un point.

Au delà des Pyrénées la formation crétacée accompagne la formation jurassique, à l'ouest en Portugal, puis au nord et à l'est en Espagne. D. Sharpe l'a décrite occupant un espace considérable sur la rive droite du Tage, des environs de Lisbonne à Aveiro. Il y a distingué 6 assises calcaires, arénacées et argileuses, dont la plus récente est caractérisée par des rudistes (*Sphœrulites angeoides, cylindraceus, ponsianus, Radiolites Sauvagesi, ventricosus*) et d'autres fossiles, mais

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sans céphalopodes ni brachiopodes. Dans les assises plus basses semblent dominer encore des formes de la craie tuffeau, mais associées avec quelques autres qui peuvent faire douter de l'exactitude des déterminations.

Au sud comme au nord des Pyrénées, c'est aux études de Dufrénoy que l'on doit la première séparation des dépôts crétacés en deux étages, l'un colorié en jaune sur la carte de la France et qui doit être rapporté au terrain tertiaire inférieur, l'autre en vert qui appartient réellement à la période qui nous occupe. Plusieurs géologues s'en sont également occupés; mais des recherches plus suivies de M. E. de Verneuil nous avons pu déduire que, sur le versant septentrional de la chaîne cantabrique, la formation se composait de trois séries de couches ou étages assez bien caractérisés par leurs roches et leurs fossiles. Les groupes du gault et néocomien y manquent comme dans la zone sud-ouest de la France et le bassin de la Loire, de sorte que, malgré l'épaisseur de ces trois divisions évaluée à 700 ou 800 mètres, on ne trouverait encore représentés par leurs fossiles que deux des étages du Périgord, de l'Angoumois et de la Saintonge, le second et le quatrième. Au midi de la chaîne, au contraire, dans la province de Léon, comme dans le haut Aragon, les fossiles semblent annoncer la base du second étage et sans doute le troisième [1].

Nous ne suivrons pas M. de Verneuil et ses collaborateurs dans l'énoncé des résultats qu'ils ont obtenus et que nous avons reproduits ailleurs [2]; nous rappellerons seulement que dans la Sierra-Mariola (royaume de Valence) il y a des couches néocomiennes caractérisées par des Bélemnites plates (*B. dilatatus* et *subfusiformis*), le *Nautilus neocomiensis*, les *Ammonites radiatus*, *Dumasianus*, *neocomiensis*, etc., la *Te-*

1. (*Cyclolites elliptica*, *Hemiaster Fourneli*, *Cyphosoma Delamarrei*, *Diadema rude*, *Hippurites organisans*, *Requienianus*, *Exogyra auricularis* et *columba*).

2. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 26. 1853.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rebratula prælonga, le *Toxaster complanatus*, etc., surmontées par d'autres représentant la partie supérieure du même groupe. Sur les limites de l'Aragon et de la Catalogne, la province de Castillon de la Plana offre encore un grand développement des mêmes dépôts, et il résulte de l'ensemble des faits observés que les sédiments crétacés occupent dans la péninsule deux régions distinctes : celle de l'ouest ou océanique, comprenant les couches du Portugal et des Pyrénées où les deux groupes supérieurs tout au plus seraient représentés, celle de l'est ou méditerranéenne, comprenant le groupe inférieur qui prend une assez grande extension et dont la puissance atteint probablement 600 à 700 mètres. Dans l'île de Majorque, dont la composition géologique correspond bien à la partie de l'Espagne qui lui est opposée, les roches crétacées occupent près de la moitié de sa surface.

Italie et régions des Alpes. — Si, après avoir constaté dans les Alpes-Maritimes les représentants des quatre groupes comme en Provence, nous remontons au N.-E., nous trouverons, dans le Milanais et les provinces Vénitiennes, une concordance générale dans la stratification, depuis le trias jusqu'au terrain tertiaire. Les assises de conglomérats, les brisures des strates, les éruptions de roches ignées, sont des circonstances locales et non en rapport avec le grand soulèvement final. L'étude seule des fossiles a pu d'ailleurs permettre de saisir les relations des diverses assises crétacées.

Ainsi les calcaires du groupe inférieur désignés sous le nom de *biancone*, dans les monts Euganéens, les environs de Schio, des Sette Comuni (Vicentin), le Véronais, le Tyrol méridional, le Trévisan, le Frioul, le Bellunais, ordinairement compactes, presque toujours blancs, quelquefois veinés de rouge ou de vert, avec des silex noirs ou blonds, renferment les Bélemnites, les Ammonites, les *Toxoceras*, les *Aptychus*, etc., du troisième étage néocomien de la Provence. Les assises les plus élevées ont offert l'*Hippurites neocomiensis*. Dans les Sette Comuni un calcaire argileux blanchâtre a présenté des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Hamites, les *Ammonites Velledæ*, *nodosocostatus* et *Roissyanus*, pouvant indiquer un rudiment du gault.

Aux environs de Belluno, autour du lac de Santa-Croce et dans les hauteurs de l'Alpago, un calcaire bréchoïde, dur, avec des cailloux et des fragments de coquilles spathifiées renferme, d'après M. de Zigno, 10 espèces d'Hippurites, entre autres les *H. cornu-pastoris* et *organisans*, 4 Sphérulites, dont 1 est le *S. ponsianus*, 2 Baculites, les *Actæonella lævis* et *gigantea* et l'*Acteon ovum*. Trois de ces rudistes indiquent l'horizon du troisième étage de la craie du sud-ouest de la France, et le tout appartient au second groupe de la formation. Enfin, au-dessus et recouverts par les couches tertiaires nummulitiques, viennent un calcaire sableux rouge-brique et d'autres blanchâtres, argileux, caractérisés par l'*Ananchytes ovata*, les *Inoceramus Cuvieri* et *Lamarckii*, puis un calcaire schistoïde gris (*scaglia*) avec des empreintes de fucoïdes, des calcaires noirs bitumineux, le tout représentant la craie blanche du nord-ouest de l'Europe.

L'Istrie, les provinces Illyriennes, l'Italie centrale et méridionale, la Sicile et la Sardaigne montrent aussi des roches de divers groupes, particulièrement les niveaux que marquent les rudistes[1]. Quant au versant nord des Alpes, on n'y trouve que de très-rares représentants du groupe néocomien, aucun équivalent bien authentique du gault, mais des lambeaux assez étendus et nombreux de couches variées, appartenant à une partie du second groupe et du premier, c'est-à-dire à la craie tuffeau et à la craie blanche et sur un point au moins à la craie supérieure. MM. de Hauer, Hörnes, Czjzek, Reuss, Ehrlich, Peters, et surtout M. Gümbel pour la Bavière, ont particulièrement contribué à nous éclairer sur ce sujet, et il semble que le versant de la chaîne si découpé et si bouleversé n'offre pas un développement de couches comparable à celui des provinces Vénitiennes.

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 103, 127. 1853.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Sur le prolongement oriental de la chaîne, nous avons eu occasion de rappeler les recherches de MM. Boué et Viquesnel dans la Turquie d'Europe[1], l'incertitude où laissaient encore les études de MM. Boblaye et Virlet sur la Grèce, où cependant on sait aujourd'hui, d'après M. Gaudry, que se trouve dans la Béotie le principal horizon de rudistes, comme peut-être dans l'île de Candie, suivant M. Raulin.

Nord et centre de l'Europe. — Dans la Scanie, extrémité méridionale de la Suède, dans les îles du Danemark, sur les côtes de la Poméranie, règnent la craie blanche et la craie supérieure. Walhenberg, Hisinger, MM. Nilsson, Lyell, Beck, Forchhammer, Desor, Puggaard, et surtout d'Hagenow, en ont fait connaître les richesses paléontologiques et les caractères stratigraphiques.

Dans le nord de l'Allemagne la grande quantité de matériaux recueillis nous a fait décrire séparément la craie blanche et la craie tuffeau de la Westphalie, étudiées par MM. Ferd. et Ad. Rœmer, puis celles du Hanovre, du Brunswick, du pourtour du Harz où M. de Strombeck a signalé le gault, enfin le groupe néocomien que ce dernier savant et M. Ad. Rœmer nous ont montré très-atténué[2].

Mais des dépôts, dont nous avions à peine reconnu quelques traces dans le nord de la France, se retrouvent ici avec des caractères et une puissance comparables à ce qui existe dans le sud de l'Angleterre. En replaçant les calcaires à Serpulites dans le groupe de Purbeck (*antè*, p. 581) il reste encore au-dessus les équivalents assez distincts des sables d'Hastings et de l'argile de Weald (*Wealder-Sandstein* et *Wealderthon*), étudiés surtout par M. Dunker. Les premiers renferment des lits de charbon (Osterwald, etc.); ils ont jusqu'à 130 mètres d'épaisseur et sont remplis de végétaux; les argiles au-dessus renferment des coquilles d'eau douce et d'innombrables restes

1. *Loc. cit.*, p. 143-171.
2. *Ibid.*, p. 193-232.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de petits crustacés ostracodes; leur épaisseur est d'environ 100 mètres. Sur plusieurs points des soulèvements et des dislocations ont mis à découvert la relation de ces assises avec les couches jurassiques ou triasiques sous-jacentes.

La flore wealdienne de l'Allemagne comprend 50 espèces de plantes, qui ont les caractères de celles des tropiques de nos jours, et parmi lesquelles dominent les cycadées et les fougères. Il y a en outre, comme en Angleterre, d'assez nombreux restes d'animaux de diverses classes : des tortues, des reptiles sauriens, des poissons, des insectes, des mollusques d'eau douce, d'eau marine et d'eau saumâtre [1].

Un caractère commun aux diverses régions crétacées de la Saxe, de la Bohême, de la Silésie, de la Bavière et des environs de Ratisbonne, ce dernier point tout à fait isolé au sud des précédents, est de ne présenter que des couches appartenant au second et à une partie du premier groupe de la formation. Il y aurait peu d'intérêt à reproduire ici ces descriptions locales, d'autant plus qu'il faudrait expliquer, comme nous l'avons fait ailleurs [2], les terminologies adoptées par les géologues de ce pays, entre autres MM. Ewald, Beyrich, Geinitz, etc. Quant aux fossiles, le tableau donné en 1850 par le dernier de ces savants indiquait 1500 espèces dont 4 reptiles, 87 poissons, 47 crustacés, 46 annélides, 685 mollusques, 93 radiaires, 423 zoophytes et 115 plantes.

Europe orientale. — Dans les plaines de la Pologne, de la Gallicie, de la Podolie et de la Volhynie, la formation crétacée consiste en couches horizontales ou peu inclinées reposant sur les assises jurassiques ou sur le terrain de transition et appartenant aux étages supérieurs du second groupe avec quelques rudiments du premier. Ces couches ne pénètrent pas dans l'intérieur de la chaîne des Carpathes qui borde la

1. Voy. pour plus de détails *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 232-247, et l'ouvrage plus récent de M. Credner : *Ueber die Gliederung der ob. Jura und Wealden*, etc., Prague. 1863.

2. *Loc. cit.*, p. 312.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plaine au sud, et où se montrent au contraire, dérangées, redressées, renversées même, des assises plus anciennes, caractérisées par l'*Exogyra columba,* puis des schistes, des grès et des calcaires néocomiens. Ici les dépôts tertiaires nummulitiques ou inférieurs, très-dérangés aussi, recouvrent ces couches à *Exogyra columba,* tandis que dans les plaines au nord ce sont des dépôts tertiaires moyens ou même plus récents, qui s'étendent sur les couches crétacées supérieures restées horizontales. Ces lacunes et ces discordances sont donc bien différentes de ce que nous avons vu dans l'Europe occidentale[1].

Une ligne dirigée presque exactement du S.-E., N.-O., comme l'axe principal du Caucase, depuis Derbend au pied des montagnes du Daghestan, sur les bords de la mer Caspienne jusqu'à Brunswick et Hanovre, puis prolongée au delà jusqu'aux falaises du Yorkshire, marque l'extrême limite des deux groupes inférieurs et plus particulièrement du groupe néocomien dans le Caucase, la Crimée, les Carpathes et le nord-ouest de l'Allemagne. Au delà, depuis les côtes de la Baltique jusqu'à l'extrémité sud de l'Oural, dans la Prusse, la Saxe, la Bohême, la Silésie, les vastes plaines de la Pologne et les immenses plateaux de la Russie centrale et méridionale, sur 30 degrés de longitude et 8 de latitude, on ne rencontre plus que la craie blanche et la partie supérieure de la craie marneuse.

Il résulte en outre des travaux des géologues russes et de ceux de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, que, des plaines de la Pologne au pied de l'Oural, nulle part le seul représentant de la formation n'atteint une épaisseur de 100 mètres, et qu'il faut s'avancer jusque dans le Donetz, au sud, pour lui en trouver 200. Cette mer de la craie sur une

1. Ces résultats sont dus aux recherches de G. Pusch, et de MM. Boué, Lill de Lilienbach, Zeuschner, de Hauer, Kner, Hoennegger, etc. (Voy. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. V, p. 321-346).

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

surface double de celle de la France n'avait donc qu'une bien faible profondeur. On a vu (*antè*, p. 582) que la formation jurassique offrait cette même simplicité de caractère, cette même uniformité et cette diminution d'épaisseur dans l'Europe orientale, et il en a encore été de même ensuite pour les dépôts tertiaires inférieurs, si toutefois ils y existent; de sorte que l'espace compris entre la mer Noire, la Baltique, l'océan Glacial et l'Oural, à l'exception de la petite région du Donetz, au sud, aurait échappé, par une circonstance toute particulière, aux accidents qui ont si énergiquement et si fréquemment accidenté les autres parties du globe. Il n'y a probablement pas un second exemple d'une surface aussi considérable, où toutes les formations sédimentaires, depuis les plus anciennes, jusqu'aux plus récentes, aient été observées comme ici dans leur position première ou à très-peu près.

Mais dès que nous nous avançons un peu au sud, de manière à atteindre la direction indiquée, suivant l'axe du Caucase et son prolongement N.-O., aussitôt apparaissent ces soulèvements, ces dislocations, ces accidents variés, ces caractères pétrographiques modifiés, ces faunes complexes, tous ces changements, en un mot, que nous ont offerts les parties occidentales et méridionales de l'Europe.

L'ancienne Tauride étudiée par M. de Verneuil, par Huot, Dubois de Montpéreux, etc., le Caucase dont la géologie doit tant aux recherches de ce dernier et plus encore à celles de M. H. Abich, mettent ces conclusions dans tout leur jour.

Asie occidentale. — Dans l'Asie Mineure, les provinces qui bordent la mer Noire ont aussi présenté à MM. Hamilton et Strickland, puis à M. P. de Tchihatcheff, des dépôts crétacés avec Inocérames, traversés et bouleversés par des roches trachytiques, et plus au nord, aux environs d'Angora, d'autres moins dérangés, caractérisés par les rudistes de cette zone que nous suivons depuis les côtes occidentales de l'Europe. A l'est de ce point, dans la partie méridionale de l'ancien royaume de Pont, un certain nombre d'espèces fossiles vien-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nent rappeler la faune de la craie supérieure du pied nord de Pyrénées et de Maëstricht.

La Syrie et la Palestine, qu'ont parcourues MM. Botta, Russegger, Gaillardot, Blanche, Anderson, A. Gaudry, et plus récemment M. L. Lartet, offrent dans leurs montagnes, dirigées N., S., depuis l'Alma-Dagh, le Liban et l'Anti-Liban, Naplouse et Jérusalem, au-dessous de grandes assises tertiaires nummulitiques, des calcaires marneux jaunâtres, recouvrant, à ce qu'il semble, les grès ferrugineux que nous verrons plus loin désignés sous le nom de *grès de la Nubie*.

Les fossiles trouvés dans des calcaires inférieurs (*Ammonites syriacus*, *Exogyra flabellata*, *E. columba*, var. *secunda*, *E. Boussingaulti*, *Terebratula biplicata*, etc.), des baguettes très-renflées de *Cidaris*, connues dès le moyen âge sous le nom de *pierres de Judée* ou *judaïques*, et de formes plutôt jurassiques que crétacées, enfin des poissons sans doute plus récents, connus aussi des plus anciens oryctognostes, ne jettent que peu de lumières sur l'horizon absolu des assises principales. Les ichthyolites qui sont les plus importants de ces fossiles, étudiés par de Blainville, M. Agassiz, M. Heckel et ensuite par M. Pictet, proviennent de deux gisements peu éloignés l'un et l'autre, de Hakel et de Ahel-Alma. Sur 17 genres 2 sont communs aux deux gisements, et des 51 espèces aujourd'hui connues, aucune ne se trouve à la fois dans l'un et dans l'autre, ce qui peut faire présumer qu'ils sont d'âge différent, et de plus aucune d'elles n'a été signalée dans d'autres pays. Leurs caractères généraux, d'après le savant paléontologiste de Genève, semblent devoir les faire placer dans le second groupe crétacé, tandis que les coquilles précédentes, sauf les Hippurites, qui sans doute proviennent d'autres couches, annoncent un ou plusieurs niveaux plus anciens.

Les roches qui bordent le bassin de l'Euphrate, depuis le Taurus jusqu'à la plaine de Babylone, sont en partie crétacées, suivant MM. R. Hamilton, Ainsworth, Taylor, Thomson et Loftus, comme la chaîne de l'Aznir-Dagh dans le Kurdistan

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

oriental. Sur le versant nord de celle de l'Elbourz, le long de la Caspienne, Hommaire de Hell a recueilli, dans des calcaires blancs compactes, reposant, à ce qu'il semble, sur les roches dévoniennes dont nous avons parlé (*antè*, p. 460), l'*Ananchytes semiglobus*, la *Terebratula subrotunda*, l'*Ostrea globosa*, une grosse Phasianelle (*P. Laurenti*) et une Ammonite (*A. Hommairei*). La chaîne de Zagros ou de Louristan, qui s'étend du N.-O. au S.-E., du lac Ourmiah vers Chiraz et l'ancienne Persépolis, comprendrait, suivant M. Loftus, des roches crétacées, et la côte orientale de l'Arabie, depuis le détroit d'Ormus, Marbate, l'île de Masira jusqu'aux environs d'Aden, offrirait, d'après M. Carter, au-dessous de puissantes assises nummulitiques, des calcaires rouges argileux, d'autres ferrugineux et des marnes bleues dont l'ensemble des fossiles et l'association des types génériques montrent les caractères des étages crétacés moyens. Telles sont entre autres huit espèces d'échinides appartenant à notre quatrième étage du sud-ouest de la France, aux sables et grès du Maine, du Perche, etc.

Inde. — Quoique les pays qui circonscrivent les bassins de l'Indus, du Setledge, de la Jumna et du Gange aient été déjà bien explorés, il est remarquable qu'aucun dépôt crétacé n'y a encore été reconnu, et il en était de même de toute la presqu'île de l'Inde, sauf sur trois points de sa côte orientale, (environs de Pondichéry, de Trinchinopoly et de Verdachellum), bien éloignés par conséquent de la côte arabique dont nous venons de parler, avant qu'on eût découvert près de Bagh, au nord de la Nerbuddah des calcaires argileux rouges et des grès, d'environ 40 mètres d'épaisseur, dont un certain nombre de fossiles, surtout des échinides, rappellent ceux de Ras-Fartak et de Ras-Sharwîn.

Dans les trois localités précédentes, peu éloignées les unes des autres, on observe des calcaires gris, brun clair, subcristallins, compactes, terreux ou sableux, peu épais, recouverts par des dépôts arénacés rouges, renfermant des bois

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

silicifiés et des cailloux de quartz. Ce qui, outre leur isolement, les rend encore remarquables, c'est que ce sont presque les seuls dépôts marins secondaires de toute la presqu'île de l'Inde méridionale. De leur étude géologique faite d'abord par Newbold, C. T. Kay, Cunliff, E. Chevalier, puis continuée par les savants explorateurs du *Geological Survey*, MM. Oldham et Blanford, comme de l'examen de leurs nombreux fossiles qu'ont décrits Ed. Forbes, sir P. de Grey Egerton, MM. Blanford et Stoliczka, il ne semble pas résulter encore que leur niveau dans la formation soit bien déterminé.

Dans les couches de Pondichéry dominent les coquilles de céphalopodes (Baculites, Hamites, Ammonites, Bélemnites) avec de nombreuses espèces de genres plus ordinairement tertiaires (Volute, Pyrule, *Cypræa*, Cérite, Scalaire). 12 espèces de poissons placoïdes sont des types des étages crétacés supérieurs. Sur 178 espèces d'invertébrés, Ed. Forbes avait déterminé 165 mollusques, 2 articulés, 8 échinides et 3 polypiers. Quelques-unes semblent relier les faunes des trois gisements, et 10 se retrouveraient en Europe. Des recherches ultérieures ont beaucoup augmenté ces nombres. Ainsi M. Stoliczka estime qu'il y a près de 100 espèces d'Ammonites et que les autres divisions de la classe des mollusques sont tout aussi riches que les céphalopodes. L'ensemble de ce qui est connu paraît représenter une faune du second groupe un peu modifiée par la présence de quelques espèces plus anciennes et d'autres plus récentes.

Le même auteur signale, parmi les 38 espèces de céphalopodes communes à d'autres pays, 31 appartenant au deuxième groupe, et parmi elles les plus caractéristiques de sa base (*Nautilus elegans*, *Ammonites inflatus*, *rhotomagensis*, *Mantelli*, *Scaphites obliquus*, *æqualis*, *Turrilites costatus*). La famille des rudistes, si constante depuis l'Asie occidentale jusqu'au Texas, à l'ouest, ne paraît pas s'être étendue dans l'Asie méridionale, ce que justifierait le grand développement des céphalopodes. D'un autre côté M. Oldham a pu

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

constater par d'assez nombreux fossiles, provenant des grès placés sous les couches nummulitiques de Cherra-Poonji dans le Bengale oriental, que des dépôts crétacés, peut-être de l'âge des précédents, occupaient en cet endroit une partie de la vallée du Bramapooter. Des dépôts contemporains paraissent exister aussi dans l'île de Java.

Afrique. — La formation crétacée prend un grand développement dans toute la partie septentrionale du continent africain, depuis le Sennaar, où elle fait suite à celle de l'Arabie, jusqu'aux plages de l'Atlantique. Les recherches de MM. Lefèvre, Russegger, Nash, et surtout les profils si clairs donnés par Newbold, ont fait connaître les relations stratigraphiques des calcaires, et particulièrement des grandes assises du *grès de la Nubie* qui, dans le bassin du Nil, sont rapportées à la craie, malgré l'absence de fossiles pour confirmer cette détermination. C'est dans ces grès qu'ont été creusés et sculptés les temples célèbres d'Isis et d'Osiris à Ipsamboul. Ils ont fourni la pierre de la statue vocale de Memnon, celle des rangées de Sphinx qui bordent les dromos du temple de Karnac, et d'une multitude de monuments des villes de l'ancienne Égypte (Memphis, Philæ, Esneh, Denderah). Plus à l'ouest, pendant son voyage de Tripoli à Mourzouk, Overweg paraît avoir marché l'espace de plus de 80 lieues sur des roches crétacées qui, d'après leurs fossiles, appartiendraient aux groupes supérieurs.

Déjà MM. Renou et Fournel avaient constaté dans la province de Constantine des couches de la même formation. Mais en 1852 M. Coquand y signala toute la série des groupes et des étages, aussi complète qu'en Provence. D'après ce géologue le groupe néocomien y est représenté par trois étages ; l'inférieur, caractérisé par le *Belemnites dilatatus*, l'*Ammonites Astierianus*, comprend des calcaires et des marnes; le moyen des calcaires avec *Caprotina ammonia;* le supérieur des argiles et des marnes avec *Belemnites semicanaliculatus* et *Ammonites gargasensis*. Au-dessus de marnes et d'argiles

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

rapportées au gault le groupe de la craie tuffeau est divisé en trois étages. Enfin la craie blanche, avec *Ostrea vesicularis* et *Ananchytes ovata*, est surmontée d'un calcaire avec *Hemipneustes* et *Ostrea larva* de la craie supérieure. Ces divisions paraissent se continuer dans les chaînons de l'Atlas à l'ouest, comme tendent à le prouver les études plus récentes de M. Brossard au sud-ouest de Sétif, autour du grand Sebka, dans les districts de Misla et de Bouçada.

On peut suivre encore les roches crétacées à travers la province d'Oran jusque dans le Maroc, où M. Coquand mentionne particulièrement des calcaires à *Caprotina ammonia*, aux environs de Tétuan, et il y a peu de doute qu'on n'en retrouve des traces à l'extrémité de l'Atlas, sur la côte occidentale, vers le 28e degré de latitude N.

Dans la partie sud du même continent, à l'est du cap de Bonne-Espérance, autour de la baie d'Algoa, M. Krauss a observé des couches de grès vert remplies de coquilles, particulièrement de Trigonies, d'Astartes, de Cucullées, d'Exogyres, de Gervillies, rappelant plutôt des formes néocomiennes que celles des autres groupes crétacés.

Amérique du Nord. — La formation crétacée est presque aussi bien caractérisée dans les deux parties du nouveau monde que dans l'ancien; mais jusqu'à présent elle est, dans chacune d'elles, moins complète que dans l'Europe occidentale. Nous avons exposé ailleurs[1] avec assez de détails la plupart des observations qui ont été faites à ce sujet, et il serait peu nécessaire de les reproduire ici, même sommairement. Nous dirons seulement, pour l'Amérique du Nord, où des recherches plus récentes ont été faites par MM. Meek, Hayden, J. Hall, J. Hector, Whitney, H. Cook, Newberry, Hilery, Bauerman, J. Marcou, etc., dans les vastes régions comprises entre le bassin du Mississipi et les îles qui bordent les côtes du Pacifique (Vancouver, etc.), qu'il est difficile de se

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 487-592. 1853.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

faire une idée bien nette des relations des couches avec celles situées à l'est le long de l'Atlantique, et, au sud, circonscrivant le golfe du Mexique, en arrière des dépôts tertiaires. La *craie*, minéralogiquement parlant, ne se trouve nulle part dans les États-Unis de l'Est et du Sud; les roches, partout horizontales, sont des sables, des marnes, des argiles, des conglomérats coquilliers meubles et quelques calcaires compactes subordonnés. La puissance des dépôts augmente de l'E. à l'O.; elle est d'environ 120 à 150 mètres dans le New-Jersey, de 150 à 180 dans l'Alabama, de 240 au Texas, de 600 à 750 dans la région du Missouri. La formation, quoique très-développée, et souvent à l'état métamorphique dans la chaîne côtière qui longe l'océan Pacifique, n'est représentée, du Mexique à l'Orégon, que par ses étages supérieurs. Les fossiles y sont très-répandus, aussi bien que dans la partie nord de la Sierra-Nevada de Californie, et, des 260 espèces étudiées par M. Gabb [1], une seule se retrouverait dans les régions de l'Atlantique; toutes les autres, appartenant au pays, sont réparties dans deux assises qui n'en ont encore entre elles que 12 de communes.

Les fossiles caractéristiques d'une de ces régions de l'Amérique du Nord ne le sont plus dans une autre; les subdivisions en hauteurs ne se correspondent pas mieux, et l'on ne voit pas clairement ce qui distingue les couches crétacées anciennes (*earlier cretaceous* des auteurs américains) des récentes (*later cretaceous*). En un mot, du Texas à l'île de Vancouver, sur le Pacifique, et au New-Jersey, sur l'Atlantique, nous n'apercevons aucun repère, aucun horizon comparables à ceux que nous avons vus dans l'ancien continent. Nous remarquerons encore que les rudistes ne s'observent que

1. *Geological Survey of California*, vol. II, *Palæontology*, 1866. Ce sont : 1 Callianasse, 1 Bélemnite, 1 Nautile, 1 *Aturia*, 13 Ammonites, 1 Hamite, 3 *Helicoceras*, 1 Turrilite, 2 *Ptychoceras*, 3 *Crioceras*, 2 Baculites, 1 *Ancyloceras*, 117 gastéropodes, 115 acéphales, dont l'*Ostrea vesicularis*, quelques polypiers. 50 autres espèces ont été recueillies depuis.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dans la région méridionale de l'Alabama, du Texas et à la Jamaïque, sans s'étendre plus au nord [1] et remontent par conséquent moins haut qu'en Europe.

Amérique du Sud. — Nous avons fait voir que, d'après les recherches de M. H. Karsten, confirmées depuis par celles de M. Wall, on pouvait présumer que l'étage inférieur de la craie tuffeau, le gault et une partie du groupe néocomien étaient représentés dans le Venezuela, particulièrement dans les cordillères de Mérida et de Truxillo [2]. Tous les calcaires crétacés des chaînes de ce pays, comme ceux du même âge, que l'on suit jusqu'au Chili, sont d'ailleurs entièrement noirs, bitumineux et semblables à ceux des grandes montagnes de l'Europe. Quant aux résultats généraux des observations de MM. Boussingault, Lewy et Cornette dans la Nouvelle-Grenade, dont Alc. d'Orbigny a décrit les fossiles, de Tschudi au Pérou, de Gardner et d'autres voyageurs au Brésil, de MM. Darwin et Domeyko au Chili, régions dont les fossiles ont été étudiés par L. de Buch, Alc. d'Orbigny, Ed. Forbes, MM. Bayle, Coquand, etc., on peut dire qu'ils concordent, ainsi que nous nous sommes attaché à le démontrer, avec ce que nous venons de rappeler dans les chaînes qui bordent les côtes méridionales du golfe du Mexique [3].

Australie. — Nous avons aussi rappelé l'existence probable de couches crétacées supérieures à la Nouvelle-Zélande [4], où M. J. Haast en a mentionné recouvrant les dépôts charbonneux de la province de Nelson, et, depuis lors, les recherches incessantes des géologues en ont signalé à la Nouvelle-Hollande, mais d'une manière moins précise [5].

Répartition générale dans les deux hémisphères. — Pour termi-

1. *Histoire des progrès de la géologie,* vol. V, p. 532. 1853.
2. *Ibid.,* p. 536, 587, 591.
3. Voy. aussi, pour quelques considérations sur la faune et la flore de cette période dans l'Amérique du Nord, J. Dana, *Manual of geology,* p. 467. 1862.
4. *Loc. cit.,* p. 591.
5. Gregory, *Quart. Journ. geol. soc. of London,* vol. XVII, p. 475. 1861. — W.-B. Clarke, *Recent geol. discoveries in Australasia,* Sydney, 1861.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ner ce coup d'œil sur les dépôts de la période crétacée, nous rappellerons en quelques mots leur distribution générale à la surface des continents et des îles.

En Europe, la craie ne dépasse pas au nord le 57e degré de latitude près de Thistedt, dans le Jutland septentrional, et sa limite s'abaisse au S.-E., à travers la Russie, jusque vers la pointe sud de l'Oural. Dans l'Amérique du Nord, sur la côte orientale des États-Unis, cette limite ne dépasse pas le 40°, et par conséquent reste à 17 degrés plus au sud que de ce côté de l'Atlantique, tandis qu'à l'ouest des montagnes Rocheuses, le long du Pacifique, elle remonte aussi haut qu'en Europe. Ainsi les couches de cet âge s'étendent beaucoup moins vers le N. que celles de la période jurassique et d'autres plus anciennes, et leur limite semble indiquer déjà une certaine relation avec les courbes isothermes de nos jours.

Dans l'hémisphère sud la forme des continents qui se terminent en pointe vers le pôle austral rend la limite de ces dépôts facile à tracer. Nous les avons indiqués à l'extrémité sud de l'Afrique, par 34° de latitude ; ils existent à la Nouvelle-Zélande et en Australie par 43°, et par 56° ils forment les escarpements de la partie sud-ouest de la Terre-de-Feu, s'approchant ainsi du pôle austral à la même distance que du pôle opposé.

Si dans l'un et dans l'autre hémisphère, et même dans le Nouveau-Monde considéré isolément, les dépôts crétacés s'étendent presque également des deux côtés de la zone équatoriale, il s'en faut de beaucoup que sous les zones tempérées des deux Amériques ces dépôts soient absolument contemporains, présentent les mêmes caractères et affectent la même disposition par rapport à cette longue ride montagneuse qui, sous les noms de chaînes des Andes et de montagnes Rocheuses, s'étend du 57e degré de lat. N. au 57e degré de latitude S.

En effet, dans l'Amérique du Nord, nous venons de dire que tous les dépôts, excepté le long du Pacifique, étaient hori-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

zontaux, meubles pour la plupart, sableux, argileux ou marneux et de teintes claires ou verdâtres. Tous, d'après leurs fossiles, seraient plus récents que l'horizon du gault de l'Europe et sont placés des deux côtés des montagnes Rocheuses. Dans l'Amérique méridionale, au contraire, les couches sont partout disloquées, redressées jusqu'à de très-grandes hauteurs, dures, solides, de teintes noires ou foncées. La plus grande partie semble être antérieure à ce même horizon du gault et placée sur le versant occidental des Andes, dont le soulèvement a eu lieu depuis. Dans le Mexique central et peut-être dans la chaîne de Venezuela, c'est-à-dire entre les deux grandes portions continentales de l'Amérique où précisément les montagnes s'écartent le plus de l'alignement général, les calcaires crétacés semblent appartenir à une période intermédiaire, par exemple, à la base du groupe de la craie tuffeau avec quelques couches plus élevées, comme si cette région, dans sa disposition oblique, représentait une sorte de charnière, au sud de laquelle le sol se serait élevé après les dépôts crétacés anciens, pendant qu'il s'abaissait au nord pour recevoir les dépôts crétacés récents.

Enfin le tableau que nous avons dressé de la répartition géographique des 4 groupes crétacés et de leurs étages dans 72 régions naturelles tracées à la surface de la terre, depuis l'Irlande jusqu'en Australie[1], fait voir que la plus constante des quatre divisions principales est la *seconde*. Le *groupe de la craie tuffeau*, tel que nous l'avons caractérisé dans l'ouest et le centre de l'Europe, est, en effet, représenté dans 65 de ces régions. Le groupe de la craie blanche n'est bien caractérisé que dans 38 ou 39, le groupe néocomien dans 32, et celui du gault dans 13 seulement, c'est-à-dire dans l'Europe occidentale et peut-être sur les limites de la Nouvelle-Grenade et de Venezuela, dans le bassin du Magdalena[2].

1. *Loc. cit.*, p. 610 bis.

2. Voy. pour plus de détails, *Hist. des progrès de la géologie*, vol. V, p. 603-610. 1853.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE VII.

TERRAIN TERTIAIRE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES ET CLASSIFICATION.

Le terrain tertiaire comprend toutes les roches sédimentaires ou ignées, qui se sont déposées ou sont arrivées au jour, entre la fin de la période crétacée et les premiers phénomènes quaternaires, tels que nous les définirons plus loin. Pendant cette époque la moitié à peu près de la surface actuelle des continents et des îles était sous les eaux, et nous n'avons aucune preuve directe, que des portions aujourd'hui submergées fussent alors au-dessus du niveau des mers. Depuis l'origine des choses, telle que nous avons essayé de nous la représenter au commencement de ce livre, l'étendue des terres émergées s'était graduellement accrue et le domaine des eaux superficielles avait successivement diminué. Une des conséquences de cette extension progressive des terres a été le développement des animaux organisés pour respirer l'air en nature, pour vivre loin des grandes masses d'eau, et dont on voit le nombre des espèces, la variété des types et les dimensions augmenter à mesure que s'accroissait le sol qu'ils devaient peupler, et que les conditions nécessaires à leur existence leur devenaient plus favorables.

Outre cette extension des terres émergées, le relief de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

celles qui l'étaient auparavant devenait plus prononcé et plus accidenté. Les chaînes de montagnes dont l'emplacement était jalonné depuis longtemps avaient pris des formes de plus en plus accusées par suite de soulèvements répétés, et les dépressions, malgré de nombreuses oscillations locales, s'étaient trouvées plus nettement limitées.

Aussi les dépôts tertiaires, envisagés dans leur généralité, se coordonnent-ils à ces reliefs mieux que les précédents et occupent-ils aujourd'hui les grandes vallées ou les bassins ouverts que parcourent les fleuves. Il n'y a que ceux qui ont été compris dans les régions particulières, de tout temps soumises aux effets des mouvements de l'écorce terrestre, qui échappent à cette loi. Ces dépôts entourent aussi les bassins des mers intérieures et s'étendent sur les parties littorales des continents, dans les anfractuosités desquelles ils occupent des espaces plus ou moins circonscrits, représentant ainsi les golfes et les baies des mers anciennes.

Les sédiments lacustres ou d'eau douce, très-restreints au voisinage des mers dans les époques antérieures, prennent également, par suite de la plus grande étendue des terres, une importance qu'ils n'avaient jamais eue. Ils montrent en outre, sur une grande échelle, des caractères pétrographiques presque inconnus auparavant. Ce sont de puissantes assises de travertin, de tufs calcaires ou calcaréo-siliceux, souvent accompagnés de gypse, qui dénotent une origine essentiellement distincte de celle des dépôts marneux, argileux, arénacés ou caillouteux exclusivement sédimentaires.

L'ensemble du terrain tertiaire a été divisé depuis longtemps en *trois formations : supérieure, moyenne* et *inférieure*, de valeur ou d'importance fort inégale, la plus ancienne étant celle qui embrasse de beaucoup la période la plus longue. Chacune d'elles a ensuite été divisée en groupes, étages et sous-étages, plus ou moins nombreux, suivant les pays et les besoins de la description. Quoique l'étude de ces dépôts ait été poussée très-loin dans certaines régions et que

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

les faits accumulés sur ce sujet soient plus nombreux que pour les autres terrains, les divisions précédentes ne sont pas toujours assez nettement séparées pour faire l'objet de descriptions particulières dans un livre comme celui-ci.

En outre, l'extrême variabilité des dépôts d'un point à un autre, la localisation plus prononcée des faunes et des flores, nous obligeront à des indications relativement beaucoup plus succinctes encore que ci-dessus, et à substituer souvent des tableaux synoptiques, résumant la composition des bassins, à des descriptions qui, quelque sommaires qu'elles soient, nous entraîneraient cependant trop loin. Nous considérerons donc ces dépôts en nous conformant à leur distribution géographique ou par bassins hydrographiques.

§ 1. ANGLETERRE, BELGIQUE ET NORD DE LA FRANCE.

Généralités. — On a vu que c'était dans la partie occidentale de l'Europe, dans le nord de la France et le sud-est de l'Angleterre, qu'avait pris naissance la véritable théorie du terrain tertiaire pendant les vingt premières années de ce siècle; c'est donc par cette région qu'il est naturel de commencer son étude.

Relativement à leur distribution générale, les dépôts qui le constituent sont placés des deux côtés de l'axe ou bombement crétacé, dont nous avons déjà parlé sous le nom d'*axe de l'Artois*, dirigé de l'ouest des Ardennes à Warminster (Wiltshire). Sur le continent cet axe, peu sensible à l'œil, forme la ligne de partage des eaux qui se rendent dans la mer du Nord et de celles qui se jettent dans la Manche; il a donné lieu aux dénominations de *bassin tertiaire de la Seine* et de *bassin tertiaire de la Belgique*. En Angleterre, où il est plus prononcé, il forme aussi la ligne de partage des eaux qui descendent vers la Tamise et de celles qui se rendent directe-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ment à la mer, servant de même à distinguer ce que l'on a appelé le *bassin de la Tamise* et le *bassin du Hampshire* ou de l'*île de Wight*.

A cette première division naturelle l'interruption formée par le détroit en ajoute une autre, en séparant le bassin du Hampshire de celui de la Seine, comme celui de la Tamise de celui de la Belgique. Il y a ainsi *quatre régions* dont l'examen très-détaillé, poursuivi depuis longtemps sans interruption, a fait connaître des richesses paléontologiques encore loin d'être épuisées sans doute et qui, en leur donnant un intérêt particulier, les font prendre aussi fréquemment comme termes de comparaison.

De part et d'autre de l'axe de l'Artois, sur le continent comme en Angleterre, les divers groupes tertiaires s'abaissent en sens inverse. Ceux de la Belgique disparaissent au nord sous les alluvions de la Hollande ; en France, à la disposition opposée se joignent les circonstances particulières déjà mentionnées (*anté*, p. 184).

Des caractères d'un autre ordre viennent se rattacher à ces premières dispositions générales. Si l'on considère, en effet, les dépôts d'après leur origine, on reconnaît qu'au nord, en Belgique comme dans le bassin de la Tamise, tous sont marins ou à peine fluvio-marins sur quelques points et sur une très-faible épaisseur. Il n'y a pas de dépôts lacustres proprement dits. Au sud au contraire, dans le Hampshire, l'île de Wight, et plus particulièrement dans le bassin de la Seine, les sédiments d'eau douce les mieux caractérisés alternent plusieurs fois et sur une grande hauteur avec des couches exclusivement marines. On a donc ainsi la preuve de différences essentielles dans les conditions physiques où ces diverses surfaces se sont trouvées, conditions qui ont dû réagir sur les animaux qui les habitaient. Les faunes du sud nous présentent en effet des types d'animaux d'eau douce qui manquent au nord, et en outre de nombreux mammifères terrestres, qui vivaient non loin des lacs, entourés d'une abondante végéta-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tion qui fournissait à leur nourriture; ainsi les caractères physiques des dépôts et leur origine distincte permettaient de prévoir des différences organiques que les faits sont venus démontrer.

En faisant abstraction des dépôts marins et fluvio-marins du crag du Suffolk et du Norfolk d'une part, et de ceux de la province d'Anvers de l'autre, lesquels n'ont guère de représentants au sud qu'un faible rudiment dans le Cotentin, on trouve que, dans le bassin de la Tamise comme dans celui du Hampshire, les dépôts sont particulièrement argileux, sableux, puis caillouteux à certains niveaux. Dans celui de la Belgique ou de Bruxelles ils sont calcaréo-sableux, sauf les argiles de Boom et une assise inférieure assimilée à l'argile de Londres; mais dans ces trois circonscriptions géographiques les caractères des roches sableuses, argileuses ou calcaires, sont généralement mal définis, ou ne se suivent pas sur des étendues un peu considérables. Il en est tout autrement dans le bassin de la Seine; non-seulement les dépôts marins et lacustres, sauf de petites alternances locales, y présentent des caractères bien tranchés en rapport avec leur origine et parfaitement continus sur de grands espaces, mais encore les uns et les autres conservent partout leurs caractères de calcaire marin, de grès, de sable siliceux blanc pur, ferrugineux, verdâtre ou glauconieux, de calcaire et de marnes lacustres, de calcaire siliceux également d'eau douce, d'argile bleue, grise ou verte, etc., toujours comparables sur les points les plus distants.

Maintenant de même qu'au nord du bassin de la Belgique et de celui de la Tamise les dépôts marins désignés sous le nom local de *crag* ont succédé, mais non immédiatement, aux sédiments également marins de l'argile de Londres et à ceux plus récents de Boom, du Limbourg, etc., de même au sud du bassin de la Seine, dans celui de la Loire et en Bretagne, les dépôts marins que nous connaissons déjà sous le nom de *faluns* se sont accumulés dans des dépressions du calcaire

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

lacustre supérieur ou de roches plus anciennes, sans offrir une ressemblance paléontologique bien prononcée avec le crag du nord. Il semble donc qu'il y ait toujours eu au sud, pendant l'époque tertiaire, des alternances de dépôts marins et d'eau douce, tandis qu'au nord il faut se rapprocher dans le temps jusqu'aux sédiments quaternaires pour en trouver qui, comme dans l'est de l'Angleterre, soient exclusivement lacustres.

Ces résultats démontrent ainsi qu'au sud de l'axe de l'Artois, comme de celui de Weald, il y a eu des oscillations en quelque sorte périodiques du fond de la mer, qui tantôt l'élevaient au-dessus de son niveau général, tantôt l'abaissaient au-dessous, avec des amplitudes certainement considérables, comme on peut en juger par la profondeur du lac où se déposait par exemple le calcaire lacustre moyen du bassin de la Seine, avec ses marnes et ses gypses. Au nord de ces mêmes lignes les oscillations n'ont jamais occasionné de pareils changements et sans doute n'étaient pas assez prononcées pour émerger complétement le fond de la mer.

En considérant ainsi les dépôts tertiaires compris géographiquement entre la Loire et la Hollande d'une part, la ceinture crétacée de la Champagne et celle du Wiltshire de l'autre, on remarque une diversité telle dans l'origine des sédiments, dans leur nature minéralogique, dans leur état, dans leur développement, soit en épaisseur, soit en surface, que leur parallélisme de détail devient impossible à établir lorsqu'on veut aller au delà des principales divisions dont le synchronisme même est souvent douteux.

Si l'on compare en effet deux profils géologiques pris de chaque côté de ces solutions de continuité, on verra dans l'un des dépôts marins se succéder sans interruption, quant à leur origine, tandis qu'ils alterneront dans l'autre avec des dépôts lacustres un plus ou moins grand nombre de fois. Par suite, dans le premier tous les animaux des diverses assises sont marins, dans le second ils sont alternativement marins et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'eau douce ou même terrestres. Ici leurs modifications dans un même milieu ont été graduelles et normales, là dans des milieux différents elles ont été interrompues et soumises à des causes étrangères. Par conséquent la comparaison entre la série marine continue d'une part avec la série discontinue de l'autre ne peut donner de résultats, et cela d'autant moins que les limites naturelles ou les anciens bords respectifs de ces bassins, golfes et lacs, successifs ou contemporains, n'existent plus ou sont masqués par des dépôts plus récents.

Nous n'essayerons donc pas de reproduire ce que nous avons essayé nous-même à deux reprises et ce que d'autres géologues ont également tenté, savoir : un *tableau général* dans lequel seraient mises en regard les divisions de ces quatre petites régions, et, ne pouvant non plus d'un autre côté les décrire avec des détails suffisants, nous donnerons un *tableau particulier* de la composition de chacune d'elles. Jusqu'ici la classe des mammifères terrestres n'avait joué qu'un rôle insignifiant dans la nature; mais avec l'époque tertiaire sa suprématie se révèle; aussi mentionnerons-nous dans chaque division les principales espèces qui y ont été rencontrées et quelques fossiles des autres classes propres à les caractériser.

Angleterre. — *Bassin de la Tamise.* Les dépôts tertiaires de l'est de l'Angleterre s'étendent dans le bassin inférieur de la Tamise, depuis les environs d'Hungerford (Berkshire) jusqu'à son embouchure, et se prolongent au nord, dans le Suffolk et le Norfolk où ils sont recouverts par les dépôts quaternaires de telle sorte que leur ensemble, depuis les sédiments actuels jusqu'à la craie blanche, qui partout forme le fond du bassin, peut être représenté par le tableau théorique suivant[1].

1. Ce tableau est théorique parce que chaque terme n'existe point partout et que *nulle* part on n'en n'observe la série complète. Les trois groupes inférieurs sont les seuls qui se succèdent régulièrement.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

SÉRIES QUATERNAIRE ET TERTIAIRE DE L'EST DE L'ANGLETERRE.

TERRAIN QUATERNAIRE.

1. Dépôt de transport superficiel, argileux, sableux, caillouteux, sans fossiles (*drift*.).
2. Dépôts lacustres avec coquilles fluviatiles et terrestres, presque toutes vivantes, de grands mammifères éteints (Éléphant, Rhinocéros, Hippopotame, Ours et Hyènes des cavernes, *Felis*, grand Cerf d'Irlande et silex taillés) et reposant dans les dépressions de 1°.
3. Argile avec blocs (1re période glaciaire).

TERRAIN TERTIAIRE.

FORMATION SUPÉRIEURE.

1. Crag supérieur ou dépôts fluvio-marins du Norfolk et de la côte nord-est du Suffolk (*Mastodon arvernensis, Elephas meridionalis, E. antiquus, Rhinoceros leptorhinus, Hippopotamus major*, Cerf, Bison, Daim).
2. Crag moyen ou rouge avec *Mastodon arvernensis* et ossements d'autres mammifères de gisements incertains ; os tympaniques de Baleine.

FORMATION MOYENNE. — Crag inférieur, blanc ou à bryozoaires.

FORMATION INFÉRIEURE.

1. Sables de Bagshot.
2. Argile de Londres. (*London clay*).
   - *a*. Ile Sheppey. — 2 oiseaux, 19 reptiles, dont 7 tortues marines, 8 Émydes, 1 Trionyx, 3 crocodiliens, 1 serpent; 92 poissons appartenant à 58 genres; fruits de palmiers très-nombreux (*Nipadites*). (Faune et flore tropicales.)
   - *b*. Assise d'Highgate, au nord de Londres (poissons).
   - *c*. *Id*. de Chalk-farm et de Primerose - Hill. *Ibid*. (oiseaux, Trionyx, poissons indéterminés.)
   - *d*. Falaises d'Harwich. — *Coryphodon eocœnus, Hyotherium leporinum*; à Kyson, *Hyracotherium cuniculus*, Chéiroptère, Marsupiaux.
3. Couches de Woolwich (*plastic clay*). — Argilo-sableuses, marines et fluvio-marines. (*Coryphodon, Ostrea bellovacina, Cyrena cuneiformis, C. deperdita, Melanopsis buccinoidea, Cerithium variabile, Melania inquinata*). Faune et flore tempérées.
4. Sables de Thanet et *glauconie inférieure*. — Fossiles communs à l'assise précédente : *Cucullæa crassatina, Sanguinolaria Edwardsii, Corbula rugulbienne, Cyrena Morrisii, Cytherea bellovacina*; espèces propres: *Panopæa granulata, Pecten Prestwitchi, Pholadomya canalis, P. Koninckii, Scalaria Bowerbanki, Trophon subnodosus, Leda substriata*. Faune rudimentaire très-pauvre.

TERRAIN SECONDAIRE. — Craie blanche.

Bassin du Hampshire et de l'île de Wight. La série tertiaire du Hampshire et du Sussex, qui appartient presque tout entière à la formation inférieure comme celle de la vallée de la Tamise proprement dite, en diffère néanmoins à beaucoup d'égards. Sa classification a de même été profondément modifiée dans ces derniers temps par les études d'Ed. Forbes et de M. J. Prestwich.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

SÉRIE TERTIAIRE DU SUD DE L'ANGLETERRE.

	GROUPES.	ÉTAGES.	ASSISES OU SOUS-ÉTAGES.	Épaisseur.
FORMATION MOYENNE.	1. d'Hempstead		*a.* Couche à Corbules	4m 50
			b. Id. d'eau douce supérieure	12
			c. Id. moyenne	15
			d. Id. inférieure (*Hyopotamus bovinus* et *vectensis*)	20
FORMATION INFÉRIEURE.	1. de Bembridge	1.	*a.* Marnes supérieures avec Mélanies *b.* Id. inférieures avec Cérites et Cyrènes *c.* Id. avec Huitres	27m 50
			d. Calcaire, marne et argile d'eau douce. (*Palæotherium magnum, medium, crassum, minus* (*Paloplotherium* ou *Plagiolophus*), *minimum, curtum; Anoplotherium commune, secundarium; Dichobune cervinum; Cheropotamus Cuvieri.*)	7m 50
		2. d'Osborne.	*e.* Sables de Sainte-Hélène	15
			f. Grès de Nettlestone	6
	2. d'Headon		*a.* Assise d'eau douce supérieure	26
			b. Id. marine	15
			c. Id. d'eau douce inférieure	21
			Dans la falaise d'Hordwell, cette assise, de 30m d'épaisseur, est divisée en 17 couches renfermant toutes des restes de vertébrés, dont la détermination peut laisser quelques doutes. *Palæotherium? Paloplotherium annectens, Dichodon cuspidatus, Anoplotherium, Anthracotherium? Dichobune, Lophiodon minutus, Microchœrus erinaceus, Spalacodon, Hyœnodon;* 12 espèces de reptiles, dont 2 sauriens, 10 chéloniens, 2 ophidiens; 17 espèces de poissons.	
			Épaisseur de la série lacustre	150 à 170m
	3. de Bagshot		1. Sables d'Headon (Bagshot supérieur)	60
			2. De Barton (*Nummulites variolaria*)	91
			3. De Bracklesham (*Nummulites lævigata* var., *Venericardia planicosta, Turritella sulcifera, Cerithium giganteum*, etc.	33
			4. Sables inférieurs de Bagshot	200
	4. Argile de Londres (*London clay*)			60 à 100
	5. Couches de Woolwich et de Reading (*plastic clay*)			42
			Épaisseur totale	636 à 696m

TERRAIN SECONDAIRE. — Craie blanche.

En comparant les deux tableaux précédents, on sera frappé des différences profondes qu'ils présentent dans la succession des dépôts et sans qu'il soit nécessaire de repro-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

duire les listes de fossiles de chacun d'eux. La grande lacune qui, dans le bassin de la Tamise, existe entre le groupe de Bagshot et le crag blanc, laquelle n'est qu'un accident local, doit être représentée dans celui du Hampshire, où la série des dépôts est continue, au moins par les deux groupes lacustres d'Headon et de Bembridge. Enfin nous avons également la preuve que la température du pays, encore assez élevée pendant que vivait la faune des couches de Bracklesham, a dû s'abaisser ensuite, pour n'être plus, lorsque vivait celle des couches d'Hempstead, très-éloignée du climat actuel. La flore, composée de *Sequoia*, de *Nymphæa*, de *Nelumbium*, etc., doit probablement aussi faire placer ce dernier groupe à la base de la formation tertiaire moyenne.

Bassin de la Belgique. — Des lambeaux isolés des couches tertiaires les plus basses, épars çà et là, à la surface de la craie ou de roches plus anciennes des deux côtés de l'axe de l'Artois, prouvent les relations des premiers dépôts de la Belgique et des Flandres avec ceux du bassin de la Seine, comme il en existait vers le même temps entre le bassin de la Tamise et celui du Hampshire. Par suite de cette disposition, les assises de la Belgique sont rangées du S. au N., suivant leur ordre d'ancienneté, formant des bandes irrégulières, dirigées généralement de l'O. à l'E., les plus anciennes longeant l'axe même de l'Artois, les plus récentes disparaissant au nord sous les alluvions modernes ou les dépôts quaternaires des Pays-Bas. Les sondages exécutés à Ostende, à Gorchum, à Utrecht et à Amsterdam, quoique descendus à 180 mètres au-dessous du niveau de la mer, ont à peine atteint les assises les moins anciennes. Le tableau suivant est destiné à représenter l'ordre de superposition des dépôts tertiaires de la Belgique.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

SÉRIE TERTIAIRE DE LA BELGIQUE ET DES FLANDRES.

TERRAIN QUATERNAIRE...			Alluvion ancienne des plateaux. Sables des plateaux et cailloux roulés des vallées.
TERRAIN TERTIAIRE.	FORMATION SUPÉRIEURE?	Crag d'Anvers	jaune, gris, noir.	*Palæophoca Nystii; Delphinus waisensis, Lannoyi; Plesiocetus Hupkii, Burtini, Garopii; Hoplocetus crassidens, Diplodon Becani, d'Hemixen, Chonesiphius planirostris, Squalodon antwerpensis* (dans les sables noirs).
		Sables de Diest.		
		Sables du Bolderberg.		
	FORM. MOY.	Argiles de Boom.		
		Argiles et sables coquilliers du Limbourg.		
	FORMATION INFÉRIEURE.	Sables de Laeken (*Nummulites variolaria*).		
		Grès calcarifères et calcaires sableux de Bruxelles (*N. lævigata*).		
		Sables divers et couches à *N. planulata*.		
		Argile brune (prolongement de l'argile de Londres).		
		Glauconie inférieure [1].		
TERRAIN SECONDAIRE ou plus ancien.		Craie supérieure de Maëstricht, de Folx-les-Caves et de Ciply.		

Bassins de la Seine et de la Loire. — Ce que nous avons dit du bassin tertiaire de la Seine, en traitant de l'histoire de la science (*antè*, p. 174-201), et les généralités placées en tête de ce chapitre peuvent déjà donner une idée de l'intérêt de son étude et de ses principaux caractères. Les recherches de détails stratigraphiques et paléontologiques, continuées avec persévérance par des observateurs zélés dont la liste serait trop longue pour trouver place ici [2], ont fait introduire aussi

1. Un calcaire marin, rencontré près de Mons, au-dessous de la glauconie inférieure, dans les excavations de deux puits, a présenté beaucoup de fossiles dont un certain nombre ont été jugés identiques avec des espèces du calcaire grossier du bassin de la Seine et de l'horizon correspondant des calcaires sableux de Bruxelles. On remarquera que, d'après la *Notice* et les coupes fort bien faites de MM. Cornet et Briart, le seul de ces puits qui ait traversé toute la couche a pénétré dans la craie blanche sans avoir rencontré la craie supérieure de Ciply qui en est si voisine. Il semble donc prudent d'attendre une connaissance plus complète du gisement et des espèces de coquilles pour se prononcer sur l'âge de ce calcaire.

2. Nous renverrons à cet égard le lecteur au vol. II de l'*Histoire des progrès de la géologie*, et surtout à la *Carte géologique des environs de Paris*, que vient de publier M. Éd. Collomb, et qui peut suppléer à tout ce qui a été fait précédemment sur ce sujet.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des sous-divisions utiles dans cet ensemble de dépôts, rectifier certaines erreurs et compléter la description de certaines parties. Le tableau ci-contre présente la succession des assises qui se sont formées dans ce bassin, et nous y avons compris celles du bassin de la Loire. On peut en effet reconnaître sur certains points de ce dernier, et indépendamment des couches qui lui sont propres, plusieurs dépôts contemporains de ceux du bassin de la Seine, prouvant entre les deux régions et à certains moments l'existence de communications plus ou moins directes.

Les points les plus élevés des dépôts tertiaires en deçà de l'axe de l'Artois forment une crête discontinue, qui de Verzy à l'extrémité orientale de la montagne de Reims où elle atteint son maximum d'altitude, 280 mètres, se dirige à l'O.-N.-O. par la forêt de Villers-Cotterets et celle de Hallate, se maintenant à 255, 240 et 220 mètres. La ligne de partage des bassins de la Seine et de la Loire, insensibles à l'œil, entre le canal de Briare et la Loupe où elle ne dépasse pas 150 mètres, atteint dans son prolongement nord-ouest 321 mètres au signal de Champ-Haut (Orne). Dans la Normandie, la Picardie, l'Artois et la Flandre se montrent seulement des lambeaux de la formation tertiaire inférieure, tandis que dans le Perche, le Maine, la Bretagne, l'Anjou, la Touraine et l'Orléanais dominent les dépôts de la formation moyenne.

Rappelons en quelques mots les principaux caractères de ces couches.

SÉRIES QUATERNAIRE ET TERTIAIRE DES BASSINS DE LA SEINE ET DE LA LOIRE.

GROUPES.	ÉTAGES.	Mètres.
TERRAIN QUATERNAIRE.	Alluvion ancienne des plateaux et sable rouge caillouteux. Sables, cailloux roulés et blocs erratiques des vallées. (*Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Hippopotamus major, Bos primigenius, moschatus (Ovibos), longifrons, Aurochs, Equus adamiticus, Cervus megaceros, tarandus* (Renne), *Ursus spelæus, Hyæna spelæa, Felis spelæa,* rongeurs et insectivores nombreux dans les fentes et les cavernes.....	8

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

GROUPES.	ÉTAGES.		Mètres.
TERRAIN TERTIAIRE.	FORMATION SUPÉRIEURE.		Sables de Saint-Prest (Eure-et-Loir). (*Elephas meridionalis, Rhinoceros leptorhinus, Hippopotamus major*, 4 espèces de Cerfs, Bœuf, Cheval, *Conodonte* (grand castorin). Gisement anormal.	
	FORMATION MOYENNE.	1.	1. Faluns du bassin de la Loire. *Pliopithecus* (de Sansan), *Dinotherium Cuvieri, bavaricum, Mastodon turicensis, angustidens, pyrenaicus, Rhinoceros brachyurus, minutus, Anchitherium aurelianense, Anisodon aurelianensis, Sus belsiacus, Dicrocerus, Hyæmoschus crassus, Antilope clavata, Halitherium fossile*.....	4
			2. Sables et graviers de l'Orléanais. *Amphicyon giganteus, major, Viverra zibeloides, Castor subpyrenaicus, Dinotherium Cuvieri, bavaricum, Mastodon angustidens, pyrenaicus, Rhinoceros brachypus, minutus? aurelianensis, Anchitherium aurelianense, magnum? onoideum, Palæocherus typus, Chœrotherium* (*Chœromorus*), *Amphitragulus, Crocodilus, Trionyx, Testudo*.....	15
		2. Calcaires lacustres supérieurs.	1. Calcaire à Hélix. *Lagomys, Mastodon angustidens, Rhinoceros, Anchitherium aurelianense, sus belsiacus, Lockharti, Hyæmoscus crassus*.....	15 à
			2. Argiles et meulières.....	20
			3. Calcaires et marnes.....	
		3. Grès et Sables sup.	1. Grès de Fontainebleau.....	40
			2. Sables et lits de coquilles.....	à
			3. Marnes marines.....	55
		1. Calcaires lacustres moyens.	1. Argiles et meulières.....	2
			2. Marnes et calcaires avec silice disséminée ou en rognons.....	à 10
			3. Marnes vertes, etc.	
			4. Gypse et marnes gypseuses (divisés en 3 masses). *Palæotherium medium, crassum, latum, curtum, magnum, Paloplotherium minus, Anoplotherium commune, secundarium, Aphelotherium Duvernoyi, Xyphodon gracile, Dichobune leporinum, murinum, obliquum, Adapis parisiensis, Cheropotamus parisiensis, Anchilopus Desmaresti, Sciurus, Myoxus Cuvieri, Canis parisiensis, Viverra parisiensis, Vespertilio parisiensis, Hyæno don parisiensis, Pterodon parisiensis, Didelphis Cuvieri, D. Lauriliardi*.....	30
			5. Marnes marines (*Pholadomya ludensis*).....	10
			6. Marnes et calcaires d'eau douce.....	20
	FORMATION INFÉRIEURE.	2. Grès et Sab. moyens.	1. Calcaire marin.....	
			2. Grès. (*Nummulites variolaria.*).....	20
			3. Sables.....	
		3. Calcaire grossier.	1. Marnes d'eau douce.	
			2. Calcaire grossier supérieur. (*Lophiodon parisiense.*) *L.* indét., *Pachinolophus Duvalii, Prevosti, Dichobune Robertianum, suillum, Paloplotherium codiciense*..... Gisement anormal d'Argenton (Indre). (*Lophiodon médium, minutum, minimum, parvulum, Propalœotherium argentonicum, Dichobune.*)	10
			3. Calcaire grossier moyen. (*Cerithium giganteum*).....	10
			4. Calcaire grossier inférieur et glauconie grossière. (*Nummulites lævigata* et *scabra.*).....	6
		4. Sables inférieurs.	1. Glaises, sables glauconieux, etc.....	8
			2. Lits coquilliers. (*Neritina Schmideliana, Nummulites planulata*).....	6
			3. Sables divers (glauconie moyenne.) *Ostrea raritamella*, var. *minor, Pecturculus polymorphus*).....	40
			4. Grès, poudingues, glaises, bancs d'Huîtres, de Cérites, Cyrènes, Mélanies et *Melanopsis;* lignites et calcaires lacustres, argile plastique, etc. (*Coryphodon eocœnus, Viverra gigantea* (*Paleonictis*), *Trionyx vittatus*.....	15
			5. Calcaire lacustre inférieur.....	4
			6. Glauconie inférieure. (*Arctocyon primœvus*); conglomérat (*Coryphodon Owenii*), et peut-être d'autres mammifères, oiseau (*Gastornis parisiensis*). Argile.....	8

TERRAIN SECONDAIRE. — Calcaire pisolithique et craie blanche.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Le groupe des *sables inférieurs* offre dans sa hauteur cinq horizons paléontologiques dont les caractères se rapprochent d'autant plus de ceux de la faune du calcaire grossier qu'ils sont plus récents. Trois de ces horizons ou de ces faunes sont exclusivement marins, un est d'origine mixte ou d'eau saumâtre avec quelques alternances d'eau douce, un est exclusivement lacustre et terrestre. La rareté ou l'absence des céphalopodes, des brachiopodes, des échinodermes, des bryozoaires, des polypiers, et souvent des rhizopodes dans la plupart de ces faunes, est une circonstance digne de remarque.

Le *calcaire grossier* est le mieux caractérisé des groupes du bassin de la Seine, et ses quatre étages, toujours bien distincts aussi, sont reliés par des espèces communes. Dans l'inférieur dominent des roches arénacées ou calcaires à grains verts, avec des Nummulites, certains polypiers, échinides et dents de poissons. La faune malacologique du calcaire grossier est la plus riche, non-seulement du bassin, mais à épaisseur égale, de toutes les assises tertiaires explorées jusqu'à présent. Partout les restes de mollusques y sont en prodigieuse quantité, soit parfaitement conservés lorsque la roche est meuble ou peu solide (Courtagnon, Montmirail, Damery, Grignon, Chaumont, Parnes, etc.), soit à l'état de moules et d'empreintes lorsqu'elle est solide et constitue la pierre d'appareil et le moellon de tous nos édifices. Ses nombreux bancs ont chacun des qualités particulières; l'un d'eux est caractérisé surtout par la présence d'un énorme Cérite (*C. giganteum*), d'autres sont presque exclusivement composés de coquilles microscopiques (Miliolites et autres petits rhizopodes).

C'est avec la faune du calcaire grossier moyen que celle de Braklesham, sur la côte du Sussex, et celle des couches de Bruxelles, ont le plus d'analogie, et c'est probablement vers ce temps que la mer envahit un instant le petit golfe du Cotentin et que se déposaient les couches de quelques localités, aujourd'hui isolées, de la Loire-Inférieure, de la Vendée, etc. Dans le calcaire grossier supérieur une faune

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de mammifères terrestres, de mollusques d'eau saumâtre, et parfois d'eau douce, accompagnés de plantes nombreuses, vient en quelque sorte préluder à celle beaucoup plus riche du gypse.

Les *sables et grès moyens* montrent, comme les inférieurs et les supérieurs, plusieurs niveaux de fossiles assez différents, mais se rattachant à ceux du calcaire grossier. Les crustacés y ont laissé de nombreux débris; les polypiers y sont plus développés qu'en aucun autre terme de la série; la *Nummulites variolaria* s'y montre à profusion.

Nous avons traité de la faune si remarquable du gypse (*antè*, p. 195), et il serait superflu d'y revenir si ce n'est pour faire remarquer son identité avec celle des calcaires de Binstead, dans l'île de Wight.

La *formation tertiaire moyenne* s'annonce, dans le bassin de la Seine, par le retour complet des eaux marines qui déposèrent les marnes à Huîtres dans toute la partie centrale et méridionale du bassin. La masse des sables et des grès siliceux supérieurs qui leur succède présente deux niveaux de coquilles fossiles marines, l'un vers sa base, l'autre immédiatement sous les calcaires lacustres supérieurs. Ces derniers n'ont encore offert que des mollusques terrestres ou d'eau douce dans le bassin de la Seine; dans celui de la Loire, des restes d'animaux vertébrés y sont fréquents, et toute une faune de grands mammifères rattache ces calcaires aux dépôts sableux de l'Orléanais et de la Sologne qui les recouvrent, ainsi qu'aux faluns coquilliers marins qui se sont déposés dans leurs dépressions.

Nous pourrons trouver, sans doute, dans d'autres parties de la France, de l'Europe, ou dans des continents plus éloignés, des ossuaires plus riches que ceux que nous venons de mentionner, mais nulle part nous ne signalerons 9 *faunes* de mammifères, superposées, comme dans les bassins de la Seine et de la Loire. Dans celui de la Tamise, les mammifères ne se montrent pas encore au-dessous des lignites, et sur

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aucun autre point du globe les mammifères terrestres n'ont été rencontrés dans des couches tertiaires au-dessous de l'horizon du *calcaire grossier supérieur*. Ainsi, non-seulement cette petite région de l'Europe occidentale aurait été privilégiée au point de voir naître de grands carnassiers et de grands pachydermes plus tôt que partout ailleurs, mais encore le bassin particulier de la Seine aurait été privilégié entre tous les autres.

Deux faunes de mammifères avaient disparu lorsque celle des *Lophiodon* et des *Paloplotherium*, et bientôt après celle des *Palæotherium* et des *Anoplotherium*, partant comme du même centre, s'étendirent dans l'Europe occidentale, mais sans pénétrer au delà, car partout ailleurs, comme on le verra dans ce qui suit, les mammifères terrestres ne sont point encore connus *au-dessous* de la formation tertiaire moyenne.

Avant de quitter le bassin de la Seine citons encore, à l'appui des idées auxquelles nous avons été amené depuis longtemps, les résultats que M. Deshayes a déduits de la répartition des mollusques acéphales dans les quatre principaux groupes marins de ce bassin, résultats qui ont une véritable importance théorique.

Sur 1041 espèces de coquilles bivalves, il y en a 323 dans les *sables inférieurs*, 412 dans le *calcaire grossier*, 241 dans les *sables moyens*, 65 dans les *sables supérieurs*. Des sables inférieurs 34 espèces se continuent dans le calcaire grossier; de celui-ci 96 remontent dans les sables moyens. Entre ces derniers et les supérieurs on conçoit qu'il n'y ait aucune espèce commune par suite de l'interposition du groupe lacustre où l'on peut encore voir, par certaines alternances, comment s'est effectué le passage. Ainsi, des 1041 espèces, 130 passent d'un groupe à un autre, 911 s'éteignent successivement.

Ces 130 espèces ne représentent que les *grandes oscillations*, celles des groupes; mais, si l'on suit la distribution ou le mouvement dans les sous-divisions ou étages, on trouve qu'il y a 296 espèces à *oscillations courtes* ou passant d'un

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de ces étages à un autre, de sorte qu'avec les 130 précédentes on a 426 espèces, ou les 2/5 du total, qui se meuvent plus ou moins dans la hauteur de la série, et 615 qui naissent et meurent dans les divisions géologiques où nous les observons. Il n'est pas douteux que l'étude des gastéropodes ne conduise aux mêmes conclusions et ne confirme ainsi le principe que nous avons déduit, dès 1842, de l'examen comparé des faunes de transition, et, plus tard, de celui des faunes silurienne et jurassique d'Angleterre.

Il nous serait impossible, on le conçoit, de continuer à présenter ainsi la composition des dépôts tertiaires de la surface du globe; mais il était nécessaire de montrer, par l'examen de ceux qui ont été le plus anciennement étudiés, combien ils sont variés sous le rapport de leur origine, de leurs caractères minéralogiques et des fossiles qu'ils renferment, et cela sur des épaisseurs relativement très-faibles et dans des espaces très-circonscrits. A cette extrême diversité, bien plus prononcée que dans les formations secondaires et intermédiaires, s'ajoute un élément paléozoologique presque nul auparavant; les mammifères terrestres y prouvent, par leur développement graduel, que les conditions d'*habitat* étaient devenues, après la période crétacée, fort différentes de ce qu'elles avaient été jusque-là. Ceci posé, il nous suffira de faire rapidement l'application des résultats précédents, d'abord au reste de la France, puis aux régions plus éloignées.

§ 2. CENTRE, SUD ET EST DE LA FRANCE.

France centrale. — Lorsqu'on remonte les bassins de la Loire et de l'Allier à travers le Nivernais, le Bourbonnais et l'Auvergne, on voit les dépôts tertiaires qui en occupent le fond, tous exclusivement lacustres, reposer, au delà de la zone secondaire, dans des dépressions de roches cristallines pri-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

maires et occuper des niveaux plus élevés que leurs contemporains de l'Orléanais et de la Touraine. Ils sont échelonnés ainsi des plaines de la Beauce jusque dans le bassin du Puy en Velay et sur le pourtour du Cantal, à des altitudes croissant successivement de 140 à 800 et même 1000 mètres.

Dans ces diverses conditions, les faunes de vertébrés nous présentent des différences très-prononcées, même à un moment donné, d'où résultent pour établir leur chronologie des difficultés particulières. Les vertébrés de la faune tertiaire moyenne ont présenté, dans le département de l'Allier, 32 genres et 48 espèces de mammifères, 8 genres et 13 espèces de reptiles, sans compter les oiseaux. Dans le bassin de la Limagne la faune supérieure a offert deux horizons bien distincts, le plus récent renfermant 12 genres représentés par le même nombre d'espèces, le plus ancien 18 genres et 41 espèces de mammifères. La faune tertiaire moyenne a présenté 29 genres et 40 espèces de mammifères, 13 genres et 18 espèces de reptiles, plus un certain nombre d'oiseaux.

Le bassin du Puy ou de la Haute-Loire est certainement un des points de la France les plus curieux à étudier pour le minéralogiste, le géologue et le paléontologiste. C'est entre 500 et 800 mètres d'altitude que s'observent, sur les flancs et vers le fond des nombreuses vallées excavées dans les roches anciennes, des sédiments d'eau douce sur lesquels se sont étendues ensuite d'immenses nappes trachytiques, basaltiques et phonolitiques, les tufs et les conglomérats volcaniques, qui ont imprimé au paysage de cette région un caractère original et sévère qui impressionne toujours vivement le voyageur.

Les recherches de MM. Bertrand de Doue, Aymard, F. Robert, etc., permettent de représenter comme il suit la composition géologique de ce bassin.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

BASSIN DU PUY ET RÉGIONS VOISINES.

TERR. QUAT.		1. Brèche volcanique boueuse, fentes à ossements et dépôts d'atterrissement (la Densie, la Croix-de-Paille, Malpas, etc.)	Volcans éteints. Basaltes, tufs ponceux et conglomérats. Phonolite. Trachytes et Brèches trachytiques.
TERRAIN TERTIAIRE.	Supérieure.	2. Brèche boueuse, tufs scoriacés, alluvions sableuses (Solilhac, Polignac, Le Collet, Saint-Privat, etc.).	
		3. Brèche boueuse volcanique intermédiaire (Sainzelle).	
		4. Alluvions volcaniques inférieures et sableuses (Vialette, Pichevieil, Coupet, etc.).	
	Moy.	5. Calcaire marneux, calcaire siliceux et sables (Bassin du Puy, Mathias, Saint-Pierre-Eynac, etc.).	
	Form. infér.	6. Marnes et argiles avec gypse (le Puy).	
		7. Argiles, marnes et calcaires bigarrés (le Puy, l'Emblavès).	
— SECOND.?		8. Grès arkoses (Blavozy, Sainzelle, Auteyrac).	
— PRIMAIRE.		9. Granite et gneiss.	

Ainsi depuis l'origine des choses il ne semble pas que la mer ait jamais envahi ce petit bassin, d'une si faible élévation, et ce n'a été que bien tard encore que les eaux douces s'y sont maintenues par suite d'un barrage, dont on peut reconnaître aujourd'hui l'emplacement.

La faune des mammifères quaternaires, trois divisions ou trois âges de la faune tertiaire supérieure, la faune moyenne qui ne renferme pas moins de 21 genres et de 31 espèces, enfin l'inférieure qui semble correspondre par ses *Palæotherium* à celle du gypse des environs de Paris, témoignent des populations nombreuses et variées de grands animaux terrestres qui se sont succédé dans cet étroit espace. Les oiseaux, les reptiles chéloniens, sauriens et batraciens, les poissons, les insectes coléoptères, névroptères et diptères, les crustacés isopodes et ostracodes, les mollusques fluviatiles et terrestres, de nombreuses plantes à fleurs et à feuilles très-diverses; surtout des dicotylédones, viennent compléter pour nous le tableau de cette nature, placée dans des conditions tout exceptionnelles.

Sur le pourtour du massif trachytique et basaltique du Cantal, les calcaires lacustres affleurent à 700 et 1000 mètres d'altitude, renfermant encore des restes de *Dinotherium*,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'un des plus gigantesques et des plus extraordinaires produits de la création, caractéristique des derniers dépôts de la faune moyenne dans l'ouest de l'Europe. Partout abondent les coquilles fluviatiles et terrestres, entre autres le *Cerithium Lamarckii*, l'une des plus constantes de ce vaste horizon.

Les relations de ces dépôts lacustres avec les roches ignées du plateau central de la France nous éclairent ainsi sur l'âge des phénomènes qui ont produit ces dernières, ce que les anciens géologues n'avaient pu comprendre (*antè*, p. 156). Nous voyons en effet que les éruptions trachytiques et celles des domites n'ont commencé à se produire qu'après l'extinction de la faune tertiaire moyenne, et, pendant que se succédaient les faunes tertiaire supérieure et quaternaire, avaient lieu les épanchements basaltiques et phonolitiques. Quant aux tufs et aux laves des volcans à cratère, ils se sont continués jusqu'aux premiers temps de l'ère actuelle.

Bassins de la Garonne et de l'Adour. — Les dépôts tertiaires du midi de la France occupent la vaste dépression qui, entre la Méditerranée et l'Océan, sépare le plateau central du pied des Pyrénées, puis une grande partie du bassin inférieur du Rhône. Ils peuvent être regardés ainsi comme formant quatre régions géologiques assez naturelles, dont deux, situées à l'ouest ou océaniques, sont représentées par le bassin de la Garonne et par celui de l'Adour, et deux, à l'est ou méditerranéennes, sont représentées, l'une par les parties basses du Languedoc entre les Pyrénées et les Cévennes, l'autre par les plaines et les plateaux inférieurs de la Provence et du Dauphiné. Ces quatre régions comparées entre elles offrent des différences tout aussi prononcées, quant à la nature et à l'origine des dépôts et quant aux corps organisés qu'ils renferment, que celles déjà signalées dans les quatre régions du Nord. Ces différences sont également en rapport avec d'anciennes dispositions orographiques qu'un peu d'attention permet de retrouver.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ainsi le bassin inférieur de la Garonne, qui semble au premier abord n'avoir fait qu'un avec celui de l'Adour, en était cependant séparé par un haut fond crétacé que traduisent encore à la surface quelques pointements de roches, courant parallèlement à la ligne de partage actuelle des deux bassins hydrographiques. Par là s'expliquent les différences géologiques et paléontologiques que met en évidence la comparaison des deux tableaux suivants. Les recherches récentes de M. Tournouër, complétant et rectifiant celles de ses prédécesseurs, depuis Dufrénoy, de Collegno jusqu'à MM. Drouot, Delbos, Raulin et Jacquot, nous ont permis d'exprimer brièvement ces résultats comme il suit :

BASSIN INFÉRIEUR DE LA GARONNE.

TERRAIN TERTIAIRE.	Form. supérieure....	Sables des Landes.
	— moyenne...	Faluns coquilliers de Salles. Id. de Bordeaux (Saucats, Léognan, La Brède). Calcaire lacustre de Saucats. Faluns de Bazas (Sainte-Croix-du-Mont). Calcaire lacustre de Villandrau. Mollasses et argiles. Calcaire à Astéries et de Saint-Macaire. Banc à *Ostrea longirostris*.
	— inférieure..	Calcaire lacustre du Périgord, meulière et gypse. Mollasse du Fronsadais et grès de Bergerac. Calcaire grossier de Blaye, Paulliac, etc. Sables et calcaires de Saint-Palais et de Cordouan.
TERRAIN SECONDAIRE.....		Craie de Royan.

BASSIN DE L'ADOUR.

TERRAIN QUATERNAIRE.....		1. Dépôts de cailloux roulés superficiels.
TERRAIN TERTIAIRE.	Form. supérieure....	2. Sables des Landes.
	— moyenne...	3. *a.* Faluns à *Cardita Jouanneti*. *b.* Mollasse ossifère à échinodermes. *c.* Faluns de Saubrigues, de St-Jean de Marsaq et de Bastennes. 4. Faluns jaunes de Saint-Paul, près Dax, et de Saint-Avit. 5. Faluns bleus de Gaas et calcaire à *Natica crassatina*.
	— inférieure.. (Groupe nummulitique).	6. Grès et calcaires à Operculines et *Eupatagus ornatus*. 7. Marnes et calcaires à *Serpula spirulæa*. 8. Couches à crustacés et marnes à Térébratules.
TERRAIN SECONDAIRE.....		Craie blanche.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

En remontant le bassin de la Garonne vers l'est, dans les départements de Lot-et-Garonne, du Gers, etc., un vaste ensemble de dépôts lacustres appartenant à la période tertiaire moyenne se montre seul sans aucun affleurement de dépôts marins. Les recherches des naturalistes, entre autres de M. Noulet pour la zone est et nord de ces couches, et celles de M. Éd. Lartet pour la partie comprise dans le département du Gers, ont apporté des richesses paléozoologiques que nous résumerons dans le tableau suivant.

RÉCAPITULATION DE LA FAUNE TERTIAIRE MOYENNE DU BASSIN SUPÉRIEUR DE LA GARONNE.

		Genres.	Espèces.
MAMMIFÈRES.	Quadrumanes	2	2
	Chéiroptères	1	2
	Insectivores	5	10
	Carnassiers	9	17
	Rongeurs	7	13
	Édenté (*Macrotherium*)	1	1
	Pachydermes proboscidiens	1	4
	— périssodactyles	6	14
	— artiodactyles	4	9
	Ruminants	8	9
		44	81
OISEAUX	Oiseaux de proie indét.		
	Échassiers (*Pelagornis miocœnus*).		
	Passereaux indét.		
REPTILES	Chéloniens	3	7
	Sauriens	3	9
	Ophidiens	2	2
	Batraciens	3	9
	Reptiles indét.	»	2
		11	29
POISSONS	Indét.		
MOLLUSQUES.	Gastéropodes	11	38
	Acéphales	1	9
		12	47

Dans cette faune dominent surtout les grands pachydermes, les Mastodontes, les *Dinotherium*, les Rhinocéros avec des rongeurs et des insectivores nombreux; les carnassiers et les ruminants sont faibles, ce qui est le caractère de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la faune contemporaine du plateau central, par opposition à la faune tertiaire supérieure où dominaient au contraire de puissants carnassiers et de nombreux ruminants à cornes. Dans le bassin de la Garonne cette dernière faune semble manquer jusqu'à présent.

Languedoc. — Les couches tertiaires du Languedoc ou mieux des départements de la Haute-Garonne, de l'Ariége, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, de l'Hérault et du Gard, jusqu'à la rive droite du Rhône, peuvent être représentées de la manière suivante, dans l'ordre de leur ancienneté relative.

FORMATION SUPÉRIEURE.	Calcaire lacustre supérieur (Montpellier, etc.).	
	Sables jaunes marins (Montpellier, etc.), marnes bleues (Beaucaire, bassin de Perpignan, etc.).	
FORMATION MOYENNE.	Mollasse marine.	Calcaire moellon et marnes sableuses jaunes.
		Marnes bleues.
FORMATION INFÉRIEURE.	Groupe lacustre moyen.	Calcaires, poudingues et argiles rouges, gypse.
		Marnes, calcaires, grès et poudingues.
	Groupe nummulitique.	Supérieur.
		Moyen.
		Inférieur.
	Groupe d'Alet ou sous-nummulitique.	Argiles rouges, poudingues, grès et calcaires lacustres inférieurs.

Cette série est, comme on le voit, beaucoup plus complète que celle de la région océanique et surtout que celle du bassin de l'Adour, où le *groupe nummulitique* constitue à lui seul la *formation tertiaire inférieure*, étant immédiatement surmonté par les faluns tertiaires moyens et reposant sur la craie sans intermédiaire. Dans la région méditerranéenne, avec une épaisseur égale, il ne constitue qu'un des trois termes de la formation, celui du milieu. Le supérieur est composé de couches d'eau douce, comme dans le bassin de la Seine et le sud de l'Angleterre, et caractérisé par la même faune de mammifères ; l'inférieur comprend des poudingues, des marnes rouges, des calcaires compactes, des grès d'origine généralement d'eau douce, que nous avons désignés sous le nom de *groupe d'Alet* et qui comprend tout ce qui, dans le nord de la France, est placé entre les lits coquilliers du Soissonnais et la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

craie. Ces différences entre les caractères des deux bassins du sud tiennent sans doute à l'existence d'une séparation plus ou moins complète, qui devait exister à la hauteur du plateau de Lannemezan et se diriger au nord-est.

La puissance des dépôts tertiaires inférieurs est, dans cette région, cinq ou six fois plus considérable qu'en Angleterre, en Belgique et dans le nord de la France. Le voisinage des montagnes a donné lieu à d'énormes assises de poudingues qui manquent au nord, et des dislocations énergiques les ont accidentés et nettement séparés de la formation suivante, ce que nous n'avions pas encore observé dans les autres régions, mais ce que nous retrouverons sur tout le pourtour des Alpes. Néanmoins on peut constater encore dans la hauteur de la série des modifications organiques comparables à celles que nous avons observées dans des régions éloignées sur des épaisseurs infiniment moindres et dont la stratification n'a éprouvé aucun dérangement.

Les *formations moyenne* et *supérieure* se lient à celles du bassin du Rhône, dont nous dirons aussi quelques mots.

Dauphiné, Provence et Savoie. —Jusqu'à présent nous avions toujours vu les deux groupes tertiaires inférieurs composés d'un vaste ensemble de dépôts marins, renfermant par places quelques couches fluviatiles ou d'eau saumâtre subordonnées, et le troisième au-dessus exclusivement d'eau douce. Mais dans tout le bassin du Rhône inférieur aucun dépôt marin de quelque importance n'a précédé la faune terrestre et d'eau douce parallèle à celle du gypse de Montmartre.

Dans le Dauphiné et la Provence on trouve, séparant des roches secondaires les assises gypseuses d'Aix, les lignites d'Apt, etc., des dépôts sableux, argileux, marneux et des conglomérats ou brèches d'origine d'eau douce, sans fossiles dans les départements de l'Isère, de la Drôme et de Vaucluse; mais plus au sud, dans la vallée de l'Arc, ces roches meubles sont séparées à leur tour des calcaires secondaires par une série toute particulière de dépôts d'eau douce, qui n'a d'ana-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

logue que dans une partie du groupe d'Alet et une petite région au sud-ouest de Montpellier.

Les deux parties contiguës du Languedoc et de la Provence présentent donc ici des différences très-prononcées. Dans la Haute-Garonne, l'Ariége et l'Aude, le groupe nummulitique marin est complétement développé; au sud de la Durance il n'y en a aucune trace. De Saint-Chinian, sur la limite des départements de l'Aude et de l'Hérault, jusqu'à la vallée du Var, près de Nice, nulle part le groupe nummulitique ne s'observe, dans le voisinage de la Méditerranée; il faut remonter au nord de Grasse et dans les Basses-Alpes pour en retrouver des traces. Cette série d'assises calcaires marneuses, argileuses, arénacées de la vallée de l'Arc et dont celle où s'exploite le lignite de Fuveau n'a pas moins de 200 mètres d'épaisseur, renferme une multitude de coquilles fluviatiles et terrestres étudiées en partie par M. Matheron, puis des reptiles et des poissons.

Quant au groupe nummulitique des Alpes-Maritimes, du Dauphiné et de la Savoie, il paraît comprendre deux assises différentes dont les relations restent encore à établir, et se trouve enchevêtré avec les roches secondaires, comme le montrent la carte géologique de la France, celles de M. A. Favre, de M. A. Sismonda et de M. Lory, auxquelles nous devons renvoyer le lecteur[1]. Mais ici, de même que dans le bassin de l'Adour, le groupe inférieur n'est plus représenté; les assises nummulitiques reposent directement sur les roches secondaires dont elles ont partagé les dislocations, et au-dessus règnent des schistes calcarifères noirs, exploités comme ardoises, désignés sous le nom de *flysch*, et des grès (macigno), également concordant, équivalents du troisième groupe ou calcaire lacustre avec gypse des autres régions.

Si nous revenons à l'ouest dans les parties basses du Dau-

1. Sur ces diverses cartes ces couches sont représentées par la même teinte jaune, bien que les légendes portent des désignations différentes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

phiné et de la Provence pour y suivre la nouvelle série d'eau douce qui succède aux couches rouges du groupe précédent, nous la trouverons également plus développée dans le bassin de l'Arc, autour de la ville d'Aix, que partout ailleurs, avec des gypses subordonnés, quelques lignites encore et surtout des faunes et des flores très-variées (Aix, Gargas, etc.). En réunissant cette série au groupe dont nous venons de parler, on a, dans cette petite région, une suite de dépôts lacustres continus qui augmentent d'épaisseur du N. au S., et dont la puissance totale est d'environ 2000 mètres, la plus grande peut-être que l'on ait encore reconnue à des couches de cet âge.

Comme dans le bassin de la Seine, dans celui de la Garonne et dans ceux de l'Aube et de l'Hérault, la *formation tertiaire moyenne* a été marquée dans celui du Rhône par le retour des eaux de la mer qui y a déposé des couches coquillières calcaires, marneuses, sableuses, comprises sous le nom de *mollasse*, et qui se sont prolongées au nord jusqu'à Lyon et plus loin encore dans le bassin de la Saône, de même qu'en remontant la rive droite du Rhône.

La faune des mammifères indique ici l'horizon des faluns et des sables des bords de la Loire et celui du bassin supérieur de la Garonne. Le *Dinotherium*, le *Listriodon*, et parmi les mammifères marins l'*Halitherium* n'y sont pas moins fréquents. Mais des dépôts d'eau douce n'ont pas tardé à se former dans les dépressions de ces assises de la mollasse marine. Des argiles bleues et grises, des sables, des poudingues avec des bancs de lignite fort étendus (Latour-du-Pin), une faune de mollusques particulière (Hauterive), et sur la rive droite de la Durance, près du village de Cucuron, le gisement de mammifères où domine l'*Hipparion*, forme d'herbivore qui a succédé à l'*Anchitherium*, sont les témoins de la fin de la période tertiaire moyenne dans ce pays.

Quant à la *formation supérieure*, elle n'a laissé que de faibles traces d'origine marine dans la Provence, où des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

marnes bleues coquillières la représentent. Dans le Dauphiné, comme en remontant le bassin de la Saône, des dépôts superficiels argileux, sableux et ferrugineux avec des restes de *Mastodon arvernensis*, de *Rhinoceros megarhinus*, d'*Elephas meridionalis* en sont sans doute les équivalents, mais d'origine différente. Enfin, dans le bassin du Rhin, de Bâle à Wissembourg, les dépôts tertiaires moyens d'eau douce et marins sont assez bien caractérisés, de même qu'au nord-ouest de Strasbourg la présence de *Lophiodon* et de *Propaleotherium*, dans les couches de Bouxwiller, indique des assises plus anciennes.

Résumé du terrain tertiaire de la France. — La comparaison des dépôts tertiaires épars à la surface de notre pays fournit les résultats suivants. L'étendue, la puissance et la distribution géographique des trois formations sont très-différentes suivant les lieux, et il en est de même de la nature de leurs dépôts. Ces derniers sont d'autant plus épais qu'ils sont plus rapprochés des montagnes, et, dans ce cas, les brèches et les conglomérats y sont beaucoup plus fréquents.

Relativement à l'origine et à la nature des sédiments, on voit que, dans la Belgique, au nord, et dans le bassin de l'Adour, au sud, toute la série est marine. Dans les bassins de la Seine, de la Loire, de la Garonne et du Languedoc, les dépôts marins et d'eau douce alternent dans chaque formation (inférieure et moyenne) un plus ou moins grand nombre de fois. En Provence, toute la formation inférieure est d'eau douce; la formation moyenne est alternativement marine et d'eau douce, tandis que, sur le plateau central, toute la série tertiaire est exclusivement lacustre.

La persistance relative des *groupes* et des *étages* n'offre pas moins de variété. Le *groupe inférieur* du nord de la France et de la Belgique manque dans le bassin de la Loire, est vaguement indiqué dans celui de la Garonne, et manque de nouveau le long des Pyrénées-Occidentales, tandis qu'il est très-développé dans la Haute-Garonne, l'Ariége et l'Aude. Il

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

est sans doute représenté par une partie des couches d'eau douce de la Provence, mais n'a aucun équivalent dans la région des Alpes. Le *calcaire grossier*, le plus constant des groupes marins, est celui que nous désignons plus généralement sous le nom de *groupe nummulitique*, en y réunissant toutefois les lits coquilliers du Soissonnais au-dessous et les sables moyens au-dessus. De même le *groupe lacustre moyen* ou l'horizon du gypse du bassin de la Seine est le plus constant des dépôts d'eau douce. Dans la *formation tertiaire moyenne* l'horizon marin du grès de Fontainebleau et celui des faluns de l'ouest ou de la mollasse de l'est ont également une grande extension. Enfin, à en juger par sa faune, la *formation tertiaire supérieure* n'aurait, à la surface de la France, qu'un très-faible développement comparée aux deux autres.

§ 3. SUISSE.

Vers le centre de la grande vallée Suisse qui s'étend du lac de Constance à celui de Genève, les collines tertiaires ne sont composées que de marnes, de sables, de poudingues, la plupart d'eau douce, à peu près en couches horizontales appartenant à la formation moyenne. Dans le voisinage des Alpes ce système se redresse jusqu'à atteindre des altitudes de 2000 mètres. Au nord-ouest, le long du Jura, il pénètre dans les petits bassins des chaînes secondaires, reposant indifféremment sur les roches néocomiennes ou jurassiques et ayant participé aux derniers soulèvements de ces montagnes. Sur les pentes du Jura, dans les cantons de Vaud, de Soleure et dans le val Délémont, des restes d'une faune plus ancienne que celles de la mollasse marine ou d'eau douce, et paraissant contemporaine de celle du gypse du bassin de la Seine, ont été recueillis dans des argiles ferrugineuses ou minerais de fer en grains (*Bohnerz*) remplissant des fentes ou des cavités

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des calcaires jurassiques. Dans le tableau suivant des dépôts tertiaires de la Suisse nous avons dû placer à part les 4 divisions de la formation moyenne sur les bords du lac de Genève, parce qu'elles ne s'accordent pas encore très-exactement avec celles du centre et du nord. De même la formation inférieure de la région des Alpes est placée à la base de la série générale, sans relations bien établies avec tout ce qui est au-dessus ou à l'ouest.

SÉRIE TERTIAIRE DE LA SUISSE.

SUISSE CENTRALE ET OCCIDENTALE.

FORMATION MOYENNE.

		Mètres.
1.	Étage fluvio-terrestre supérieur (calcaire d'Œningen et lignite de Kœpfnach). *Mastodon turicense* ou *tapiroides*, *Palæomeryx eminens*, *Galecynus œningensis*? *Lagomys*, *Chelydra Murchisoni*, 3 batraciens, 4 urodèles (*Andryas Scheuchzeri*), (*Homo diluvii testis*), 2 ophidiens, 20 poissons, 300 insectes, quelques mollusques, 465 plantes	20
2.	— saumâtre. Sables gris, rouges et bigarrés. Animaux marins, fluviatiles et terrestres. . . . . *Dinotherium giganteum*, *Rhinoceros incisivus*, *Mastodon angustidens*, *Listriodon splendens*, *Hyotherium Sœmmeringi*; 3 *Palæomeryx*, 3 carnassiers, *Congeria*, Cyrènes, *Unio*, Néritines, *Hélix*.	15
3.	— Grès coquillier (*Muschelsandstein*). Cétacés, reptiles, poissons, coquilles marines. . . . 15m fluvio-terrestre moyen. *Anchitherium aurelianense*, *Palæomeryx Bojani*, *Lagomys Meyeri*, *Microtherium Ringgeri*, Emydes, etc. . . . . 40 *Rhinoceros minutus* et 3 autres, *Palæocherus typus*, *Hyopotamus*, *Anthracotherium*, etc.	
4.	— fluvio-marin Poissons. *Ostrea cyathula*, *Natica crassatina*, *Cerithium plicatum*, *Cytherea incrassata* 5	

SUISSE MÉRIDIONALE.

1. Mollasse marine.
2. Mollasse grise (d'eau douce).
3. Grès et marnes à lignites.
4. Mollasse rouge.

Ép. totale. 350m

FORMATION INFÉRIEURE.

—	fluvio-terrestre inférieur. La faune des vertébrés renferme dans les argiles à minerai de fer de Mauremont, Saint-Loup, etc, du canton de Vaud, 28 espèces (10 pachydermes, 3 carnassiers, 1 chéiroptère, 3 rongeurs, 4 reptiles sauriens, 2 ophidiens, 5 chéloniens). Dans la région centrale du canton de Soleure et le val Délémont, 61 espèces (1 quadrumane? 24 pachydermes, 12 ruminants, 4 rongeurs, 8 carnassiers, 3 reptiles sauriens, 5 chéloniens, 2 lacertiens et 2 ophidiens). De ces espèces, 20 ou 1/3 se retrouvent dans d'autres pays; 21 n'ont pas été déterminées spécifiquement, 5 seulement sont communes aux gisements du canton de Vaud (*Palæotherium medium*, *curtum* et *crassum*, *Plagiolophus minor*, *Crocodilus Hastingiæ*). Il n'y a ni coquilles fluviatiles et terrestres, ni batraciens. . . .	10 à 100
—	marin inférieur (douteux). Calcaire siliceux reposant sur les roches jurassiques.	
	Épaisseur totale.	80 à 180

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

RÉGION DES ALPES. FORMATION INFÉRIEURE.

Flysch et schistes à fucoïdes. (Schistes de Glaris; oiseau, *Protornis glarisiensis*, 42 espèces de poissons.

Groupe nummulitique. *Nummulites complanata, distans, perforata, Ramondi biaritzensis, obesa, Rütimeyeri, Murchisoni, planulata, exponens, granulosa, spira*).

On voit que les deux groupes tertiaires inférieurs de l'ouest de l'Europe manquent dans la grande vallée Suisse et dans le Jura, tandis que l'un d'eux, le groupe nummulitique, est bien représenté dans toute la région des Alpes occidentales. Les calcaires ou schistes noirs (*flysch*) et les grès qui les surmontent, toujours concordants, deviennent ainsi synchroniques du calcaire lacustre moyen du bassin de la Seine. Réciproquement, aucun des termes de la formation tertiaire moyenne ne pénètre dans la région des Alpes proprement dites.

Les restes d'animaux vertébrés trouvés dans les fentes à minerais de fer du Jura par MM. Gressly, Greppin, Gaudin, de la Harpe, etc., ont été étudiés et décrits avec soin par MM. Pictet, Rütimeyer et H. de Meyer. M. O. Heer, qui avait fait connaître la riche faune entomologique d'OEningen, par un examen attentif comparé des diverses flores successives de la mollasse, a montré que la végétation de cette période confirmait les résultats théoriques déduits de la connaissance des invertébrés de la formation inférieure du bassin de la Seine, c'est-à-dire que la chaîne des végétaux n'avait pas été plus interrompue que celle des animaux de la période précédente. Toujours quelques espèces viennent ici rattacher une flore à celle qui lui succède, et il y a continuité dans les phénomènes biologiques de l'un et l'autre règne; il y a remplacement graduel des formes dans le temps, sans intervention de causes physiques bien apparentes et seulement en vertu de lois propres à l'organisme.

Le terrain tertiaire de la Suisse est donc encore, à beaucoup d'égards, une dépendance modifiée de celui de la France, aussi avons-nous dû reproduire quelques-uns des faits les plus essentiels qui s'y rattachent, afin de compléter l'en-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

semble de ses caractères dans l'ouest de l'Europe où il est si compliqué et où, sur certains points, sa classification avait subi depuis quinze ans d'assez grands changements. Désormais nous suivrons une marche plus rapide et différente en considérant les trois formations par grandes régions géographiques et renvoyant pour plus de détails à ce que nous en avons dit dans les volumes II et III de l'*Histoire des progrès de la géologie.*

§ 4. EUROPE MÉRIDIONALE ET CENTRALE.

Formation inférieure. — Dans ce que l'on a vu du versant nord des Pyrénées et de la partie occidentale des Alpes, on a pu juger que la formation tertiaire inférieure se sépare nettement de la moyenne par un caractère stratigraphique qui depuis longtemps avait frappé M. Élie de Beaumont et qu'elle partage avec la formation crétacée. La présence des Nummulites dans sa partie essentiellement marine ou médiane est un caractère non moins constant qui peut guider l'observateur dans toute l'Europe méridionale, le nord de l'Afrique et l'Asie. Dans quelques localités cependant (bassin de l'Adour, de la Bormida, et peut-être dans l'Inde et ailleurs), certaines espèces de ce genre (*N. intermedia* et *garansensis*) remontent dans les premières assises de la formation suivante. Au-dessus du groupe nummulitique règnent, dans les Alpes et les Apennins, des calcaires et des grès à *fucoïdes* (*flysch* et *macigno*) d'une grande épaisseur, redressés et accidentés comme le groupe sous-jacent.

On peut suivre le groupe nummulitique de la Suisse sur le pourtour des Alpes, d'abord dans la Bavière et l'Autriche, puis dans les provinces Illyriennes, où il affecte les mêmes relations stratigraphiques et renferme les mêmes fossiles[1],

1. *Serpula spirulæa, Conoclypeus conoideus, Pygorhynchus scutella, Echinolampas ellipsoidalis, E. subsimilis, Pentacrinites didactylus, Bourgueticrinus*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

comme l'ont fait voir MM. Gümbel, de Hauer, Stache, Zittel, etc. Sur le versant méridional de la chaîne, dans les provinces Vénitiennes, le Véronais, le Vicentin, il en est encore de même, et dans l'Istrie le groupe inférieur est représenté par les couches à lignites de Cosina, équivalent du groupe d'Alet.

L'histoire du terrain tertiaire inférieur de l'Italie, le long des Apennins, fait voir que ses deux éléments constituants ont été successivement rapportés à tous les terrains, depuis la grauwacke de transition jusqu'à la craie, et ce n'a été que le Mémoire publié par sir R. Murchison en 1849 qui, dans les Apennins, comme dans les Alpes et les Carpathes, les a remis à leur véritable place par suite d'études stratigraphiques et paléontologiques comparées dans ces diverses régions. Mais ajoutons que dans le Bolonais, la Toscane, les États romains, les Abruzzes, la Capitanate, la Sicile, la Sardaigne et la Corse, les fossiles, à l'exception des Nummulites, sont très-rares dans ces couches qui affectent souvent aussi les caractères pétrographiques de roches secondaires ou plus anciennes et dont la stratification est plus ou moins obscure.

Espagne. — On a vu qu'au pied du versant nord des Basses-Pyrénées la formation tertiaire inférieure se composait d'un seul terme, du groupe nummulitique, atteignant une épaisseur de 1100 mètres dans les falaises de Biaritz, reposant directement sur la craie blanche et recouvert par les argiles bleues de Gaas. Dans les départements de la Haute-Garonne, de l'Ariége et de l'Aude, à l'extrémité opposée, le même groupe, surmonté de puissants dépôts de poudingues, de marnes et de calcaires lacustres, reposait sur un autre ensemble de poudingues, d'argiles rouges, de grès et de calcaires constituant le *groupe inférieur d'Alet;* par conséquent

Thorenti, de nombreux Cérites, l'*Ostrea rarilamella;* parmi les rhizopodes l'*Alveolina longa,* l'*Operculina ammonea,* les *Nummulites Ramondi, Dufrenoyi, spira, biaritzensis, Murchisoni, complanata, perforata, exponens,* les *Orbitoides Fortisii, radians, stellata,* etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la formation était complète. En Espagne, la formation qui suit le pied sud de la chaîne sur une longueur de 500 kilomètres et sur une largeur variant de 50 à 120 depuis Girone jusqu'à Vittoria, s'appuyant au N. sur les roches crétacées et disparaissant au S. sous les dépôts lacustres moyens du bassin de l'Èbre, présente encore une composition différente; le groupe lacustre de grès et de poudingues très-puissant y existe bien avec le groupe nummulitique au-dessous, mais le groupe inférieur d'Alet paraît manquer, ou du moins n'y a pas été signalé encore. Cette large zone, rapportée d'abord à la craie, a été remise à sa véritable place par M. de Verneuil.

L'ensemble des deux groupes n'a pas ici moins de 1800 mètres d'épaisseur, et ils sont comparables à ce que nous avons vu dans les Alpes où le flysch et le macigno représentent les poudingues, les grès et les marnes des Pyrénées. De plus, au lieu de rester au pied de la chaîne, comme sur le versant nord, dans le versant espagnol, le groupe nummulitique atteint de grandes élévations. Ainsi il constitue le massif du Mont-Perdu vers le milieu de l'axe de la chaîne à 3351 mètres d'altitude, et nous le connaissons encore à l'est, sur la frontière de la France, dans le haut de la vallée de la Muga, au sud des bains d'Arles.

Une seconde zone nummulitique s'étend de Barcelone au S.-O. dans la province de Castillon de la Plana; interrompue dans le royaume de Valence, elle reparaît dans les provinces d'Alicante et de Murcie où une multitude d'îlots sont entourés par les dépôts tertiaires moyens, et elle se montre enfin dans celles de Malaga et de Cadix jusqu'à Tarifa. La carte géologique de l'Espagne, de MM. de Verneuil et Collomb, montre parfaitement cette distribution dans les parties nord, est et sud de la péninsule. Les fossiles ne sont variés et nombreux qu'aux environs de Barcelone et d'Olot; partout ailleurs les Nummulites caractérisent seules ce grand horizon, et la distribution de leurs 26 espèces, au nord-ouest, au nord-est et au sud, pré-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sente des associations assez particulières dans chacune de ces régions[1].

Les Carpathes. — Si nous nous reportons actuellement au centre de l'Europe, dans les Carpathes, nous verrons que les dépôts tertiaires inférieurs y ont été l'objet des mêmes méprises qu'à l'ouest et que des calcaires gris ou noirs, remplis de *Nummulites perforata* et *Puschii*, avec des grès, y représentent encore les deux premiers groupes. Ce système s'étend au sud-est dans la Transylvanie et les Siebenbürgen, où il a été récemment l'objet d'études très-suivies de la part de MM. de Hauer et G. Stache. Les fossiles dont ces savants ont donné des listes confirment tout ce que l'on pouvait présumer du synchronisme de ces couches avec celles du reste de l'Europe.

Turquie d'Europe. — Du versant méridional des Alpes, celles-ci se prolongent au S.-E. par les Alpes dinariques, le long de l'Adriatique, dans la Dalmatie, et à travers la Bosnie, la Servie, l'Albanie et l'Épire. C'est surtout aux travaux de M. A. Viquesnel que nous sommes redevable de nos connaissances à ce sujet. Les fossiles qu'il a rapportés de ces provinces et de la Thrace, et que nous décrirons dans son grand ouvrage sur la *Turquie d'Europe*, ceux recueillis par Hommaire de Hell, ceux plus nombreux encore que nous devons à M. P. de Tchihatcheff, et que nous publions en ce moment dans la *Paléontologie* de son ouvrage sur l'*Asie Mineure*[2], nous permettent de juger des modifications comme de la persistance des caractères de la faune nummulitique à mesure qu'on s'avance vers le continent asiatique. La Grèce continentale, le Péloponèse et l'île de Crète, suivant M. Raulin, en offrent encore des traces, mais dont l'étude est à faire.

Crimée. — L'ancienne Tauride est aussi semblable à un

1. D'Archiac et J. Haime, *Monographie des Nummulites*, p. 83.

2. *Asie Mineure*, 4e partie, *Géologie*, 3e vol., *Paléontogie. Introduction*, p. XIII, et *Description des espèces*, p. 105. 1866.—Voy. aussi *le Bosphore et Constantinople*, par M. P. de Tchihatcheff, p. 509. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jalon placé entre l'Europe et l'Asie, pour nous guider en nous montrant le système de couches qui nous occupe avec des caractères pétrographiques et géologiques aussi prononcés que sur les versants des Alpes, et avec des relations géologiques encore plus nettes. Les observations de M. de Verneuil, de J. J. Huot, de Dubois de Montpéreux, ont depuis longtemps démontré la position des calcaires et des marnes à Nummulites, seuls représentants de la formation, placés entre les dépôts tertiaires moyens et la craie blanche. Les fossiles prouvent en outre l'intime liaison de ces couches avec celles de la Transylvanie à l'ouest, de la Roumélie et de l'Asie Mineure au sud, et du Caucase à l'est[1].

Formations moyenne et supérieure. — Italie. — La *formation supérieure*, désignée depuis longtemps sous le nom de *marnes sub-apennines*, occupe, dans le nord de l'Italie et du pied des Apennins aux rivages de la Méditerranée et de l'Adriatique, des surfaces d'une grande étendue. La *formation moyenne*, au contraire, avait été d'abord restreinte à quelques points, tels que la colline de Superga près Turin, dont les fossiles, par leur analogie avec ceux des faluns de Bordeaux, avaient fait admettre leur contemporanéité. Mais les observations stratigraphiques de L. Pareto, et l'examen des fossiles dû à MM. Michelotti, E. Sismonda et Gastaldi, ont agrandi considérablement son domaine en y faisant entrer les roches qui, sur le versant nord des Apennins de la Ligurie, s'appuient, avec une discordance complète, contre le grès et le macigno redressés ou couches à fucoïdes, lesquels, plus à l'ouest, dans les Alpes-Maritimes, recouvrent le groupe nummulitique.

Dans le bassin de la Bormida, aux environs de Belforte, de Dego, de Carcare, de Cosseria, de Mornese, de Piana, ces couches renferment beaucoup d'espèces identiques avec celles

1. Nous signalerons particulièrement : *Ostrea rarilamella, Vulsella falcata, Anomia intustriata, Conoclypeus conoideus*, de nombreuses Nummulites (*N. distans, Ramondi, irregularis, spira, placentula, Tchihatcheffi, Leymeriei*, etc.), l'*Orbitoides Fortisii*, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de la colline de Turin, et, malgré un certain nombre d'autres qui semblent être de la formation inférieure, la superposition incontestable que nous venons de rappeler oblige à placer ces dépôts à la base de la formation moyenne. Quant à la *Nummulites intermedia* qui s'y trouve, c'est précisément celle que dans le bassin de l'Adour nous avons vue remonter à ce niveau dans les argiles bleues de Gaas. Les lignites de Cadibona avec *Anthracotherium magnum*, reposant dans une dépression des roches cristallines de la chaîne, sont sans doute contemporains aussi de la base de la formation moyenne, comme d'autres aux environs, et les calcaires de Gassino près Turin, des collines du Montferrat et de Cazale, toujours discordants par rapport aux calcaires à fucoïdes et au macigno, doivent également y être rapportés. Ces vues nouvelles ont été récemment appliquées dans le Véronais et le Vicentin à des couches regardées jusque-là comme plus anciennes.

Un troisième niveau ou étage supérieur aux couches de Superga comprendrait les dépôts marins de Castelnovo, d'Asti, du Tortonais, d'Albenga, et, suivant quelques auteurs, les *marnes bleues* proprement dites, ne laissant plus dans la formation supérieure que les *sables jaunes*. Aux environs de Messine, en Sicile, M. Seguenza a aussi rapporté à la formation moyenne deux assises de 800 mètres d'épaisseur totale, surmontées de marnes jaunes supérieures et de puissants dépôts quaternaires. Enfin les sables jaunes et les lits de cailloux qui les recouvrent ont encore en Italie une extension plus considérable que les dépôts précédents.

Les profils géologiques de la colline de Turin à Chieri, de Possagno à la plaine de Venise, de Bologne à Lojano, du val d'Arno, etc., montrent les relations des trois formations tertiaires, tandis que ceux des collines de Rome font voir la composition de la plus récente d'entre elles et ses rapports avec les éruptions volcaniques du Latium. D'un autre côté, le gisement fossilifère du val d'Arno, connu depuis longtemps par ses nombreux ossements de mammifères, et les sables

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

jaunes du Plaisantin ont fourni des espèces qui peuvent être utilement comparées avec celles des faunes correspondantes à l'ouest des Alpes[1].

Les îles de Malte, de Corse, de Sardaigne et Baléares renferment des dépôts tertiaires parallèles à ceux des continents voisins et représentant les trois formations, à l'exception de l'île de Malte, où l'on ne trouve que la seconde.

Espagne. — On a vu quelle était la distribution des dépôts tertiaires inférieurs au nord, à l'est et au sud dans la péninsule Ibérique; celle des plus récents y est fort simple en ce qu'on n'observe pas d'alternances de sédiments marins et d'eau douce plus ou moins répétées, ni ces enchevêtrements superficiels si difficiles à débrouiller. Les uns et les autres occupent des régions distinctes. Ainsi les dépôts exclusivement d'eau douce forment des plateaux de 600 à 700 et même 1000 mètres d'altitude vers le centre de la péninsule, puis s'étendent dans les bassins supérieurs du Tage au sud, du Duero au nord et de l'Èbre au nord-est. Cette disposition est, comme on le voit, comparable à celle des couches aussi exclusivement lacustres du plateau central de la France. Comme l'Auvergne, mais à une élévation d ble, le plateau de la Castille n'a jamais été recouvert par l'Océan tertiaire qui l'environnait presque de toutes parts; il était occupé par de vastes et nombreux lacs, sans aucune trace de ces produits ignés qui, dans le Velay, l'Auvergne et le Cantal, s'épanchèrent à partir de la période tertiaire supérieure.

Ces dépôts lacustres se composent en général de calcaires vers le haut, de marnes et de gypse vers la partie moyenne, d'argiles, de grès et de conglomérats vers la base. Des mammifères fossiles ont été découverts soit dans le bassin du

1. *Elephas meridionalis, E. antiquus, Mastodon arvernensis, M. Borsoni, Rhinoceros leptorhinus, R. etruscus, R. hemitœchus, Hippopotamus major,* Tapir, *Sus, Ursus, Machairodus cultridens,* Hyène, Bœuf, Cerf, Cheval. Parmi les mammifères marins : *Halitherium Serresi, Delphinus Cortesi, D. Brocchii, Balœna Cuvieri, B. Cortesi;* puis des chéloniens et des poissons.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Duero aux environs de Valladolid, soit dans celui de Madrid, soit au sud à Concud près de Terruel et à Alcoy[1]. Cette faune appartient aux derniers temps de la période moyenne; on y retrouve les principaux types de cet horizon en France, en Suisse, en Italie, mais privé cependant de ce genre caractéristique, le *Dinotherium*, qui n'aurait pas vécu au delà des Pyrénées non plus qu'au delà des Alpes.

Les dépôts marins qui circonscrivent la péninsule dans le voisinage des côtes pénètrent plus ou moins profondément dans l'intérieur, en indiquant d'anciens golfes. Dans la partie sud-est, de Valence à Cadix, ils entourent une multitude d'îlots secondaires ou tertiaires inférieurs, et séparent au sud le massif puissant de la Sierra-Nevada. Vers la partie supérieure du bassin du Guadiana, la carte de MM. de Verneuil et Collomb en indique un lambeau assez étendu, et, depuis longtemps, ceux plus considérables encore du bassin inférieur du Tage, au sud de Lisbonne, avaient été décrits par D. Sharpe. Tous ont été jusqu'à présent rapportés à la période moyenne.

Nord et centre de l'Allemagne. — Les dépôts tertiaires qui, des environs d'Aix-la-Chapelle à Cracovie, s'étendent au nord vers la Baltique, occupant les plaines et les parties basses des pays arrosés par le Rhin inférieur, l'Ems, le Weser, l'Elbe, l'Oder et la Vistule, s'appuient au sud contre des roches de divers âges, et, presque partout, sont recouverts de dépôts de transport quaternaires. Le faible relief de cette vaste surface qu'ils constituent, la faible épaisseur des couches, leur état meuble, l'absence de bonnes coupes, la rareté des fossiles ou leur gisement douteux, ne permettent pas de déterminer fort exactement leurs relations stratigraphiques ni leurs limites géographiques; aussi n'admettons-nous que sous toute réserve la classification suivante proposée par M. Beyrich.

1. *Mastodon angustidens, M. tapiroides, Rhinoceros matritensis, Anchitherium aurelianense, Cainotherium, Hipparion, Sus, Palæomeryx.* (C. de Prado.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

1° Dépôts de l'Elbe inférieur ou anciennes plages marines.
2° Dépôts du Holstein; blocs coquilliers et sables (gisements fort obscurs).
3° Roche de Sternberg; duché de Schwerin; marne, sable d'Osnabruck, de Bunde, de Lemgo, Freden, Luthorst, sable jaune de Gœttingen et de Cassel, Crefeld.
4° Argile à *septaria*, côtes de la Poméranie, Stettin, Magdebourg, Leipzig; elle représente les argiles de Boom près d'Anvers.
5° Lignites du Westerwald; bassin inférieur du Rhin, du Habitchswald, environs de Bonn (*Rhinoceros incisivus* et *minutus*, *Palœomeryx medius*, *Anthracotherium magnum*, *Microtherium Renggeri* (Crocodile, Salamandre, Triton).
6° Marnes d'Egeln, entre le Harz et Magdebourg.
7° Lignites du nord de l'Allemagne et des bords de la Baltique, remontant au sud dans la Silésie et la Bohême.

Aucune de ces divisions n'a révélé de faune annonçant l'existence de la formation inférieure.

Les fossiles de certaines localités, telles que les environs de Magdebourg, de Cassel, de Luithorst, de Freden, de Bunde, ont été décrits par M. R. A. Philippi, par M. Reuss, etc., sans qu'on en puisse rien déduire de bien précis sur leur horizon[1]. Nous avons rappelé ce qu'avait de curieux et d'intéressant pour la science le gisement de l'ambre ou succin dans les lignites des bords de la Baltique aux environs de Kœnigsberg et la faune si remarquable des insectes dont plus de 1100 espèces nous ont été conservées comme embaumées dans cette résine, produit d'un arbre de la famille des conifères (*Pinus succinifer*)[2]. Nous ne pouvons également que renvoyer le lecteur à ce que nous avons dit des gisements d'infusoires siliceux et du tripoli ou schiste à polir de la Bohême, à Franzenbad, à Bilin, etc., produits d'eaux thermales et d'eau douce[3], et mentionner la détermination de l'âge des célèbres mines de sel gemme de Wieliczka, près de Cracovie,

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 844. 1849.
2. *Ibid.*, p. 852.
3. *Ibid.*, p. 863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

par les fossiles marins qu'on y a trouvés, et qui ont démontré leur peu d'ancienneté relative. Ces vastes dépôts horizontaux de la formation tertiaire moyenne s'appuyent contre les couches redressées du grès des Carpathes[1].

Ne pouvant reproduire non plus tous les faits intéressants qui se rattachent à la géologie tertiaire du bassin du Rhin moyen et du Danube, nous choisirons quelques exemples parmi les localités les plus instructives.

Environs de Mayence. — La vallée du Rhin, autour et au sud de Mayence, est occupée par une série de petites couches marines, d'eau saumâtre et d'eau douce alternantes, d'une faible épaisseur et représentant le fond d'un ancien golfe de la mer où se déposait la mollasse de l'Alsace et de la Suisse. Séparé de ceux des environs de Cassel et de Dusseldorf au nord par les montagnes anciennes du Hundsruck et du Taunus et par les massifs secondaires voisins, ce petit bassin présentait des conditions particulières très-variées qui nous sont traduites par la richesse et la diversité de ses fossiles. L'ensemble de ces dépôts que recouvrent les alluvions quaternaires et qui reposent sur le grès rouge peut être représenté ainsi :

1° Sable et gravier à ossements de *Dinotherium*, etc., d'Eppelsheim.
2° Grès à empreintes végétales; Laubenheim, Budenheim.
3° Calcaire à Littorinelles; Wiesbaden, Mayence, Weissenau.
4° Couches à Corbicules; Dromersheim, Weissenau.
5° Calcaire à Cérites et coquilles terrestres; Hochheim, Oppenheim.
6° Marne à Cyrènes; Hochheim.
7° Argile à *septaria; Leda Deshayesiana;* Kreuznach, Offenbach, Weinheim,
8° Sables marins; *Ostrea callifera,* Weinheim près d'Alzey, etc.

Les sables et graviers d'Eppelsheim ont offert aux recherches de MM. Kaup et H. de Meyer 34 espèces de mammifères, dont 7 carnassiers, 1 édenté (*Macrotherium*),

1. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. II, p. 866. 1849.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

9 ruminants, 16 pachydermes ; les calcaires à Littorinelles de Mombach, de Budenheim, de Weissenau, 36 espèces dont 8 insectivores, 7 carnassiers, 5 rongeurs, 5 ruminants, 12 pachydermes, plus 15 ou 20 espèces d'oiseaux, 6 reptiles chéloniens, 6 ou 7 sauriens, 3 ophidiens, 9 batraciens, 2 salamandres et un certain nombre de poissons. M. F. Sandberger a publié, de 1858 à 1863, un magnifique ouvrage comprenant tous les restes de mollusques de ces couches, et M. Reuss a fait voir que le développement des animaux inférieurs (bryozoaires et polypiers) avait été comparativement faible.

Wurtemberg. — Les dépôts lacustres de Steinheim au nord-est de Stuttgard ont aussi fourni à M. Jœger de nombreux restes de vertébrés de la période qui nous occupe, comme ceux de Georgensmund, non loin de Nuremberg, à M. H. de Meyer. En outre, les argiles ferrugineuses des fentes, dans les calcaires jurassiques de l'Albe du Wurtemberg, ont apporté un riche tribut à la faune des mammifères fossiles de ce pays. Mais les 58 espèces déterminées (11 carnassiers, 3 rongeurs, 10 ruminants, 34 pachydermes) montrent des associations qui ne permettent aucune déduction certaine. Dans quelques cas cependant on ne peut douter que les minerais de fer en grains ne présentent, comme ceux du Jura suisse, quelques espèces caractéristiques des gypses du bassin de la Seine.

Autriche. — Les dépôts marins et lacustres des environs d'Ulm et de Lintz se continuent en descendant le Danube aux environs de Vienne et au delà. Autour de cette dernière ville ils ont été l'objet de nombreuses recherches qui, très-fructueuses sous le rapport des fossiles, laissent encore beaucoup à désirer sous celui de la succession des couches. Quelques géologues ne voient que les divers aspects d'une même couche qui aurait été déposée à des profondeurs différentes, là où d'autres observateurs voient des dépôts successifs et d'âges distincts. C'est donc encore sous toute réserve que nous exprimons comme il suit la composition du bassin tertiaire de Vienne.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

TERRAIN QUATERNAIRE. — *Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Ursus spelæus, Hyæna spelæa.*

FORMATION TERTIAIRE MOYENNE.

1. Sable et gravier du Belvéder (*Dinotherium giganteum, Mastodon longirostris, Rhinoceros Schleiermacheri, Acerotherium incisivum, Hippotherium gracile, Sus palæocherus.*)
2. Marnes supérieures (*Tegel* supérieur), dépôt d'eau saumâtre à *Congeria, Melanopsis* (Insersdorf) avec des mammifères de l'assise précédente.
3. Sables à *Cerithium pictum, Tapes gregarea, Ervilia podolica.*
4. Sables de Grund, etc. (Phoques, Dauphins, Chéloniens fluviatiles et palustres avec plantes).
5. Argile (*Tegel* inférieur) de Baden, Voeslau (Faune de Tortone (Piémont), et de Saubrigues, bassin de la Garonne). — Calcaire de Leytha avec argiles subordonnées, bancs de bryozoaires et de Nullipores, fossiles de la colline de Turin, et, suivant M. Suess, des restes de mammifères représentant encore les espèces de l'assise supérieure.
6. Sables de Grusbach, Grund, Ebersdorf, etc., dont les coquilles rappellent celles des faluns de Léognan, près Bordeaux.
7. Sables de Korn, conglomérats de Liebersdorf avec *Cardium angulatum, Isocardia subtransversa* et plusieurs espèces des sables du Limbourg.

Dans le bel ouvrage qu'il publie sur les mollusques fossiles de ce bassin, M. Morriz Hörnes a déjà donné 500 espèces de gastéropodes dont 100 auraient leurs analogues vivant dans la Méditerranée, 19 dans les mers qui entourent l'Angleterre, 31 dans les mers chaudes. C'est, avec les couches tertiaires de Castel-Arquato, de Modène et de la Toscane, que cette faune, prise dans son ensemble, a le plus d'analogie, après celle des Siebenbürgen dans le Banat, dont MM. de Hauer et Stache ont donné des listes particulières.

Turquie d'Europe et Grèce. — Sans nous arrêter au gisement de mammifères fossiles de Baltavar, près d'Eisenburg, qui rappelle les couches supérieures de la formation moyenne, aux couches à Cérites, ni aux lignites avec Mastodonte, *Anthracotherium*, etc., de la Styrie, qui sont plus anciens, non plus qu'aux riches gisements de plantes et d'insectes de Radoboj, en Croatie, et à ceux de Parschlung, au nord de Grætz, nous passerons dans le bassin inférieur du Danube, où les vastes plaines de la Valachie, de la Moldavie et de la Bulgarie nous offriront le prolongement des assises à Cérites et des couches à *Congeria* de la Hongrie et des environs de Vienne. A deux milles au nord-est de Beni, dans la Bessarabie, nous

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

retrouvons même des restes de *Mastodon arvernensis*, d'*Elephas meridionalis*, etc., rappelant la faune supérieure de l'Europe occidentale. Au sud, le long des côtes de la mer de Marmara, des Dardanelles, de la mer Égée, sur le pourtour de la Grèce continentale et du Péloponèse, des dépôts lacustres souvent avec lignites et végétaux fossiles (Koumi, Oropo, (Eubée, Iliodrama), représentent la formation moyenne, et des couches marines la supérieure. Le gisement de Pikermi, récemment étudié par M. A. Gaudry, nous donne une idée de la population de l'Attique dans ces derniers temps de l'époque tertiaire, de cette multitude de carnassiers, de grands pachydermes (Mastodontes, Rhinocéros), d'*Hipparion* et surtout de ruminants (Girafe, Antilopes, *Helladotherium*) parcourant les pentes de l'Hymète, du Pentélique et la plaine de Marathon[1].

Russie méridionale. — L'absence de Nummulites et d'autres rhizopodes caractéristiques de la formation inférieure, au nord d'une ligne dirigée S.-E. N.-O., du pied du Caucase au pied des Carpathes, nous fait présumer que toutes les couches de la Russie méridionale, rapportées jusqu'à présent à cette formation, pourraient en réalité n'être que le prolongement de celles que nous avons indiquées dans le nord de l'Allemagne et la Pologne. Les quelques fossiles invoqués à l'appui de l'opinion contraire nous semblent encore insuffisants pour la justifier. Ainsi dans cette grande région la formation moyenne se composerait de deux étages principaux : l'un inférieur, comprenant au nord toutes les couches rapportées à la première période, l'autre supérieur, celles qui seraient au sud le prolongement des dépôts du bassin du Danube, de la Hongrie et de l'Autriche. Ces dernières sont surmontées, le long de la

1. Cette faune comprend 1 quadrumane, 14 carnivores, 1 rongeur, 1 édenté, 4 proboscidiens, 7 pachydermes, 15 ruminants, 5 oiseaux, 2 reptiles. Il n'y a point d'insectivores, d'Éléphant, de Cheval, de Bœuf, d'Hippopotame, et la prédominance des carnassiers et des ruminants serait encore un caractère de la faune tertiaire supérieure.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mer Noire, de la mer d'Azof et dans l'isthme qui sépare celle-ci de la Caspienne, comme dans une partie de la Crimée, de dépôts plus récents désignés sous le nom de *calcaire des steppes* ou *d'Odessa*.

Ce calcaire est en grande partie composé de coquilles analogues à celles de la Caspienne actuelle, et qui sont des univalves d'eau douce, associées à des formes de *Cardium* et de *Mytilus* communes dans les eaux saumâtres et même dans les eaux douces de nos jours. Ce caractère de la faune qui persiste jusqu'en Asie prouve qu'avant l'époque quaternaire cette région, sensiblement horizontale, était déjà occupée par une mer intérieure d'eau à peine saumâtre dont la Caspienne et l'Aral ne sont que les faibles restes.

Cette grande extension superficielle des dépôts tertiaires récents de l'est de l'Europe et des parties contiguës de l'Asie, la simplicité et l'uniformité de leur composition, leur peu d'épaisseur comme le peu de variété de leurs faunes comparées à ce que nous a offert l'Europe occidentale, sont encore la continuation de ce contraste frappant que nous avions signalé entre les formations secondaires des deux régions.

§ 5. ASIE.

Asie occidentale. — Formation inférieure. — En continuant à distinguer la formation inférieure tant que ses caractères peuvent nous guider, nous la trouvons, dans l'Asie occidentale, composée du groupe marin nummulitique reposant sur la craie ou sur des roches plus anciennes. Comme l'Égypte, l'Asie Mineure est, depuis Strabon, la terre classique des Nummulites. Elles y ont été observées par la plupart des voyageurs modernes, mais ce n'est qu'à la suite des études de M. P. de Tchihatcheff, que les couches qui les renferment ont été placées à leur véritable niveau. Au-dessus viennent des grès rouges, des argiles et des amas de gypse très-constants aussi

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qui les accompagnent dans tous les accidents de leur stratification. Ces dépôts sont particulièrement développés au nord, dans la Bithynie, la Paphlagonie, la Galatie et le Pont, au sud dans la Pisidie, la Lycie, la Cilicie et la Cappadoce. Les nombreux fossiles que le savant voyageur a rapportés de ces diverses provinces et que nous avons décrits dans son grand ouvrage intitulé : *Asie Mineure*, font ressortir les analogies et les différences de cette faune avec celle de l'Europe occidentale.

Dans le Taurus méridional, la haute Syrie et le Liban, M. Gaillardot a constaté l'existence du groupe nummulitique. Il en est de même du massif montagneux de l'Arménie au nord jusque dans le haut bassin d'Akhaltzikhé, au sud, autour de Maden, d'Arganah-Maden, de Kharput, de Jezirah et dans une partie du Kurdistan, régions visitées par MM. de Chancourtois, Ainsworth, W. Smith, Hommaire de Hell et Abich. Partout les *Nummulites Ramondi, intermedia, lævigata, spira, perforata*, si communes dans l'ouest de l'Europe, y ont été observées. Plus à l'est encore, au nord de Téhéran, Hommaire de Hell a rencontré, dans la montagne de Khialanek, les *Nummulites perforata, Ramondi, lævigata, intermedia*, et, au delà de l'axe central de l'Elbourz, de nouveaux calcaires à Nummulites occupent le versant de la chaîne qui borde la Caspienne. M. Loftus nous les montre encore formant une partie essentielle des montagnes de Zagros ou de Louristan qui se prolongent au S.-E. entre la Perse et le bassin de l'Euphrate jusqu'à Chiraz, au nord du golfe Persique, et se relient aux roches du même âge situées au delà, sur la côte de Mascate, puis dans l'île Masira, sur le littoral de l'Arabie, à Marbate, etc., comme l'a observé M. J. Carter.

Mais les études de M. H. Abich sur le pourtour du massif de l'Arménie, particulièrement dans le bassin de l'Araxes, au pied sud-est de l'Ararat, et dans la vallée supérieure de l'Euphrate, ont fait voir en outre que les calcaires, les sables, les argiles, les grès rouges et les poudingues, avec des amas

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de gypse et de sel subordonnés, qui partout surmontent les couches nummulitiques avec une concordance parfaite et que l'on pouvait croire les équivalents du groupe lacustre de l'ouest, appartiennent par leur faune à la formation tertiaire moyenne, de sorte que cette discordance entre les deux formations, si frappante sur les flancs des Pyrénées, des Alpes, etc., n'est plus qu'un accident local qui disparaît lorsqu'on s'avance vers l'est.

Formations moyenne et supérieure. — Non-seulement ici les deux formations inférieures ne se distinguent plus par leur stratification, mais la moyenne et la supérieure cessent aussi, dans la partie orientale du bassin méditerranéen, de se distinguer nettement par leurs fossiles. En outre, la multiplicité des phénomènes ignés qui se sont produits dans l'Arménie, en Asie Mineure, dans quelques îles voisines et sur une multitude d'autres points pendant les périodes tertiaires récentes et quaternaire, a tellement modifié les reliefs de toute cette région, accidenté les dépôts portés à 1500 et 1800 mètres d'altitude, que toute généralisation à leur égard serait difficilement comprise. Les couches tertiaires ne se coordonnent point, comme dans la plupart des autres contrées, aux bassins hydrographiques. Celles d'eau douce surtout, plus difficiles encore à classer dans de pareilles conditions que les sédiments marins, sont extrêmement développées dans les parties centrales et occidentales de l'Anatolie et dans plusieurs des îles qui la bordent.

Les dépôts marins observés par Ed. Forbes, M. Ch. Texier et surtout par M. P. de Tchihatcheff dans la Carie, la Lycie et la Cilicie et dont les nombreux fossiles ont été étudiés et décrits par M. P. Fischer dans la *Paléontologie de l'Asie Mineure*, nous représentent bien l'horizon de la mollasse sur le pourtour de la Méditerranée, et les recherches de M. Alb. Gaudry dans l'île de Chypre confirment ces résultats[1].

1. Voy. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 945-969. 1849.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Asie méridionale. — Quoique les couches tertiaires occupent dans l'Inde des surfaces très-considérables, après le dépôt des plus anciennes, qui n'existent que dans certaines régions, les mers n'ont plus recouvert qu'une très-faible portion du domaine actuel des terres émergées, et cela dans le voisinage même des côtes, tandis que les sédiments d'eau douce, très-puissants le long des pentes de l'Himalaya, sont aussi fort étendus, quoique très-peu épais, dans les parties centrales de la péninsule.

Le groupe nummulitique constitue la plus grande partie ou du moins la mieux connue de la formation inférieure. Il a été observé, de l'O. à l'E., sur une étendue de 25 à 26 degrés, depuis le Béloutchistan jusque dans le Bengale oriental, et sur 15 degrés, du S. au N., depuis l'embouchure de la Nerbuddah jusqu'aux montagnes qui entourent la haute vallée de Cachemire. Ses dépôts sont loin d'être continus dans tout cet espace et de présenter les mêmes caractères pétrographiques, la même composition et les mêmes fossiles, et, en nous occupant de décrire ceux de ces derniers qu'avaient recueillis dans leurs explorations MM. Vicary, Fleming, Oldham, Strachey, Thomson et Hooker, nous avons pu caractériser un certain nombre de régions sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure[1].

Ces dépôts sont complétement indépendants des roches crétacées qui ne se montrent guère dans leur voisinage, et réciproquement les quelques lambeaux de celles-ci que nous avons signalés dans l'Inde sont fort éloignés de tout terrain tertiaire de cet âge. Partout où le *substratum* des couches nummulitiques a été reconnu directement, il se composait de grès, d'argiles et de lits charbonneux subordonnés représentant ainsi le groupe inférieur de l'ouest de l'Europe et reposant sur des roches secondaires jurassiques ou plus anciennes.

1. Voy. aussi *Esquisse générale des caractères physiques et géologiques de l'Inde britannique,* par G. B. Greenough, en 9 feuilles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Cependant on doit penser qu'une étude attentive du bassin inférieur de la Nerbuddah fera connaître des relations plus directes entre les couches crétacées de Bagh au nord du fleuve et les couches nummulitiques des environs de Ruttunpoore au sud, comme on a vu que dans le Bengale oriental la craie paraissait supporter les couches tertiaires les plus basses.

Dans la *Description des fossiles du groupe nummulitique de l'Inde*[1], que nous avons publiée en commun avec J. Haime, nous avons reconnu 415 espèces, plus 50 variétés, en tout 465 formes distinctes réparties dans 116 genres, depuis les rhizopodes jusqu'aux reptiles. En faisant abstraction de 38 formes incomplétement déterminées à cause de l'état des échantillons, 336 avaient été rencontrées dans la première région, celle de l'ouest qui comprend le Béloutchistan, le Sinde, la province de Cutch et les collines qui bordent le cours inférieur de la Nerbuddah, puis 44 dans la seconde, celle du Pendjab, 49 dans la province de Simla, aux environs de Subathoo, 16 dans la province de Silhet, dans le Bengale oriental. Ce dernier chiffre n'est sans doute point en rapport avec le nombre des fossiles qui existent dans cette localité, mais exprime seulement le nombre de ceux que nous avions pu nous procurer. Quant à ceux des régions plus au nord, telles que les montagnes de Cachemire et celles que traversa M. Thomson en se rendant du Zanskar à la vallée supérieure de l'Indus, où il recueillit des Nummulites et des Alvéolines à une altitude supérieure à celle du sommet du Mont-Blanc, ils ne consistent encore qu'en rhizopodes de ces deux genres.

Un certain nombre d'espèces sont communes à ces diverses régions, d'autres, aux couches de la côte d'Arabie, à l'Asie occidentale, à l'Égypte, et 69 ou 1/6 aux dépôts correspondants de l'Europe. Parmi ces dernières, on remarque

[1] Un vol. grand in-4°, avec 36 planches. Paris, 1853-54.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

qu'il y a 17 rhizopodes ou plus de la moitié du total des espèces de cette classe, puis 11 polypiers ou 5/8, et que les autres classes sont représentées par des proportions plus faibles, 1/7, 1/8, 1/10; de sorte que le nombre des espèces qui se trouvent dans les dépôts du même âge du centre de l'Asie et de l'ouest de l'Europe décroît à mesure qu'elles appartiennent à des animaux plus élevés, ce qui est parfaitement conforme à ce que l'on connaît de la persistance relative des types dans l'espace et dans le temps.

On sait en outre aujourd'hui, que ce vaste horizon géologique s'étend encore plus loin et que des roches nummulitiques ont été reconnues au Japon, aux îles Philippines et dans celle de Bornéo[1].

Si quelques-unes des couches marines qui surmontent les assises nummulitiques proprement dites dans la partie sud de la région occidentale de l'Inde peuvent appartenir à la formation moyenne, les dépôts lacustres qui occupent de grandes surfaces dans l'Inde centrale, au midi de la Nerbuddah, puis entre le Godavery et le Tapty, quoique peu épais, dérangés par l'arrivée des roches trappéennes, appartiendraient encore à la formation inférieure. Les nombreuses Paludines, les Valvées, les Succinées, les Limnées, les Physes, dont une pourrait être prise pour la *P. gigantea*, de Rilly, près Reims, les *Unio*, etc., n'ont nulle part leurs analogues dans la faune actuelle.

Dans le bassin de l'Indus, en général, les dépôts de sables, de grès et de conglomérats à ossements, qui partout surmontent les couches marines, marquent une ère nouvelle bien distincte de l'ère nummulitique. Les collines Sewalik, qu'ils constituent, longent le pied de l'Himalaya, en formant une bordure continue, quelquefois séparée de la chaîne par des vallées longitudinales parallèles. Toutes les couches, qui se maintiennent entre 600, 750 et même 1000 mètres d'altitude,

1. *Quart. Journ. geol. soc. of London*, vol. XIX, p. 32 et 515 des notices. 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

plongent au N.-E., ou vers la chaîne elle-même; elles présentent leurs tranches ou leurs pentes abruptes à la plaine du Gange, disposition anormale en apparence, mais que nous retrouvons dans toutes les grandes chaînes du globe. De nombreuses failles parallèles à la direction ont en outre accidenté ce puissant système de dépôts d'eau douce.

La partie de ces collines située entre le Gange et la Jumna a fourni une prodigieuse quantité de restes de vertébrés aux études ostéologiques de MM. Cautley et Falconer dont la publication, malheureusement interrompue par la fin prématurée de ces deux savants, n'a pas encore permis d'apprécier toute la richesse de la faune de grands mammifères qui peuplait alors cette région. Des associations d'espèces et surtout de genres peu compatibles avec ce que nous connaissons de leur succession dans les autres parties du globe, peuvent être attribuées aux accidents stratigraphiques dont nous venons de parler, qui auront fait confondre ou réunir des fossiles de couches d'âge différent. Des restes de ces mêmes faunes de vertébrés ont été recueillis aussi à l'est dans le bassin inférieur de l'Irawadi, dans le royaume des Birmans, et, à l'ouest, dans l'île de Périm, dans le golfe de Cambaye, de sorte qu'alors comme aujourd'hui la même faune s'étendait de la partie orientale du golfe du Bengale, à 1700 kilomètres vers le N.-O., au pied de l'Himalaya, et de là dans tout le bassin moyen et inférieur de l'Indus.

Cette faune, prise dans son ensemble et encore bien imparfaitement connue, est une des plus extraordinaires qui aient jamais peuplé la terre par la variété, le nombre et le développement des animaux de grande taille, par les types particuliers au pays qui y sont encore représentés, par les modifications d'autres marquant le passage entre des genres que l'on croyait séparés, par le nombre prodigieux des formes se rattachant à un même type, et le tableau ci-joint, qui en résume les éléments, peut justifier l'intérêt qui s'y rattache.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

- QUADRUMANES.
  - *Semnopithecus subhimalayanus* (de la taille de l'Orang-outang).
  - 2 autres espèces plus petites.
  - Une quatrième plus grande que l'Orang-outang.
- CARNASSIERS
  - *Hyænarctos sivalensis.*
  - *Canis.*
  - *Viverra,* indét. (Bengale).
  - *Hyæna sivalense.*
  - *Felis cristata.*
- RONG.
  - *Mus,* plusieurs espèces.
- PROBOSCIDIENS.
  - *Elephas (Stecodon) Clifftii, bombifrons, canesa, insignis (Loxodon), planifrons (Elasmodon), hysudricus, namadicus.*
  - *Mastodon (Tetralophodon) perimensis, latidens, sivalensis.*
  - *Dinotherium indicum.*
- PACHYDERMES A DOIGTS IMPAIRS.
  - *Rhinoceros platyrhinus, palæindicus, sivalensis,* 4 indét.
  - *Acerotherium perimense.*
  - *Tapir.*
  - *Hipparion antelopinum.*
  - *Equus sivalensis, namadicus, palænus.*
- PACHYDERMES A DOIGTS PAIRS.
  - *Hippopotamus* (à six incisives *Exaprotodon*), *sivalensis, namadicus, iravaticus;* (à 4 incisives *Tretaprotodon*) *dissimilis.*
  - *Sus giganteus, hysudricus, sivalensis (Hippohyus).*
  - *Chalicotherium sivalense.*
  - *Merycopotamus dissimilis.*
- RUMINANTS.
  - *Camelus sivalensis, antiquus.*
  - *Camelopardalis sivalensis, affinis.*
  - *Helladotherium.*
  - *Sivatherium giganteum.*
  - *Bramatherium perimense.*
  - Cerfs, plusieurs espèces.
  - Antilopes, plusieurs espèces.
  - Bœufs, plusieurs espèces.
- REPTILES.
  - Chéloniens.
    - *Colossochelys Atlas.*
    - *Emys,* voisine de l'*E. tectum* vivante, et plusieurs autres espèces.
  - Crocodiliens.
    - *Crocodilus,* voisin du *C. biporcatus* vivant.
    - Gavial, voisin de celui du Gange, *crassidens.*
    - *Crocodilus Cliftii.*

De ces 29 genres de mammifères, comprenant sans doute plus de 60 espèces, 8 sont éteints, 3 sont propres au pays, 13 sont encore représentés dans la nature actuelle, soit dans l'Inde, soit dans les autres parties du globe.

Quant à l'assise ferrugineuse désignée sous le nom local de *latérite* et sous celui de *grès latéritique*, d'une épaisseur de 60 à 70 mètres, toujours sans fossiles et surmontée seulement de dépôts quaternaires, sa composition, comme la diversité des roches sur lesquelles elle repose, ne jette aucune lumière sur son âge ni sur son origine. Plus ancienne que le *regur* et le *kunker*, elle est cependant plus récente que les grandes nappes trappéennes qu'elle recouvre.

Ainsi le terrain tertiaire de l'Inde nous offre, dans sa formation inférieure, les plus grandes analogies avec celui de l'Asie occidentale et de l'Europe, tandis que ce que nous pouvons rapporter aux formations moyenne et supérieure y présente des différences plus prononcées avec celles de ce dernier pays.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 6. AFRIQUE.

La portion nord du continent africain qui borde le bassin méditerranéen, depuis le golfe de Suez jusqu'au détroit de Gibraltar, offre la contre-partie des dépôts tertiaires que nous avons étudiés sur son périmètre européen et asiatique. Les formations inférieure, moyenne et supérieure sont développées, tantôt sur un point, tantôt sur un autre, depuis l'Égypte, l'Algérie et le Maroc jusque sur les côtes de l'Atlantique, avec les caractères que nous connaissons déjà. Il serait donc superflu de nous y arrêter, et ce que nous avons dit ailleurs sur ce sujet pourra être consulté, comme ce qui se rapporte aux autres parties du même continent et aux îles qui en dépendent[1].

Mais nous devons signaler ici le singulier caractère de la partie centrale et australe du continent qui, comme le fait remarquer sir R. Murchison, n'a encore présenté aucun dépôt tertiaire marin ni de transport quaternaire aux hardis et savants voyageurs qui l'ont sillonnée. Cette immense surface aurait été émergée, peut-être avant le *grès à Dicynodon* (*antè*, p. 549) et même les dépôts houillers plus anciens qui n'ont partout offert que des organismes terrestres, et elle serait ainsi un exemple de stabilité probablement unique sur la terre, car les phénomènes volcaniques n'y ont pas été observés non plus.

§ 7. AMÉRIQUE.

Amérique du Nord. — Le terrain tertiaire de l'Amérique du Nord montre une disposition générale différente de celle que nous lui avons reconnue dans l'ancien continent, mais

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 297-1015, et III, p. 203-213.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'accord avec celle des autres terrains et qui est la conséquence de la simplicité des grands caractères orographiques et hydrographiques du pays. Nous ne le voyons plus en effet sur la côte orientale des États-Unis, en rapport avec les bassins des principaux cours d'eau qui descendent des Apalaches et découpé de mille manières, suivant les reliefs du sol; il occupe au contraire une zone ou bande continue le long de la mer, depuis le cap Cod (Massachusetts) jusqu'à la pointe méridionale de la Floride, se prolongeant ensuite vers l'O., en circonscrivant le golfe du Mexique. La largeur de la zone augmente du N. au S., et elle atteint 40 et même 60 lieues dans cette dernière direction.

Dans le New-Jersey et une partie de la Virginie, comme dans les États d'Alabama, du Mississipi, de l'Arkansas, de la Louisiane, du Texas, et, plus au nord, dans la région du Missouri, le terrain tertiaire, partout horizontal, recouvre la formation crétacée; mais, dans le Maryland, une partie de la Virginie, les deux Carolines et la Géorgie, il repose immédiatement sur la limite sud-est des roches primaires et granitiques, sans dépasser pour cela 150 mètres d'altitude.

Nous avons exposé en détail les recherches dont ces dépôts ont été l'objet jusqu'en 1849[1]; mais des travaux ultérieurs ont beaucoup augmenté nos connaissances à leur égard. Exclusivement marins, d'eau saumâtre ou tout à fait d'eau douce, ils occupent des régions distinctes sans présenter d'alternances. Ainsi ceux d'origine marine bordent l'Atlantique à l'est, le golfe du Mexique au sud et les côtes du Pacifique dans la Californie et l'Orégon à l'ouest; ceux d'eaux saumâtres s'observent dans la partie supérieure du cours du Missouri, dans les bassins de la rivière Plate et de la rivière Blanche (White river), contrée de Nebraska; enfin de grands dépôts d'eau douce, quelquefois désignés sous le nom de *formation des lignites*, s'étendent sur les plateaux ou pentes occidentales

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 1016.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

des montagnes Rocheuses au nord et au sud du Missouri supérieur. Le tableau suivant représente l'ensemble de la série tertiaire du nord de l'Amérique.

		Mètres.
FORMATION SUPÉRIEURE.	Étages de *Sunter* et *Darlington* (Caroline), argiles, sables, limon, fossiles peu nombreux.	
	— Haut Missouri; bassin de la Niobrara, etc. (Nebraska).	
	1. Sables bruns ou gris foncé avec Mastodonte et Éléphant; 2. sable et gravier; 3. grès blanc-jaunâtre; 4. sable gris-verdâtre avec nombreux ossements de mammifères; 5. marne arénacée, rouge, jaunâtre; 6. grès gris calcarifère avec coquilles fluviatiles et terrestres. . . .	90 à 120
FORMATION MOYENNE.	— de *Yorkstown* (Virginie), argile à *Turritella altilicostata, Cytherea Sayana,* sables à *Nucula limatula;* couches à *Crepidula costata;* sables ferrugineux et grès. Couches à diatomacées de Richemond et de West-Point.	
	— sur les côtes du Pacifique; sables et argiles de 500m d'épaisseur. Couches à diatomacées de 15 mètres. Poissons assez nombreux, *Carcharodon megalodon,* Baleines, Dauphins, Phoques.	
	— dans le haut Missouri, bassins de White river, etc. (Nebraska).	
	1. Grès grossiers, conglomérat et bancs calcaires (Rhinocéros, etc.).	30 à 60
	2. Grès brun-jaunâtre, concrétions silicéo-calcaires, grès dur à grain fin. 25 espèces de mammifères, coquilles fluviatiles et terrestres	105 à 120
	3. Sable calcaire jaunâtre très-fin; concrétions calcaires; argiles et grès calcarifères alternants vers le bas. 7 espèces de mammifères.	15 à 25
	4. Grès argilo-calcaire passant vers le bas à une argile grise, puis à une couche argilo-calcaire remplie d'ossements; 22 espèces de mammifères et une tortue	25 à 30
	5. Sable gris calcarifère, argile grise, à grains de quartz, grès argileux et gravier avec *Titanotherium Proutii* et *Cheropotamus* (*Hyopotamus*).	15 à
	Ces cinq assises de 220 à 265 mètres d'épaisseur totale reposent directement sur la craie.	
FORMATION INFÉRIEURE.	— *de Wicksburg* (Mississipi). Argiles et lignites; roches ferrugineuses, calcaires compactes et marnes bleues avec *Orbitoides Mantelli,* le tout développé dans l'Alabama, la Floride, la Caroline du Sud. Rhizopodes très-nombreux le long des rivières Ashley, Cooper et Santee	200 à 260
	— dans le haut Missouri, grand bassin de lignite, d'environ 60,000 milles carrés, développé particulièrement sur les bords de la Yellowstone (Mauvaises terres de Nebraska) composé d'un grand nombre de couches d'argile, de sable, de marne, de grès avec des bancs de lignite subordonnés. MM. Meek et Hayden en ont décrit les nombreuses coquilles d'eau douce et terrestres (Mélanies, Paludines, Valvées, Hélices, Bulimes, Limnées, Physes, Planorbes, *Unio*), et M. Leidy, les reptiles (*Thespesius occidentalis, Ischyrotherium antiquum, Mylognatus priscus, Compsemys victus, Emys obscurus, Trionyx.*	
	— au-dessous et s'y rattachant intimement, dépôts d'eau saumâtre des bassins de la Judith, de la Big-Horn, etc., de 30 à 300 mèt. d'épaisseur, avec Huîtres, Cérites, Corbicules, Cyrènes, etc.	
	— *de Jackson* (Mississipi). Argiles et lignite, marnes bleues; nombreuses coquilles marines, quelques radiaires et polypiers, 25m. C'est le gisement du *Zeuglodon cetoides* (*Basilosaurus*), grand mammifère marin très-répandu dans les couches du Mississipi, d'Alabama, de la Georgie et de la Caroline du sud.	
	— *de Claiborn* (Alabama). Roches très-variées, argiles marneuses, siliceuses (*buhrstone*) (Caroline du Sud), coquilles nombreuses et poissons	37 à 130

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Nous indiquerons ici la répartition des animaux vertébrés dans les formations supérieure et moyenne du haut Missouri, d'après les recherches stratigraphiques de MM. Meek, Hayden et Evans et les déterminations zoologiques de M. Leidy.

VERTÉBRÉS DE LA FAUNE SUPÉRIEURE DES BORDS DE LA NIOBRARA.

CARNASSIENS.
- *Leptarctus primus.*
- *Félis intrepidus* (*Pseudælurus*).
- *Ælurodon ferox.*
- *Canis sævus.*
- — *vafer.*
- — *Haydeni* (*Epicyon*).
- — *temerarius.*

RONGEURS.
- *Hystrix venustus* (*Hystricops*).
- *Castor tortus* (*Eucastor*).

PACHYDERMES
- *Elephas imperator* (*Euelephas*).
- *Rhinoceros crassus.*
- *Mastodon mirificus* (*Tetralophodon*).

ÉQUIDÉS.
- *Hipparion* (*Hippotherium*) *occidentale.*
- — *speciosum.*
- *Merychippus insignis.*
- — *mirabilis.*
- *Equus excelsus.*
- — *perditus* (*Protohippus*).

RUMINANTS.
- *Merycodus necatus.*
- *Megalomeryx niobrahensis.*
- *Procamelus occidentalis.*
- — *robustus.*
- — *gracilis.*
- *Merychyus elegans.*
- — *medius.*
- — *major.*
- *Cervus Warreni.*

Reptile chélonien, *Testudo niobrahensis* (*Stylemys*).

VERTÉBRÉS DE LA FAUNE MOYENNE DE WHITE-RIVER, ETC. (NEBRASKA).

CARNASSIERS.
- *Hyænodon horridus.*
- — *cruentus.*
- — *crucians.*
- *Amphycion vetus.*
- — *gracilis.*
- *Deinictis felina.*
- *Machairodus primævus.*

RONGEURS.
- *Stenofiber nebrascensis.*
- *Ischyromys typus.*
- *Palæolagus Haydeni.*
- *Eumys elegans.*
- *Hystrix venustus.*

PACHYDERMES.
- *Cheropotamus americanus* (*Hyopotamus*).
- *Entelodon Mortoni* (*Archæotherium*).
- — *ingens.*
- *Titanotherium Prouti.*
- *Paleochœrus probus.*
- *Leptochœrus spectabilis.*
- *Rhinoceros nebrascensis* (*Hyracodon*).
- — *occidentalis.*

ÉQUIDÉS
- *Anchitherium Bairdi* (*Hypohippus*).
- — *affinis.*
- — *cognatus* (*Parahippus*).

RUMINANTS.
- *Oreodon gracilis.*
- — *Culberstoni.*
- — *major.*
- *Agriochœrus major.*
- — *antiquus.*
- *Pœbrotherium Wilsoni.*
- *Leptomeryx Evansi.*
- *Leptochenia decora.*
- — *major.*
- *Protomeryx Halli.*
- *Merychochœrus proprius.*

REPTILES CHÉLONIENS.
- *Testudo nebrascensis.*
- — *hemisphærica.*
- — *Oweni.*
- — *Culberstoni.*
- — *lata.*

Ces tableaux font voir 1° qu'aucune des espèces de mammifères quaternaires n'avait encore paru lors des dépôts tertiaires supérieurs; 2° que ceux-ci renferment 17 genres et 27 espèces; 3° que les dépôts tertiaires moyens comprennent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

23 genres et 34 espèces; 4° qu'une seule de ces dernières, l'*Hystrix venustus*, est commune aux deux formations; et 5° enfin que 2 genres seulement (*Hystrix* et *Rhinoceros*) leur sont communs. La distribution des mammifères dans les cinq assises de la formation moyenne montre que 3 espèces (2 Rhinocéros et 1 Tortue) se présentent dans 4 d'entre elles, 2 *Oreodon* dans 3, 11 autres espèces dans 2, et l'assise inférieure, qui repose sur la craie, n'a offert que 2 espèces appartenant à 2 genres particuliers : *Titanotherium* et *Cheropotamus* (*Hyopotamus*).

Le long de la chaîne côtière de la Californie les dépôts tertiaires marins sont très-développés, quoique moins que ceux de la craie, et les fossiles nombreux, mais mal conservés, n'ont pas été encore l'objet d'un travail particulier. Cette chaîne aurait éprouvé trois soulèvements et trois périodes de métamorphisme : le premier après le dépôt de la craie, le second après celui des couches tertiaires moyennes; le troisième a commencé pendant l'ère tertiaire supérieure et se continue encore.

Les dépôts qui occupent, à l'intérieur, le bassin du Sacramento et longent le pied de la Sierra-Nevada sont exclusivement d'eau douce et de la période tertiaire supérieure; c'est le gisement de l'or d'alluvion. Ils ont été recouverts par d'immenses nappes de produits volcaniques, cendres, pumites, laves, etc., et le tout a été excavé et raviné ensuite pour former les vallées des cours d'eau actuels. Les restes de mammifères rencontrés dans les travaux des *placers* appartiennent à deux époques, les plus anciens à la période tertiaire supérieure, les plus récents à l'époque quaternaire; les premiers gisent dans les lits de cailloux, sous les assises d'origines volcaniques, les seconds dans les dépôts formés depuis le moment de plus grande activité des volcans et qui appartiennent probablement à l'époque de l'homme, car, dit M. Whitney[1],

1. *Amer. Journal* de Silliman, vol. XXXVIII, p. 256-264. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

il semble que les données fournies par les travaux du *Geological Survey de la Californie*, lorsqu'ils seront tous publiés, justifieront l'assertion que *le Mastodonte et l'Éléphant, dont les restes sont si évidemment et si abondamment répandus, ont été contemporains de l'homme dans le pays.* Ces faits nous offrent donc une analogie remarquable avec ce que nous avons vu à la surface du plateau central de la France.

Résumé. — Les tableaux précédents font voir combien la série tertiaire du nord de l'Amérique diffère de celle de l'Europe. Beaucoup plus simple dans tous ses caractères, plus uniforme dans le temps et dans l'espace, elle ne présente nulle part, sur des surfaces égales à deux ou trois fois celle de la France, de différences aussi tranchées que celles qui existent entre le bassin de la Seine et celui de la Tamise, entre celui de la Garonne et celui de l'Aude, entre la Provence et la Suisse, etc.

Les caractères paléontologiques ne sont pas moins différents que ceux des roches. Ainsi la formation inférieure de l'ancien continent nous a offert, dans sa partie médiane ou vers le milieu de la période, un caractère constant que nous avons pu suivre sur les 2/5 de la circonférence de la terre : c'est la présence simultanée des Numinulites, des Alvéolines, des Operculines, des Orbitolites et des Orbitoïdes, rhizopodes qui, sauf le dernier genre qui n'est pas d'ailleurs exclusif à cet horizon, manquent dans l'Amérique du Nord. Dans l'Europe occidentale cette même formation présente au moins trois faunes distinctes de grands mammifères terrestres fort riches, surtout la dernière; nous n'en voyons encore signalée aucune trace ni dans l'Europe orientale, ni en Asie, ni en Afrique, et, dans l'Amérique, déjà si bien explorée, ces faunes n'ont point de représentant non plus. Les animaux de cette classe n'y apparaissent qu'avec la formation moyenne.

Quant aux mollusques et aux autres invertébrés, on peut dire que leurs faunes sont pauvres relativement à celles de nos petits bassins d'Europe. Les espèces s'y comptent à peine

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

par centaines, tandis que de ce côté de l'Atlantique elles se comptent par milliers. La liste totale des mollusques fossiles des États-Unis, dressée en 1848 par M. Lea, ne comprenait que 1223 espèces ou un tiers à peine de ce que nous connaissons dans les bassins de la Seine et de la Loire. Leur distribution, dans les trois étages de Claiborn, de Jackson et de Wicksburg, n'a rien non plus de comparable à cette exubérance de la vie, à cette diversité infinie que nous observons depuis la glauconie inférieure jusqu'au sommet des petites collines de Montmartre ou d'Headon.

L'examen comparatif des deux autres formations nous conduirait à des dissemblances non moins frappantes relativement aux genres et aux espèces, comme par rapport au nombre et à la variété des types, infiniment moins riches et moins nombreux dans les mers tertiaires du nouveau continent que dans celles de l'ancien. Peut-être n'en était-il pas de même des mollusques fluviatiles et terrestres qui, aujourd'hui, comme nous l'avons remarqué[1], acquièrent, dans l'Amérique du Nord, un développement relatif tout à fait exceptionnel.

Parmi les grands mammifères terrestres, quelques genres sont communs aux deux continents, d'autres leur sont propres; mais l'examen le plus attentif n'en a pu découvrir un seul qui fût particulier au terrain tertiaire inférieur de l'ouest de l'Europe, et aucun de ceux qui, dans ce dernier pays, ne se montrent que dans la période supérieure, n'a vécu non plus en Amérique dans la période moyenne. La persistance des grands horizons se maintient donc ici.

Mais la durée de l'existence des genres communs n'a pas été la même de part et d'autre. Ainsi l'Éléphant, le Mastodonte, le Cheval, le Castor ont continué à vivre en Amérique pendant l'époque quaternaire, tandis que le Rhinocéros y avait déjà disparu, et le Cheval s'y est éteint avec les deux autres. En Europe, au contraire, le Mastodonte avait cessé avec la

1. *Introduction à l'étude de la paléontologie stratigraphique*, vol. II, p. 234.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

période tertiaire supérieure; l'Éléphant et le Rhinocéros, qui parcouraient encore toute l'Europe et l'Asie, ne s'éteignirent que vers le milieu de l'époque quaternaire dans la première de ces régions où le Cheval a pu résister à tous les changements jusqu'à l'époque actuelle.

Amérique du Sud. — Ce que nous connaissons des dépôts tertiaires de l'Amérique centrale aurait ici peu d'intérêt; mais il est un point situé en dehors du continent que nous devons mentionner à cause de certaines analogies qu'il présente avec l'Europe.

Nous voulons parler de la Jamaïque où des observations récentes [1] ont indiqué des argiles foncées avec des plantes regardées comme tertiaires inférieures, reposant sur la craie à Hippurites. Sur d'autres points ce niveau serait occupé par des poudingues qui n'auraient pas moins de 1000 mètres d'épaisseur. Des calcaires noduleux avec des Orbitoïdes (*O. dispensa, media*) dont l'association est peu naturelle et une *Amphistegina* qui le serait encore moins, représenteraient la formation moyenne. Un fragment de ce même calcaire trouvé non en place aurait offert deux espèces de Nummulites voisines des *N. perforata* et *Rouaulti*. Ailleurs ce sont des sables, des marnes et des calcaires de 150 à 180 mètres d'épaisseur, et partout règne au-dessus une vaste assise de calcaire blanc, compacte ou friable, ou bien sub-cristallin, peu fossilifère, atteignant jusqu'à 600 mètres de puissance et représentant la formation supérieure. De nouvelles observations, en rectifiant quelques faits, montreront peut-être plus d'analogie entre ce petit point et l'ouest de l'Europe qu'avec le continent voisin.

Bassin de la Plata et Patagonie. — Le vaste espace situé à l'est des Cordillères, dans la partie sud de l'Amérique méridionale, comprenant les provinces de Corrientes, d'Entre-Rios, de l'Uruguay, de la Plata et la Patagonie jusqu'à la Terre-de-

1. *Quart. Journ. geol. soc. of London,* vol. XIX, p. 510. 1863.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Feu, offre des dépôts tertiaires extrêmement étendus et recouverts, surtout vers l'Atlantique, par le *limon des pampas*; mais leur faible relief, la rareté ou le manque de bonnes coupes avec des développements un peu considérables, l'absence d'horizon minéralogique ou de roche bien caractérisée et constante, car ce sont surtout des sables, des lits de cailloux, des marnes ou des grès sans solidité qui règnent partout, laissent une grande incertitude dans leurs relations et leur importance relative.

Alc. d'Orbigny y avait établi trois divisions désignées par les noms des pays où elles lui avaient paru le mieux caractérisées. L'une était le *terrain guaranien*, la plus ancienne, développée au nord et ne renfermant point de fossiles; l'autre le *terrain patagonien*, s'étendant au sud dans toute la Patagonie; quant à la troisième, nous l'avons rapportée depuis à l'époque quaternaire. L'épaisseur connue de ces couches est d'ailleurs assez faible, eu égard à leur étendue en surface.

Les principaux fossiles de l'horizon patagonien et que l'on retrouve dans toutes les directions sont : *Ostrea patagonica*, *Alvarezii*, *Ferrarsii*, *Pecten paranensis*, *Darwinianus*, *Venus Munsteri*, *Arca Bonplandiana*, *Cardium platense*, *Turritella ambulacrum*. Des ossements de mammifères (*Toxodon paranensis*) y ont été signalés dans le bassin inférieur du Paraguay et proviendraient d'une espèce différente de celle des pampas.

Les dépôts sédimentaires des plaines de la Patagonie et leurs relations avec les roches ignées de ce pays ont appelé l'attention de M. Ch. Darwin qui les a décrits avec soin[1], et, considéré dans sa généralité, on peut dire que le terrain tertiaire de l'Amérique méridionale, situé à l'est des Andes, s'étend du 17e au 52e degré latitude S., sur une longueur de 875 lieues géographiques. Sa plus grande largeur, de l'E. à l'O., serait de 300 lieues et son étendue superficielle de

1. Voy. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 1065-70.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

128000 lieues carrées. Il est bien remarquable, dit M. Darwin, que sur la plus grande partie de cette immense surface le sol ait été soulevé sans qu'on y observe des couches inégalement inclinées ou disloquées par des failles.

Côtes occidentales. — Les observations d'Alc. d'Orbigny, de MM. Ch. Darwin, Gay, Crosnier et de quelques autres géologues venus après eux, ont apporté d'assez nombreux renseignements sur les caractères et la distribution des dépôts tertiaires de la côte occidentale de l'Amérique du Sud; mais leur classification méthodique semble rester encore à faire, et nous nous bornerons à renvoyer le lecteur à ce que nous en avons déjà dit, d'autant plus que cette étude n'a rien offert encore d'un intérêt particulier[1].

Considérations paléontologiques générales. — Les fossiles tertiaires du bassin de la Plata et de la Patagonie, suivant Alc. d'Orbigny, diffèrent complétement de la faune actuelle, et, sous ce rapport, les dépôts sont comparables au calcaire grossier du bassin de la Seine. Aucune espèce de coquille fossile du versant occidental de la Cordillère ne vit aujourd'hui sur les côtes voisines. Les genres, lorsqu'ils existent encore sur le littoral américain, sont ordinairement plus rapprochés de l'équateur; d'autres manquent à présent sur les côtes méridionales (Scalaire, Rostellaire, Pyrule, Panopée, Trigonie, Perne).

En comparant les circonstances communes aux dépôts tertiaires des deux côtés des Andes, le même savant trouve 1° qu'aucune des espèces fossiles ne se montre vivante sur les côtes voisines; 2° qu'aucune des espèces n'a même son identique dans des mers lointaines; 3° que les genres rencontrés dans des mers peu éloignées appartiennent à des eaux plus chaudes et plus rapprochées de l'équateur; 4° qu'un grand nombre de genres observés à l'état fossile manquent aujourd'hui dans les mers qui sont à peu de distance et quelquefois même ont cessé d'exister.

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 1070-78.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Si l'on oppose au contraire la faune tertiaire de l'est des Cordillères à celles de l'ouest, on trouve que les fossiles recueillis entre les mêmes paralèlles ont dû vivre simultanément sous des conditions de température à très-peu près semblables et bien en dehors des limites des tropiques. Néanmoins la faune orientale diffère complétement de la faune occidentale; car non-seulement il n'y a aucune espèce commune à l'une et l'autre, mais encore la série des genres y est tout à fait distincte; d'où l'on doit conclure que les deux Océans étaient aussi séparés qu'ils le sont aujourd'hui. La Cordillère avait déjà un relief suffisant pour former entre eux une vaste barrière qui, en interrompant toute communication directe, produisait des différences analogues à celles des faunes actuelles. Ainsi les mouvements qui se sont manifestés depuis ont pu augmenter le relief général de la chaîne, mais on voit que dès cette époque elle était déjà parfaitement tracée et continue.

Les conclusions paléontologiques de M. Ch. Darwin s'accordent assez avec les précédentes; mais, quoique regardant aussi ces dépôts comme fort anciens, il ne se prononce pas positivement sur leur parallélisme avec la formation inférieure de l'Europe.

Quant à la comparaison des dépôts tertiaires des deux Amériques, elle ne nous offrirait avec ceux de l'Europe aucun rapprochement plus précis que ce que nous venons d'indiquer, mais ce qui, jusqu'à présent du moins, distingue l'Amérique du Sud des autres continents, c'est la faiblesse comparative du nombre des espèces fossiles, qui ne s'élève pas à 100 pour toute l'époque.

Ce que nous connaissons de la partie sud de l'Afrique et de l'Australie montre aussi que les sédiments tertiaires de l'hémisphère sud diffèrent autant par leurs fossiles que les faunes qui habitent aujourd'hui ces terres ou vivent sur leurs

1. Voy. aussi *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. II, p. 218. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

côtes. A cette époque, comme pendant la suivante, les différences organiques, des deux côtés de l'équateur, étaient déjà aussi complètes qu'actuellement et offraient des analogies du même ordre avec les animaux qui peuplent encore ces diverses zones. Ces différences dans le sens des méridiens sont d'ailleurs, comme on le sait, beaucoup plus prononcées que dans celui des parallèles.

§ 8. ROCHES IGNÉES OU PYROGÈNES DES ÉPOQUES TERTIAIRE ET QUATERNAIRE.

Ce que nous avons dit dans la *première partie* de ce livre, en traitant des roches ignées du plateau central de la France et de celles des îles de l'Écosse (p. 148 et 249), puis dans celle-ci lorsque nous nous sommes occupé du *terrain primaire*, enfin çà et là en décrivant les formations secondaires, a déjà pu donner une idée du rôle que ces roches jouent dans l'histoire du globe, et nous devrions exposer actuellement d'une manière particulière, comme nous l'avons fait ailleurs, les phénomènes nombreux et variés auxquels elles ont donné lieu pendant les époques tertiaire et quaternaire. Mais ici, comme pour le terrain primaire, nous nous engagerions dans des détails pétrographiques et minéralogiques d'un faible intérêt pour beaucoup de lecteurs, aussi croyons-nous devoir renvoyer ceux qui désireraient acquérir des connaissances plus étendues sur ce sujet au troisième volume de l'*Histoire des progrès de la géologie* qui lui est en partie consacré.

Nous rappellerons seulement que certaines régions de la surface de la terre ont été, pendant ces époques, le siége ou le lieu de prédilection de phénomènes ignés d'une grande énergie. Ceux dont nous sommes aujourd'hui témoins, quoique se manifestant sur une échelle infiniment moindre, appartiennent encore à quelques-unes de ces régions au-dessous desquelles l'activité des forces internes du globe s'est maintenue

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

avec une certaine intensité, et l'on peut citer parmi les points les plus remarquables les îles occidentales de l'Écosse, leur prolongement au N. par les Féroë et l'Islande, et au S. dans les comtés d'Antrim et de Londonderry.

Le plateau central de la France est sous ce rapport un sujet d'étude des plus intéressants et des plus complets [1]. L'Espagne n'offre que des phénomènes sporadiques, tandis que l'Italie et ses îles, si essentiellement volcaniques, ont sur les régions précédentes l'avantage de présenter une série encore plus complète et plus variée, puisqu'on peut y suivre, depuis les dernières pentes des Alpes et tout le long des Apennins jusqu'en Sicile, l'apparition successive des porphyres, des serpentines, des euphotides, des trachytes, des basaltes, des amphigénites et leurs nombreuses variétés jusqu'aux laves modernes du Vésuve, de Stromboli et de l'Etna.

Dans l'Europe centrale, le duché de Bade, le Wurtemberg, l'Eifel, le Siebengebirge, le duché de Nassau, la Bavière, la Saxe, la Bohême et surtout la Hongrie nous offrent autant de massifs montagneux surgissant au milieu du terrain secondaire et formés par des éruptions basaltiques ou trachytiques avec des spilites, des dolérites et d'autres roches pyroxéniques d'une époque comparativement récente.

Les îles de l'Archipel grec, placées au sud de celles qui dépendent du terrain primaire, nous reproduisent les phénomènes de l'Italie méridionale, mais plus éparpillés, tandis que la presqu'île occidentale de l'Asie, l'Anatolie, particulièrement dans la Phrygie, la Cappadoce, le Catacaumécène, ce *pays brûlé* de Strabon, dont les laves semblent éteintes d'hier, et le massif puissant du mont Argée qui élève sa cime trachytique à 3922 mètres, préparent l'observateur aux tableaux plus grandioses encore des masses éruptives de

1. Voyez surtout la seconde édition de l'ouvrage de M. Poulett Scrope: *The geology and extinct volcanos of central France*, in-8°. Londres 1858, accompagné de cartes et d'une multitude de dessins.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la haute Arménie où le dôme neigeux de l'Ararat domine à plus de 5000 mètres l'une des plus vastes régions volcaniques de la terre.

La Syrie orientale, dans le Jaulan, Ledja et l'Hauran, au sud de Damas, puis la Perse, l'Arabie, comme les côtes de la mer Rouge, l'Égypte et l'Abyssinie, offrent çà et là, sur une moindre échelle, des manifestations analogues. Sur les côtes occidentales de l'Afrique, les îles Açores, Madère, Canaries, du cap Vert, Gorée, de l'Ascension, Sainte-Hélène et l'île Bourbon, étaient de petits centres d'éruptions ignées pendant les époques tertiaire et quaternaire. Plusieurs d'entre eux se sont éteints successivement, tandis que d'autres ont conservé une activité dont les effets se manifestent encore de loin en loin. Dans ces exemples on peut dire que le présent explique le passé; la succession des produits ignés s'y distingue toujours plus ou moins; leur mode de formation est sensiblement le même; on reconnaît les points par où les matières sont arrivées au jour et se sont épanchées au dehors en s'accumulant pour former des montagnes en cônes plus ou moins surbaissés, et du milieu ou sur les flancs desquelles s'épanchent encore les laves modernes lorsque l'activité a persisté.

Mais la presqu'île occidentale de l'Inde nous offre des faits d'un tout autre caractère. Là, sur une surface plus grande que la France, s'étendent des nappes trappéennes horizontales, à bords abrupts et verticaux, depuis le bassin de la Nerbuddah au nord jusqu'à l'extrémité du Deccan et au royaume de Mysore au sud, formant toute la région élevée de la chaîne des Ghates et une partie de la plaine qui est au-dessous, le long de la côte occidentale de la péninsule sur cinq degrés de latitude. Leur point d'éruption n'apparaît nulle part et rien dans le relief extérieur du pays ne le fait soupçonner. Sous le rapport de leur arrivée au jour, de leur contemporanéité et de leur mode d'épanchement, ces produits ignés de l'Inde ne sont pas moins remarquables que par leurs caractères physiques, la disposition qu'ils affectent, l'immense développement qu'ils

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ont pris, et ils sont aussi, comme ceux dont nous avons parlé dans l'Afrique Australe, un des mystères de la géologie.

Dans les deux Amériques, c'est particulièrement la région occidentale, dans toute sa longueur depuis l'Orégon, la Californie, les montagnes Rocheuses jusqu'à la Terre-de-Feu, ligne suivant laquelle sont disposées les bouches volcaniques modernes, que se sont principalement épanchées les roches ignées des époques précédentes. Les petites Antilles, placées à l'est, étaient sans doute le siége d'une région particulière.

Enfin les innombrables volcans actuels disséminés dans le grand Océan, depuis les îles Sandwich jusqu'à la Nouvelle-Zélande, depuis le Kamtschatka et les groupes d'îles qui l'avoisinent jusqu'aux terres australes les plus rapprochées du pôle, doivent avoir pour base des produits ignés plus anciens, que nous trouvons très-développés dans la plupart des îles de la Polynésie, dans l'Australie, la terre de Van-Diémen, la Nouvelle-Zélande et les archipels voisins [1].

Outre leur distribution géographique, leurs caractères orographiques et leurs relations avec les roches sédimentaires qu'ils traversent et modifient plus ou moins à leur contact, les produits ignés doivent encore être étudiés au point de vue minéralogique et chimique. Ce genre de recherches peut jeter beaucoup de jour sur la constitution intérieure de notre planète et faire entrevoir la possibilité de trouver des rapports entre leur composition et leur âge relatif, ou bien leur contemporanéité dans des régions éloignées. Ce vaste champ n'a encore été exploré que sur un petit nombre de points.

1. Voy. *Carte des îles et des récifs de polypiers avec l'indication des volcans brûlants,* d'après la carte publiée par M. Ch. Darwin en 1842. *Introduction à l'étude de la paléontologie,* vol. II, pl. 3. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE VIII.

TERRAIN QUATERNAIRE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

L'une des époques de la nature sur lesquelles on a le plus écrit dans ces derniers temps, celle qui a précédé immédiatement la nôtre et dont la durée ne paraît pas avoir été comparativement bien longue, est cependant celle qui est encore le moins connue et qui a donné lieu au plus grand nombre d'hypothèses. Le peu de développement des dépôts marins et lacustres comparés à la grande prédominance, si ce n'est à l'universalité, des dépôts de transport torrentiels ou alluviens, leur faible épaisseur sur de grandes surfaces, l'enchevêtrement d'une part et la succession de l'autre de résultats difficiles à distinguer en eux-mêmes ou par leur cause, l'absence de régularité, de symétrie et de continuité dans la disposition générale des couches, ont rendu les comparaisons que l'on a tenté de faire et les relations que l'on a voulu établir presque toujours incomplètes ou incertaines.

Sous le point de vue organique, les mêmes difficultés se présentent, car des espèces d'animaux appartenant aux diverses classes existaient avant l'époque actuelle, et la faune et la flore que nous avons sous les yeux n'ont, pas plus que les autres, été créées tout d'une pièce. Enfin, un sujet qui nous touche de plus près encore, l'apparition de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

l'homme sur la terre, vient se rattacher directement à l'histoire de ces mêmes dépôts.

Nous comprenons, sous la dénomination de *terrain quaternaire*, tous les sédiments régulièrement stratifiés ou non, marins, fluviatiles, lacustres ou torrentiels, solides, meubles ou incohérents qui se sont formés entre la fin de la période tertiaire supérieure ou sub-apennine et le commencement de l'époque actuelle ou du *terrain moderne*. Nous y comprenons également les roches ignées qui se sont produites à la surface du globe dans le même intervalle et dont nous avons déjà parlé à la fin du chapitre précédent.

Dans le deuxième volume de l'*Histoire des progrès de la géologie*[1], nous avons traité des phénomènes quaternaires, en suivant un ordre géographique, du N. au S. et de l'O. à l'E.; nous y avons décrit, dans chaque pays, les *plages soulevées*, la *formation erratique*, les *dépôts marins ou lacustres*, les *fossiles qu'ils renferment*, les *traces attribuées à d'anciens glaciers*, les *brèches osseuses* et les *cavernes à ossements*. Plus récemment, nous avons publié : 1° *Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France*[2], 2° nos *Leçons sur la faune quaternaire*[3]; il nous suffira donc de présenter ci un résumé très-succinct de ces livres, auxquels le lecteur qui voudrait approfondir ces sujets pourra toujours avoir recours.

§ 1. EUROPE.

Scandinavie. — Ce qui frappe l'observateur qui parcourt les côtes de la Scandinavie, ce sont des dépôts argileux, coquilliers, s'élevant jusqu'à 150 et 200 mètres au-dessus du

1. 1848.
2. 1863.
3. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

niveau actuel de la mer et reposant sur la surface polie, striée, et sillonnée des roches cristallines de la Norwége, comme l'a démontré M. Daubrée. Ces effets, d'une action mécanique énergique, ont été observés par Durocher depuis une altitude de 1400 mètres au-dessus de la mer jusqu'au-dessous de son niveau actuel. Tels sont pour nous les signes caractéristiques du commencement de l'époque quaternaire, aussi bien dans le nouveau que dans l'ancien continent, toutes les fois que l'état actuel des choses permet de les constater.

Russie. — Pendant cette époque, quatre dépôts d'origine distincte se sont formés dans la partie septentrionale et orientale de l'Europe : 1° les dépôts marins dont nous venons de parler et dont les coquilles sont identiques avec celles qui vivent encore sur les plages voisines, ou avec des espèces qui habitent des régions plus septentrionales ; le bassin de la Dwina présente quelques lambeaux, sans doute du même âge. 2° Un dépôt lacustre caractérisé par des coquilles d'eau douce, d'espèces encore vivantes, et qui s'étend sur les bords de la mer Noire et de la Caspienne. 3° Le grand dépôt erratique du Nord, dont l'origine a donné lieu à tant d'hypothèses et dont les limites est, sud et ouest sont tracées par les blocs extrêmes qui, venant du N.-O., se sont arrêtés en formant, à la surface des plaines de la Russie, de la Pologne, du nord de l'Allemagne et de la Hollande, une ligne courbe continue plus ou moins sinueuse, sorte de demi-cercle dont le centre serait vers Stockholm, et dont le rayon varierait de 300 à 400 lieues suivant les sinuosités de la courbe. 4° Le terreau noir ou *tschornoïzem* du midi de la Russie, où il n'existe pas plus de débris animaux constatant son origine d'eau douce que n'en a offert le dépôt erratique précédent pour prouver son origine marine.

La faune des mammifères terrestres de cette période, enfouie dans les alluvions quaternaires des rivières, de ce côté de l'Oural, comme en Sibérie, est caractérisée par l'abondance des restes de Mammouth ou *Elephas primigenius*, de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

son fidèle compagnon, le Rhinocéros à narines cloisonnées (*R. tichorhinus*), de l'Aurochs, d'un grand Bœuf (*Bos primigenius*), de l'*Elasmotherium*, grand pachyderme voisin du Rhinocéros et d'un grand Castor (*Trogontherium Cuvieri*). Dans les cavités du calcaire des steppes d'Odessa, les ossements de carnassiers (*Felis spelæa*, *Hyæna spelæa*, *Ursus spelæus*, Loutres, Renards, Loups), de rongeurs, etc., sont en prodigieuse quantité. Parmi ces animaux, 2 genres sont éteints et 8 espèces également éteintes appartiennent à des genres existant encore soit dans le pays, soit dans des régions plus chaudes.

Toutes ces espèces sont plus grandes que leurs congénères actuelles, et il n'y a aujourd'hui aucun grand mammifère qui parcoure des surfaces comparables à celles qu'habitaient l'Éléphant, le Rhinocéros, le Renne, l'Aurochs, le Bœuf, le Cheval, etc., de ce temps-là, et dont on rencontre partout les débris accumulés dans le nord de l'ancien continent, depuis le détroit de Behring et même la côte opposée de l'Amérique jusque dans les Iles-Britanniques.

Nord de l'Allemagne. — Lorsqu'on suit ces dépôts à travers la Pologne, le nord de la Prusse, la Marche de Brandebourg, le Hanovre et les Pays-Bas, on y trouve les débris de ces mêmes animaux, mais souvent mélangés aux blocs et aux fossiles provenant du terrain de transition de la Scandinavie, et sans aucun rapport avec les animaux marins qui devaient exister lors du déplacement de ces blocs.

Iles-Britanniques. — Dans les Iles-Britanniques on a rencontré de précieux points de repère pour établir sûrement la chronologie des phénomènes de cette époque. Tels sont, dans l'ordre de leur ancienneté, 1° les *traces attribuées à d'anciens glaciers*, 2° les *dépôts d'argiles avec blocs et coquilles arctiques*, 3° les *graviers marins* et les *plages soulevées anciennes*, 4° les *dépôts lacustres*, 5° les *traces d'industrie humaine*, 6° les dépôts de transport argileux, sableux, caillouteux ou *drift* des comtés de l'est, 7° les *cavernes et les*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

brèches osseuses dont le remplissage s'effectua pendant une grande partie de ce temps.

Les dépôts lacustres qui, dans le Norfolk, le Suffolk, le Bedfordshire, l'Essex, le Middlessex et le Kent, se sont accumulés dans les dépressions de l'*argile à blocs* et ont été recouverts ensuite par le *drift*, sont le gisement normal de la faune quaternaire, de ces débris d'Éléphants, de Rhinocéros, d'Aurochs, du grand Cerf d'Irlande, de Bœufs, de Chevaux, de Cerfs, de Renne, de l'Ours et de l'Hyène des Cavernes, du Castor *Trogontherium*, de l'Hippopotame et de beaucoup d'autres genres de mammifères moins importants. Un autre motif qui ajoute à l'intérêt de ces dépôts, c'est que quelques-uns sont le gisement des *silex taillés* de main d'homme, les plus anciens que nous connaissions avec certitude. Ils ont été trouvés dans les sables et les graviers fluviatiles d'Hoxne, de Bedford, etc., associés avec les débris de ces grands mammifères éteints.

D'un autre côté, les restes de mammifères trouvés dans les cavernes à ossements, particulièrement du Yorkshire, au nord, puis dans celles du sud, aux environs de Swansea (Glamorgan), de Plymouth, de Torbay, etc. (Devonshire), sont venus compléter la connaissance de la faune quaternaire de la Grande-Bretagne et montrer, comme le disait W. Buckland dès 1822, qu'il n'y avait pas de différence entre la faune de ces mêmes cavernes ou des brèches osseuses et celle des dépôts lacustres et diluviens des vallées.

Ces restes de vertébrés appartiennent à environ 30 genres, comprenant plus de 50 espèces dont 4 insectivores, 3 carnassiers plantigrades, 10 carnassiers digitigrades, parmi lesquels on doit citer le *Machairodus*, de la taille des plus grands Lions et dont les canines de 16 à 17 centimètres de long, comprimées et à bords très-finement dentés, devaient le rendre un ennemi redoutable pour les nombreux herbivores, ses contemporains. Lorsqu'on songe maintenant à la prodigieuse quantité des grands pachydermes et des ruminants qui

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

se trouvaient ainsi rassemblés sur une surface aussi peu considérable que celle des Iles-Britanniques, on ne peut se refuser à croire que ces dernières fussent alors rattachées au continent, car dans aucune des îles actuelles les plus étendues du globe il n'y a un pareil nombre de grandes espèces et de genres aussi variés.

Pays-Bas. — Dans les Pays-Bas, les sondages exécutés d'Amsterdam à Ostende ont permis de reconnaître que le sol, jusqu'à 178 mètres au-dessous du niveau de la mer, s'était formé dans des conditions tout à fait comparables à celles des alluvions actuelles du Rhin, de la Meuse et de l'Escaut; et en comparant les côtes opposées de la mer du Nord, on peut voir que les dépôts quaternaires s'abaissaient constamment dans l'emplacement de la Hollande en même temps que ceux de l'Angleterre s'élevaient, de sorte qu'il y avait, des deux côtés, un mouvement de bascule semblable à celui que l'on a cru observer de nos jours dans le midi de la Suède.

Les fossiles enfouis dans les cavernes de la province de Liége ont fourni à Schmerling les éléments essentiels d'un jalon intermédiaire pour comparer la faune quaternaire aux deux extrémités de l'Europe. 33 genres de mammifères représentés par plus de 40 espèces, dont la plupart des noms ont été déjà cités, montrent que le *Machairodus* et l'Hippopotame n'y sont pas représentés, non plus que le grand Cerf d'Irlande (*C. megaceros*), l'Aurochs et le *Bos primigenius*, mais que le grand Ours des cavernes régnait sur les bords de la Meuse comme aux environs d'Odessa. Les genres ont offert 8 types d'insectivores, 11 de carnivores, 9 de rongeurs, 4 de pachydermes, 1 solipède et 4 ruminants. Il y avait, en outre, 8 espèces d'oiseaux et d'autres fossiles provenant de divers terrains.

Une découverte, à laquelle les idées que l'on avait alors ne permirent pas d'attribuer l'importance qu'elle méritait, fut celle de restes humains recueillis dans la caverne d'Engis, au sud de Liége. Des crânes et d'autres ossements se trou-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

vèrent en contact avec les débris de grands mammifères éteints, de Rhinocéros, d'Ours, etc., enveloppés dans la même stalagmite, dans le même conglomérat et dans des conditions telles qu'on ne peut guère douter de leur contemporanéité. Des restes d'industrie, des pointes de flèches, des silex grossièrement travaillés, des bois de Cerf et des os façonnés trouvés avec les os fossiles, viennent appuyer l'opinion de Schmerling sur la contemporanéité des uns et des autres, opinion que confirment encore les recherches plus récentes de M. Ed. Dupont.

France. — Dépôts des plaines et des vallées. — Amenés ainsi de proche en proche à jeter un coup d'œil sur les dépôts quaternaires du nord de la France, nous rappellerons que, depuis la Belgique jusqu'à la vallée de la Seine, on peut les considérer comme se présentant sous deux formes principales, avec des caractères et des positions qui les distinguent suffisamment, quelque opinion qu'on se fasse sur leur origine. L'un argilo-sableux, jaunâtre, occupe généralement les plateaux du nord de la France et ceux de la Belgique, pour se continuer dans la plaine du Rhin où il est connu sous le nom de *lehm* ou *læss*. Nous le désignons sous le nom plus général d'*alluvion ancienne*. On n'y trouve guère que des coquilles terrestres et fluviatiles d'espèces vivant dans le pays. A sa base, il est souvent plus argileux, rouge, et renferme des silex brisés, mais non roulés, lorsqu'il repose sur la craie ; ailleurs cette base est sableuse, également ferrugineuse, et ses cailloux sont arrondis. Sur plusieurs points on le voit recouvrir directement l'autre *dépôt sableux, caillouteux, avec blocs erratiques,* qui occupe le fond de toutes les vallées et s'élève plus ou moins sur leurs pentes. Ce dernier, de teinte grisâtre, est le gisement particulier des restes des mammifères éteints ou autres dont nous avons déjà cité les espèces.

C'est aussi celui où a été rencontrée une mâchoire humaine avec des silex taillés, à Moulin-Quignon, près d'Abbeville, le 28 mars 1863, et d'autres ossements humains aux mois

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'avril, mai et juin de l'année suivante. Le soin apporté dans ces recherches qu'avaient provoquées les études persévérantes de M. Boucher de Perthes, comme la concordance des faits avec ceux déjà indiqués, et ceux qui nous restent à mentionner, ne permet pas de douter de la contemporanéité des uns et des autres avec les grands mammifères éteints, dont les restes se rencontrent dans les mêmes gisements non plus que de leur antériorité au phénomène diluvien, qui a entraîné le tout dans les dépôts de sable et de cailloux où ils furent enfouis *vers le milieu* de l'époque quaternaire[1]. C'est ainsi que dans les sablières de Grenelle, dans l'enceinte même de Paris, on trouve fréquemment, à la base même du dépôt, des silex taillés de la forme habituelle avec des restes d'Éléphant, de Rhinocéros, d'Aurochs, d'Hippopotame, de *Bos longifrons*, etc. [2]

Les grandes vallées du Rhin, du Rhône et de la Garonne offrent généralement deux dépôts analogues aux précédents. Dans la première, entre les Vosges et la Forêt-Noire, les recherches de M. Ed. Collomb ont permis de constater, au-dessous de l'alluvion ancienne (*lehm* ou *læss*), des dépôts caillouteux avec des blocs qui proviennent des deux chaînes voisines et sont en rapport avec les phénomènes glaciaires qui s'y sont produits. Ces montagnes ont en effet conservé des traces semblables à celles qu'occasionnent les glaciers de nos jours, telles que les surfaces polies, striées, sillonnées, et, dans les parties basses de leurs vallées, des accumulations détritiques connues sous les noms de *moraines latérales*, *frontales*, etc.

Ces détritus recouvrent un vaste dépôt de sable et de cailloux roulés occupant tout le fond de la plaine du Rhin et

1. Voy. sur cette question : *Du terrain quaternaire et de l'ancienneté de l'homme dans le nord de la France*, leçons professées au Muséum d'histoire naturelle. Juin 1863.

2. Sur l'un des côtés de la *Carte géologique des environs de Paris* qu'il vient de publier, M. Ed. Collomb a mentionné toutes les localités où ont été trouvés des ossements d'animaux de l'époque quaternaire, avec la liste de ceux-ci, et des produits d'industrie humaine.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

désigné sous le nom de *diluvium alpin* ou de *dépôt erratique des Alpes*. Ceux-ci proviennent, en effet, pour la plupart, de cette dernière chaîne, un certain nombre du Jura suisse et quelques-uns du massif igné du Kaisersthul. Ainsi trois phénomènes bien distincts ont laissé leurs traces dans cette vallée. C'est dans le plus ancien qu'ont été particulièrement trouvés les restes des mammifères éteints de cette époque (*Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Ursus spelæus*, *Hyæna spelæa*, *Cervus megaceros*, *Equus adamiticus*, *Bos priscus*, *Cervus priscus*, et une portion de crâne rapporté à l'*Elasmotherium* de Russie).

Sur le pourtour du plateau central, dans les vallées supérieures de la Loire et de l'Allier, les dépôts du même âge affectent des caractères particuliers par suite du voisinage des volcans et de l'absence de toute trace de phénomènes que l'on puisse attribuer à d'anciens glaciers. Néanmoins, la même faune se présente dans les accumulations détritiques de cette époque.

Cavernes et brèches osseuses. — Quelle que soit l'ancienneté du terrain dans lequel se trouvent les cavernes et les brèches osseuses, depuis les roches de transition jusqu'aux couches tertiaires, quel que soit le point de la terre où on les observe, dans l'ancien comme dans le nouveau continent, dans l'hémisphère nord comme dans l'hémisphère sud, partout les débris organiques qu'on y a rencontrés appartiennent à la même faune, contemporaine précisément de celle dont nous recueillons les traces dans les dépôts de transport des plaines et des vallées, et que nous désignons sous le nom de *faune quaternaire*.

Ainsi, la plupart des cavernes, des grottes et beaucoup de fentes des roches, à quelque terrain et à quelque pays du globe qu'elles appartiennent, seraient restées vides pendant des milliers de siècles, car les causes qui les ont produites ont pu agir dans tous les temps, tandis qu'à un moment donné ou dans une période très-courte, géologiquement parlant, presque

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

toutes ont été plus ou moins remplies par des alluvions locales, sableuses ou argileuses, enveloppant les restes de la faune contemporaine qui y furent entraînés en même temps. Ce phénomène, qui ne s'était jamais produit avec ce caractère de généralité, ne s'est pas renouvelé depuis. Nous avons déjà mentionné des cavernes qui présentaient un vif intérêt sous le rapport géologique et paléozoologique ; il en est de même et plus encore en France, parce que notre sol renferme beaucoup de roches calcaires et que c'est en général dans les couches de cette nature que se trouvent les brèches et les cavernes à ossements.

L'examen des cavernes a pris dans ces dernières années un intérêt particulier, n'ayant plus seulement pour but la découverte d'ossements d'animaux, mais encore celle des restes de l'industrie humaine dont la présence tend à prouver de plus en plus leur contemporanéité, établissant ainsi entre l'apparition de l'homme et l'existence de ces mêmes animaux un lien longtemps méconnu. Nous nous bornerons à rappeler ici quelques-uns des faits les plus importants qui se rattachent à cette question, en renvoyant, pour plus de détails, à ce que nous en avons dit ailleurs.

La grotte d'Arcy-sur-Cure (Yonne) a présenté à M. de Vibraye trois couches superposées : la première, argilo-sableuse, renfermait des restes d'animaux vivant dans le pays; la seconde, composée de fragments de la roche environnante reliés par un ciment argilo-rougeâtre, des os du Renne et d'autres ruminants avec des silex taillés; la troisième ou la plus basse, reposant sur la roche même, des os de l'Ours et de la Hyène des cavernes, du Rhinocéros à narines cloisonnées, peut-être du *Bos primigenius*, de l'*Equus adamiticus*, puis en contact avec ces os, dans un endroit où la couche n'avait éprouvé aucun dérangement, une mâchoire humaine ayant encore deux dents en place. Les grottes de la Franche-Comté, d'Échenoz, de Fouvent-les-Bas, d'Ossel et surtout celle de Sentheim dans la vallée de Massevaux, ont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

offert la plupart des mêmes mammifères et surtout l'*Ursus spelæus*, qui a fait l'objet d'un travail particulier de M. Delbos.

Dans le département du Lot la caverne de Brengues a fourni à M. Puel de nombreux matériaux d'étude, qui lui ont permis de démontrer l'identité du Renne si constant dans tous ces gisements avec l'espèce actuelle du nord de l'Europe et de l'Asie. Les cavités naturelles de la craie du Périgord, entre autres celle des Eyzies, près de Tayac, ont offert à MM. Éd. Lartet et Christy une prodigieuse quantité de silex taillés (couteaux, haches, etc.), formant une sorte de brèche avec des os de Rennes, de Bœufs, de Chevaux, de Chamois, de Cerfs, le tout consolidé par du carbonate de chaux et formant le sol de la caverne. D'autres objets travaillés (flèches, aiguilles, alênes, poinçons), faits avec les os ou les bois de ces ruminants, y sont également disséminés. Les cavernes de Bruniquel ont présenté des faits analogues.

Le Languedoc est la province de France dont les cavernes ont fourni le plus de matériaux à la paléozoologie. Dans celle de Lunel-Vieil entre autres, les recherches de MM. de Serres, Dubreuil et Jean-Jean ont fait connaître 35 ou 36 espèces de mammifères terrestres, dont 17 carnassiers, 4 ou 5 rongeurs, 6 pachydermes, 8 ruminants, la proportion des premiers étant ici plus considérable que dans toutes les autres cavernes du pays. De leurs propres observations et d'un grand nombre d'autres qu'ils rappellent, les auteurs concluaient, en 1839, comme M. Tournal dix ans auparavant, que le remplissage des cavernes et l'enfouissement des restes d'animaux qu'on y trouve étaient postérieurs à l'établissement de l'homme dans la contrée.

Sur la pente nord des Pyrénées centrales, les cavernes des environs de Bagnères-de-Bigorre n'ont pas offert aux recherches de Philippe moins de 40 espèces de mammifères, dont 12 seraient éteintes, suivant M. Leymerie. Près d'Aurignac (Haute-Garonne), M. Lartet a découvert, en 1861, une ancienne sépulture dont le sol était rempli d'ossements

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

humains, d'Ours, de Cheval, d'Aurochs, de Renne, avec divers objets travaillés et formant une couche qui se continuait au dehors de l'excavation. Au-dessous était un lit de cendre et de charbon avec des os calcinés provenant des mêmes animaux, puis de l'*Elephas primigenius*, du *Rhinoceros tichorhinus*, de Chevaux, de Sangliers, de Cerfs (*C. elaphus* et *megaceros*), de Chevreuils, de Blaireaux, de Putois, de *Felis spelæa* ou *ferus*, d'Hyène, de Loup et de Renard. La manière dont ces os étaient cassés, les traces d'instruments tranchants qu'ils portaient, prouvaient que les animaux avaient servi à la nourriture de l'homme, comme les os de Rennes et de Cerfs, qui tous étaient fendus en long, de la manière la plus favorable pour en extraire la moelle.

Les grottes de Massat (Ariége), étudiées par M. Fontan, puis par M. Lartet, celle de Lourdes, par ce dernier savant et M. Alph. Milne Edwards, avaient été aussi habitées par l'homme, mais à une époque moins ancienne que la précédente, alors que le Renne, l'Aurochs, le Cheval, etc., dominaient dans ce pays comme dans le Périgord. Aucun animal, pas même le Chien, n'était encore à l'état de domesticité; aucun instrument ou ustensile n'était encore en *pierre polie* et à plus forte raison en métal. Mais il résulte déjà de ces faits comparés que l'*âge de pierre antédiluvien* ou *quaternaire* pouvait comprendre plusieurs périodes distinctes, et, partant de cette idée, M. Lartet a cherché à faire l'histoire des 9 principaux types de mammifères qui caractérisent la faune quaternaire de l'Europe et qui seraient dans l'ordre d'apparition ou d'ancienneté : l'*Ursus spelæus*, l'*Hyæna spelæa*, le *Felis spelæa*, l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorhinus*, le *Megaceros hybernicus* (*Cervus megaceros*), le *Cervus tarandus* (Renne), le Bison d'Europe, le *Bos primigenius*, espèces dont l'extinction aurait été successive, au moins pour plusieurs d'entre elles.

M. Garrigou, considérant ces diverses grottes ou gisements de fossiles par rapport à leurs altitudes, a été amené à penser

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

que ceux situés à 150 et 200 mètres au-dessus des plaines environnantes étaient surtout caractérisés par la présence de l'*Ursus spelæus*, de l'*Elephas primigenius*, de l'*Hyæna spelæa*, etc. Au-dessous de ce niveau on rencontre une faune différente que caractérise le Renne qui habitait alors toute l'Europe. Enfin, les ossements recueillis au fond des vallées appartiennent aux espèces domestiques ou autres qui peuplent encore la contrée, et sont accompagnés d'instruments plus perfectionnés en *pierres polies*. Dans les cavernes comme celle du Maz-d'Azil, où plusieurs couches superposées indiquent des périodes d'habitation successives, celles que caractérisent les ossements d'Ours, d'Éléphant, de Rhinocéros, et les instruments les plus grossièrement taillés, se sont trouvées les plus basses, de sorte que, dans le département de l'Ariége, la succession des couches ossifères avec les restes d'industrie humaine est reproduite dans le même ordre que dans les grottes d'Arcy en Bourgogne.

Plusieurs de ces localités ont aussi fourni des preuves que l'art du dessin n'était pas étranger à ces anciennes populations. Ainsi, une plaque d'ivoire trouvée par M. Lartet, au milieu des objets de l'industrie la plus grossière, dans une des cavernes du Périgord, représentait un éléphant à longue crinière, et sur un fragment de schiste recueilli par M. Garrigou dans la grotte de Masset, parmi des ossements de Renne, étaient gravés avec une grande netteté les contours fort exacts d'un Ours. Ces spécimens et d'autres semblables, dont l'authenticité n'est pas contestable, prouveraient en outre que la représentation des animaux a précédé chez l'homme celle de ses idées, car aucune trace de caractères alphabétiques ou autres n'a encore été rencontrée dans les mêmes conditions de gisement.

Suisse. — Si nous reprenons actuellement l'exposé général des phénomènes quaternaires sur le pourtour des Alpes, et plus particulièrement en Suisse, nous y trouverons certains faits qui doivent aux reliefs très-prononcés de cette région

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

leurs caractères particuliers. Ils ont pendant longtemps exercé la sagacité des géologues et frappé d'étonnement les simples voyageurs qui ne pouvaient s'en rendre compte par le jeu des actions ordinaires de la nature : ce sont surtout les blocs dits *erratiques* de roches cristallines, provenant évidemment des Alpes, et posés, comme avec la main, sur les pentes calcaires du Jura situées en face de l'autre côté de la grande vallée Suisse ; ce sont les surfaces des roches anciennes, striées, sillonnées, polies ou ondulées (*roches moutonnées*), comme si elles avaient subi un frottement énergique très-prolongé, et que l'on observe sur les parois des hautes vallées alpines ; ce sont des accumulations ou monticules de blocs entassés, disposés transversalement ou latéralement vers le bas de ces mêmes vallées, à leur débouché dans les plaines ; ce sont, enfin, ces dépôts de sable et de cailloux roulés et striés qui occupent le fond de ces dernières et sont surmontés d'une alluvion sableuse et argileuse. Tous ces résultats postérieurs au dernier soulèvement des Alpes, qui n'a pu les produire, devaient avoir une même origine et être reliés par une cause commune qui échappait aux observateurs les plus attentifs.

Dès 1802, puis en 1806, Playfair avait attribué le transport des blocs erratiques sur le Jura à l'existence d'anciens glaciers qui se seraient étendus dans les vallées bien au delà de leurs limites actuelles, les auraient comblées, celle du bassin de Genève entre autres, et auraient servi comme de plans inclinés pour faciliter ce transport depuis le point où les blocs se détachaient de la roche en place, ainsi que le font encore les glaciers de nos jours, sur une échelle infiniment moindre. Par suite d'un relèvement de la température, ces masses de glaces fondirent, se retirèrent peu à peu dans le domaine qu'elles occupent encore, laissant comme témoins de leur plus grande extension les *blocs erratiques* dont on vient de parler. Les autres effets que nous avons rappelés n'étaient plus alors que les conséquences de cette première hypothèse.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Venetz, en 1821, de Charpentier, dans plusieurs mémoires, M. L. Agassiz, en 1837, par des travaux subséquents exécutés soit seul, soit avec M. Desor et d'autres naturalistes, tels que MM. Ch. Martins, Guyot, etc., enfin M. D. Forbes, donnèrent à cette explication une grande importance par la précision et la multiplicité de leurs recherches sur le régime des glaciers actuels, comme par les conséquences qu'ils en tirèrent et qu'ils ne tardèrent pas à étendre à d'autres régions où des phénomènes semblables se trouvaient indiqués par des traces plus ou moins comparables à celles observées en Suisse. A partir de ce moment, ce que l'on a appelé la *théorie des anciens glaciers* entra comme un élément essentiel dans l'histoire de l'époque quaternaire. Nous avons exposé tout ce qui se rapporte à la naissance et à l'origine de cette théorie[1], ainsi que les conséquences que nous en avons déduites en faveur d'une seconde hypothèse, celle de deux phénomènes glaciaires dans l'intervalle desquels aurait vécu la faune des grands mammifères, qui n'a d'ailleurs laissé que d'assez faibles traces en Suisse et sur le versant méridional des Alpes.

De l'examen des faits et de leur comparaison des deux côtés de la chaîne nous avons pu conclure également le synchronisme de phénomènes semblables et que la faune des mammifères quaternaires de la Suisse, du fond de la vallée du Rhin, comme celle des vallées de la Moselle, de la Meuse, de la Seine, de la Somme, au nord, de la Garonne et du Rhône, au sud, était partout la même et de même âge, tandis qu'elle devait être plus ancienne que les restes des moraines des Vosges, que le transport des blocs erratiques des Alpes sur les flancs du Jura, que les surfaces striées, sillonnées, polies et moutonnées des roches dans les régions alpines les plus élevées, enfin que les dépôts sablonneux, boueux et limo-

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 257. 1848. — Voy. aussi *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 110-112 et 152. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

neux, avec ou sans cailloux striés, qui recouvrent les précédents.

Bassin méditerranéen. — Sur le pourtour du bassin méditerranéen on a constaté, en une multitude de points, des dépôts coquilliers, des marnes, et surtout certains grès placés à diverses hauteurs non loin du rivage, très-distincts des couches tertiaires supérieures qu'ils recouvrent transgressivement (Toscane, îles d'Ischia, de Sicile, de Chypre, de Rhodes, Syrie, delta du Nil, Tunis, la Calle, Bone, Mostaganem, Oran, Majorque, Sardaigne, Gibraltar)[1] ; mais leurs caractères physiques et la comparaison des fossiles marins qu'ils renferment ne suffisent pas toujours pour que l'on puisse avec certitude les séparer de dépôts émergés dans la période actuelle. D'un autre côté, les brèches osseuses et les cavernes à ossements de la même grande région n'ont pas fourni de preuves plus décisives. Celles de la Toscane, des environs de Palerme, de Syracuse, de la Sardaigne, de l'Algérie, de Malte, de Gibraltar, de Cette, d'Antibes, de Nice, etc., ont montré les restes d'une faune de mammifères assez différente de celle que nous avons vue au nord des Pyrénées et des Alpes, et que nous allons retrouver dans l'Europe centrale.

Allemagne centrale. — Les reliefs si accidentés et si multipliés de ce dernier pays, qui divisent sa surface en une infinité de petits bassins en relation avec celui du Danube au sud, avec celui du Rhin à l'ouest, et avec ceux du Weser, de l'Elbe, de l'Oder et de la Vistule au nord, rendent l'étude de ses dépôts quaternaires très-compliquée. Ils n'ont point d'ailleurs offert de caractères différents de ceux que nous avons examinés, et l'on peut concevoir que les actions analogues qui se sont produites sur les divers points des deux plans inclinés, l'un au S., vers le thalweg de la vallée du Danube, l'autre au N., vers les côtes de la Baltique, ont pro-

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. II, p. 257. 1848. — *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 110-112 et 152. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

duit des résultats tout à fait comparables à ceux que nous connaissons déjà.

Les débris de grands mammifères recueillis dans cet espace, soit dans les dépôts de transport des vallées, soit dans les cavernes (Canstadt près Stuttgard, Thiede, Brunswick, Gailenreuth, Bayreuth, le bassin de la Lahn, etc.[1]), sont semblables à ceux que nous avons signalés à l'est et à l'ouest.

§ 2. ASIE.

On a déjà dit (*antè*, p. 89) quels étaient les principaux caractères des dépôts quaternaires du nord de l'Asie; nous ajouterons seulement ici que, par suite des recherches plus récentes consignées dans le grand ouvrage de MM. Murchison, de Verneuil et de Keyserling, sur les flancs de l'Oural, l'or et le platine en grains, résultant de la destruction et du lavage des roches ignées les plus modernes de la chaîne, n'ont été trouvés jusqu'à présent que dans les dépôts où l'on a recueilli des ossements d'Éléphants et de Rhinocéros, et cela presque exclusivement sur le versant oriental, de sorte qu'il y a une relation singulière entre deux ordres de phénomènes tout à fait différents. Si l'on remarque en outre que les veines aurifères manquent dans les anciennes couches détritiques, on ne pourra douter que l'or ne soit ici la substance minérale la moins éloignée de l'époque historique. Le versant nord de l'Altaï présente encore des faits analogues à ceux-ci; les alluvions aurifères, suivant M. P. de Tchihatcheff, y sont en rapport avec la destruction des Éléphants et des Rhinocéros, et, de même que dans l'Oural, la Turquie d'Europe, l'Asie Mineure, le Caucase et l'Arménie, on n'y signale pas de blocs erratiques ni de traces d'anciens glaciers.

1. *Loc. cit.*, p. 154 et suivantes. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Les grandes vallées de l'Asie occidentale, de l'Euphrate et du Tigre jusqu'aux rivages du golfe Persique, comme celles que parcourent, plus à l'est, l'Indus, le Setledge, le Gange et le Bramapoutra, depuis leur sortie des montagnes, sont occupées par des dépôts de transport semblables à ceux de l'Europe, mais peu étudiés encore. Au nord des cimes de l'Himalaya, entre 4200 et 4800 mètres d'altitude, vers la ligne de partage supérieure des eaux du Gange et du Setledge, d'immenses accumulations de sable, de gravier, d'argiles et de blocs sont remplies, suivant M. Strachey, d'une multitude d'ossements de grands mammifères (Chevaux, Bœufs, Cerfs, Rhinocéros, Éléphants, etc.) ; mais ces dépôts sont-ils quaternaires ou bien représenteraient-ils, dans cette région, ceux des collines Sewalik qui longent le pied sud de l'Himalaya? C'est ce qui reste à déterminer. D'un autre côté, les plaines de l'Inde offrent deux dépôts particuliers fort étendus et sans doute de l'époque qui nous occupe : l'un est le *kunker*, nom local d'un tuf calcaire concrétionné, assez semblable au travertin ou *pierre tiburtine* des environs de Rome; l'autre le *regur, terre à coton* ou terreau noir analogue au *tchornoïzem* de la Russie méridionale, d'une origine aussi problématique, non moins précieux pour l'agriculture, et occupant plus d'un tiers de la surface de l'Inde [1].

Les alluvions aurifères et stannifères de la presqu'île orientale et des îles qui en dépendent sont encore de la même époque, et, par un autre mode de formation, les îles de la Sonde, Télango, Madura, Samon, Sandalwood, Sumbawa, Timor, Lambock et une portion des côtes de Java, doivent en grande partie leur existence à l'accumulation et à la consolidation de débris de coquilles, d'annélides, de radiaires et

1. Des pierres taillées, particulièrement des agates, sont signalées dans le *latérite* des districts de Madras et d'Arcot, dans les dépôts des bords de la Nerbuddah, dans les couches du Godavery supérieur, avec des ossements d'*Elephas insignis* (*Stegodon*) et *namadicus* (*Loxodon*), d'*Hippopotamus palæindicus*, de *Bos palæindicus, namadicus*, etc.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de polypiers dont les espèces vivent encore sur la côte. Ces calcaires blancs très-solides atteignent aujourd'hui jusqu'à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

§ 3. AMÉRIQUE DU NORD.

Les phénomènes quaternaires de l'Amérique du Nord n'ont été ni moins variés ni moins considérables que ceux de l'ancien continent; mais, par suite d'une disposition orographique plus simple, il sera plus facile de nous en rendre compte; et, d'un autre côté, la faune paraît, jusqu'à présent, y avoir été beaucoup moins riche en genres et en espèces. Pour plus de clarté, nous grouperons les faits sous quatre titres, comme il suit :

1° *Roches polies, striées et sillonnées du Nord; dépôts de sable, de blocs, de cailloux roulés et striés ou* DRIFT ANCIEN *de la même région; aucun débris organique marin, d'eau douce ni terrestre.*

Les stries, les surfaces polies et les sillons s'observent sur les granites, les syénites et les diorites des côtes nord et sud du lac Supérieur. Leur direction est N., S., et il en est de même sur le pourtour de ses îles. Depuis cette région jusqu'à l'embouchure du Saint-Laurent, dans les États de Michigan, de New-York, de Vermont, de Massachusetts, du Maine et la Nouvelle-Écosse, comme sur les deux rives du fleuve, les roches anciennes, cristallines ou sédimentaires, présentent les mêmes caractères et sont recouvertes d'un dépôt de transport sablonneux, caillouteux, argileux, avec des blocs soit enveloppés dans la masse, soit isolés à leur surface. La direction générale des stries et des sillons est N.-O., S.-E., et c'est aussi celle des traînées de sable, de blocs et de cailloux, à moins que les reliefs du sol ne les aient fait dévier.

La limite sud de ce vaste dépôt s'observe vers le 39e degré

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de latitude et s'étend à travers la Pennsylvanie, l'Ohio, l'Indiana, l'Illinois et l'Iowa; sa limite nord n'est pas connue. Ces amas détritiques couvrent toutes les plaines; ils s'élèvent à 1800 mètres sur les flancs du mont Washington, à 600 dans les montagnes Vertes, etc. Leurs matériaux sont de grosseur variable. Les blocs n'excèdent pas ordinairement 1 pied cube, mais il y en a de 1000 et même de 20000 pieds cubes à Bradford (Massachusetts), et de 40000 dans les montagnes Vertes. Le *drift* ne renferme aucune preuve de la nature de l'eau dans laquelle et par laquelle il a été transporté; il n'y a aucune trace d'organismes marins contemporains du phénomène; il ressemble par conséquent en cela au grand dépôt erratique du nord de l'Europe. La grosseur de ses éléments diminue du N. au S., et beaucoup d'entre eux ont parcouru des espaces de 40, 60 et 100 milles. Partout ils recouvrent la surface des roches anciennes polies, sillonnées et striées par un agent qui les a précédés.

Si aux observations faites dans les États de l'est, surtout par MM. Hitchcock, Emmons, H. D. Rogers, nous ajoutons celles dirigées à l'ouest du Mississipi par Nicolet, Catlin et d'autres voyageurs, nous aurons la certitude que le phénomène auquel ces effets sont dus s'est manifesté aussi dans toute cette partie de l'hémisphère nord et pendant la même période glaciaire que celle à laquelle nous avons rapporté les effets analogues en Europe.

2° *Dépôts marins et lacustres des États-Unis du Nord.* Sur les bords du Saint-Laurent on trouve, à diverses hauteurs, des argiles avec des coquilles marines dont les analogues vivent encore sur les côtes voisines. A Beauport, au-dessous de Québec, une argile sableuse avec *Saxicava rugosa* recouvre les roches siluriennes à 164 mètres d'altitude ou 158 au-dessus du fleuve. Sir Ch. Lyell a donné une liste de 23 espèces de coquilles de cette localité qui toutes vivent dans les mers du Nord, sous des latitudes plus froides, et sont un peu différentes de celles de la faune du Canada, rela-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tion que nous avons déjà vue pour les coquilles des argiles bleues de la Scandinavie. Ces dépôts existent sur les bords du lac Champlain ; la mer qui les a formés occupait, suivant M. Emmons, non-seulement tout l'emplacement du lac, mais encore la vallée de l'Hudson, de sorte qu'un long bras de mer existait depuis le golfe Saint-Laurent jusqu'à New-York.

3° *Dépôts marins et lacustres des États du Sud.* Les plaines du Texas sont couvertes de sables, d'argiles et de bancs de cailloux quaternaires renfermant, près de San-Filippe, une grande quantité d'ossements de mammifères (Tapir, Bœuf, Mastodonte, Éléphant, Mylodon). Dans la vallée du Mississipi, au-dessus des couches tertiaires inférieures de Vicksburg, de Grand-Gulf, de Rodney et de Natchez, règne un dépôt puissant de limon rempli de coquilles terrestres semblables à celles qui vivent encore dans les lacs actuels. Les 20 mètres supérieurs de ce dépôt sont semblables à l'alluvion ancienne de la plaine du Rhin et du nord de la France, mais vers le bas, dans les falaises de Natchez, sont des argiles où l'on a trouvé un squelette entier de Mastodonte avec des restes de *Megatherium*, de *Mylodon*, de Cheval, de Bœuf, etc. Le golfe de Mexico est bordé, sur plusieurs centaines de milles, par un dépôt exclusivement composé de *Cyrena carolinensis*, avec des *Rangia cyrenoidea* (*Gnatodon*). Entre Mobile et la Nouvelle-Orléans ce banc coquillier suit le contour des baies et se retrouve dans les îles nombreuses du Mississipi, à son embouchure. L'île d'Anatasia, une grande partie de la Floride et des îles ou cayes qui la bordent, sont formées de bancs de coquilles et de polypiers quaternaires ou même modernes ; ici, comme sur le périmètre de la Méditerranée, manquent à la fois les traces de phénomènes physiques et la présence de la faune des mammifères, deux *criterium* que nous retrouvons en remontant vers le N.

En effet, à l'embouchure de la Savannah, à Darien et à Brunswick, M. Lyell a observé des dépôts argileux et sablonneux dont les coquilles sont identiques avec celles qui vivent

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sur la côte et qui sont recouverts d'argiles foncées renfermant des ossements de *Megatherium*, de *Mylodon*, de *Mastodon giganteum*, d'*Elephas primigenius*, de Cheval, et d'un grand chélonien. Il n'y a aucun mélange entre les deux dépôts. A Big-bone-Like (Kentucky) on a déjà vu que se trouvait un gisement remarquable de ces grands mammifères. Or, là, comme sur les côtes de l'Atlantique, dans la Caroline et la Géorgie, ils appartiennent au même niveau géologique et les mêmes espèces sont associées. De part et d'autre de la chaîne des Appalaches les coquilles fluviatiles et terrestres qui accompagnent les Mastodontes sont les mêmes que celles qui vivent encore sur les lieux. Ainsi ces grands mammifères ont existé *après* le dépôt erratique ou *drift* du Nord, et, par conséquent, la basse température, qui a dû coïncider avec la formation des stries, des surfaces polies, sillonnées, et commencer à se relever après le transport de ce drift, n'a pu être ici, non plus qu'en Europe, la cause de leur destruction.

A l'ouest des montagnes Rocheuses, dans le Nouveau-Mexique et la Californie, les vastes dépôts détritiques du bassin du Colorado annoncent que des causes semblables ont produit les mêmes effets, et l'on a vu (*antè*, p. 683) quels étaient leurs caractères dans la partie nord de cette région nouvellement explorée, où l'homme est présumé avoir été contemporain du Mastodonte.

4° *Caractères généraux de la faune.* Les mammifères fossiles de l'époque quaternaire présentent jusqu'à présent moins de genres dans l'Amérique du Nord que dans l'ancien continent; les carnassiers surtout y sont relativement peu nombreux.

Bien que les cavernes ne soient pas rares en Amérique, où l'on en cite même de plus étendues qu'en aucune partie du globe, on n'y a point encore signalé de ces riches ossuaires qui, en Europe, ont tant contribué à nous faire connaître les mammifères de cette époque, et surtout les petites espèces de carnassiers, de rongeurs et d'insectivores; peut-être est-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ce la cause qui nous fait paraître cette faune numériquement si pauvre.

Avant de revenir sur les grands mammifères éteints dont nous avons déjà parlé (*antè*, p. 271) et de compléter leur histoire, nous rappellerons que les falaises de la baie d'Eschscholtz, situées sur la côte orientale du détroit de Behring, et précisément sous le cercle polaire, sont formées, comme la plupart de celles de la côte asiatique de la mer Glaciale à l'ouest, de dépôts de transport consolidés par la glace, et dans la partie supérieure desquels sont enfouis de nombreux ossements. Ceux-ci ont encore conservé presque toute leur matière animale, et des poils se rencontrent aussi fréquemment. On y a reconnu : l'*Elephas primigenius*, dont les défenses donnent lieu à un commerce actif, l'*Equus fossilis*, le *Cervus alces*, le *C. tarandus*, l'*Ovibos*, ou Bœuf musqué, l'*Ovibos maximus*, plus grand que l'espèce vivante, le *Bos* ou *Bison latifrons* (Bison fossile arctique), le *Bison crassicornis* ou à cornes pesantes, et une autre espèce.

Ainsi, dès les premiers pas que nous faisons sur le continent américain, en venant de l'ouest, nous trouvons encore l'Éléphant, que nous verrons différer à peine de celui de l'Europe, et le Renne, qui vit dans le nord du nouveau continent, aussi bien que dans l'ancien. Mais nous remarquerons, comme partout au sud, l'absence du *Rhinoceros tichorhinus*, et même du genre tout entier, puis celle du *Bos primigenius* et du *Cervus megaceros*, tandis qu'apparaissent d'autres types de ruminants propres aujourd'hui à l'Amérique du Nord.

Maintenant, quant aux principaux types des animaux et à leur distribution géographique, nous dirons que deux espèces d'Éléphants paraissent y avoir vécu dans le même temps ; l'un, l'*E. primigenius* de l'ancien continent (*E. americanus*, Leidy), habitait les États situés à l'est du Mississipi et au nord des Alléghanys ; l'autre, désigné par M. Falconer sous le nom d'*E. Columbi* (*E. texanus*, Owen), a particulièrement,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mais non exclusivement, habité le Texas, l'Alabama, le Nouveau-Mexique, et en général au sud du 30e degré, puis à l'est le littoral jusqu'au cap Hatteras. Tous deux accompagnaient les autres grands mammifères [1]. Le *Mastodon giganteum*, dont nous avons rapporté la découverte et indiqué les caractères (*antè*, p. 271), a été trouvé associé avec l'*Elephas primigenius* dans l'État de l'Ohio, la Caroline du Sud, la Nouvelle-Angleterre, etc. Le genre tout entier, qui, comme on l'a vu, avait complétement disparu de l'Europe avec la période tertiaire supérieure, est au contraire un de ceux qui caractérisent le mieux l'époque quaternaire dans tout le Nouveau-Monde.

Le genre Cheval offre cette autre particularité qu'existant à la fois dans les deux continents, il avait complétement disparu ensuite du nouveau, lorsqu'il y fut ramené par l'intermédiaire de l'homme, et cependant il ne semble pas qu'aucune des conditions climatologiques ait cessé de lui être favorable. Deux espèces ont été trouvées avec les autres grands mammifères dans le New-Jersey, le Kentucky, la Géorgie, à Natchez, etc.: ce sont les *E. curvidens* et *americanus*, ce dernier plus grand que toutes les espèces connues.

Le genre Bœuf est représenté par plusieurs espèces dont quelques-unes de très-grande taille, ainsi que le genre Cerf, dont l'espèce *americanus* dépassait le grand *Cerf d'Irlande*. Les genres *Felis* et *Ursus* sont à peine indiqués; les genres Tapir, Raton, *Hipparion*, *Harlanus* et Pecari sont assez douteux ou très-rares, et le grand *Castoroides* y représente le type des Castors.

Mais ce qui caractérise essentiellement la faune des mammifères quaternaires de tout le nouveau continent, c'est la

1. Sept espèces d'Éléphants fossiles ont été citées dans les dépôts quaternaires de l'Amérique du Nord : E. *primigenius* Blum., *Jacksoni* (*Euelephas*) Briggs et Foster, *Rupertianus* Richards., *americanus* Leidy, *Columbi* Falc., *imperator* Leidy et *texanus* Black? Owen. Mais il y a sans doute beaucoup de doubles emplois, et leur étude comparative reste encore à faire.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

présence et surtout l'abondance de gigantesques édentés constituant une famille particulière, celle des mégathéroïdes, et ayant vécu avec les Éléphants, les Mastodontes, les ruminants et autres animaux dont nous venons de parler.

Le *Megatherium Cuvieri* (et *M. mirabile*, Leidy), dont nous avons décrit les caractères (*antè*, p. 282), a été trouvé, en 1824, dans l'île de Skiddaway (Géorgie), puis sur les bords de la rivière Ashley (Caroline du Sud), dans la tranchée du canal de Brunswick, etc. Le *Megalonyx Jeffersoni* (*antè*, p. 273) de la caverne de Green-Briar (Virginie) accompagne les autres mammifères du gisement de Natchez (Mississipi), et s'est trouvé sur les bords de l'Ohio, au-dessous d'Henderson (Kentucky), dans l'Indiana, partout entouré de coquilles d'eau douce identiques avec celles qui vivent aux environs. Une seconde espèce (*M. dissimilis*) est signalée par M. Leidy. Le *Mylodon Harlani* joint aux formes lourdes du *Megatherium* une dentition fort différente rappelant celle du *Megalonyx*, dont elle s'éloigne cependant en ce que les dents, cinq en haut et quatre en bas, sont toutes dissemblables les unes des autres d'avant en arrière. Cette espèce, distincte de celle de l'Amérique du Sud, a été trouvée sur une multitude de points et jusque sur les bords de la Willammette, tributaire de la Columbia, dans l'Orégon.

En résumé, on ne connaît encore que 17 genres de mammifères terrestres fossiles de cette époque dans l'Amérique du Nord, comprenant à peine vingt et quelques espèces, dont plusieurs sont très-douteuses.

§ 4. AMÉRIQUE DU SUD.

Dans l'hémisphère austral, les phénomènes de l'époque quaternaire semblent, comme dans le nôtre, s'être produits en venant des régions polaires et avoir diminué d'intensité

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

en s'avançant vers le tropique. Par les mêmes motifs que ci-dessus, nous grouperons les faits sous cinq titres différents.

1° *Dépôts erratiques de la Terre-de-Feu, de la Patagonie et des îles voisines.* Les îles Falkland ou Malouines, formées, comme on l'a vu, par le terrain de transition, sont, dit M. Ch. Darwin, couvertes d'une immense quantité de fragments de roches accumulés en forme de traînées, de courants ou de nappes, principalement vers le fond des vallées. Ces amas énormes, qui remontent aussi jusqu'au sommet des montagnes, sont composés de quartzites.

Dans la partie orientale de la Terre-de-Feu, les couches tertiaires sont bordées de dépôts plus récents de 30 à 40 mètres d'épaisseur. A l'extrémité sud-est, les côtes sont occupées aussi par un dépôt non stratifié analogue à celui du détroit de Magellan. Celui de l'île de Navarin est semblable au *till* de l'Écosse et présente tous les caractères des accumulations de blocs et de détritus de l'Angleterre et du nord de l'Europe.

Le gravier erratique de la Patagonie est composé de terre et de sable avec de petits cailloux de quartz et de divers porphyres. Il recouvre la plaine basse sur la rive nord du Colorado, sa limite extrême de ce côté où vient finir le limon des Pampas. De ce point au détroit de Magellan, les graviers quaternaires occupent une surface de 800 milles, en s'épaississant à mesure qu'on s'avance vers le pied des Cordillères, d'où leurs éléments proviennent en grande partie.

En remontant le long du Pacifique, M. Darwin signale les terrasses de gravier des îles Chonos, puis dans la partie de l'île Chiloé qui fait face au continent, des blocs erratiques nombreux qui sont de roches cristallines provenant sans doute des Cordillères.

Dans cet hémisphère, à partir du 41e degré jusqu'au cap Horn, on retrouve donc les mêmes phénomènes et presque sur une aussi grande échelle que dans les parties septentrionales de l'ancien et du nouveau Monde, et compris entre les mêmes

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

limites géographiques. Cependant, malgré l'analogie de tous ces caractères, on n'y a pas encore constaté les stries, les sillons et les surfaces polies qui, dans l'hémisphère nord, s'observent sous les dépôts erratiques marquant le commencement de l'époque quaternaire. Peut-être est-ce au manque d'attention des voyageurs que cette circonstance négative doit être attribuée.

2° *Dépôts marins ou plages anciennes soulevées de la côte occidentale.* — Nous avons exposé ailleurs[1] avec quelques détails, d'après les recherches de Basil Hall, d'Alcide d'Orbigny et de M. Darwin, les preuves de soulèvements peu anciens des côtes, depuis l'île Chiloé jusqu'au Pérou, et nous avons vu qu'il existait des bancs de coquilles, émergés depuis un temps plus ou moins long, du 45e degré 35′ jusqu'au 12e degré latitude S. On y observe, en outre, des traces d'érosions, des cavernes, d'anciennes plages, des dunes, des terrasses successives de gravier, et les coquilles marines d'espèces vivantes, trouvées jusqu'à 30 et 40 milles dans les terres, témoignent du séjour de l'Océan à une époque peu reculée. D'après la seule considération du niveau auquel ces coquilles se rencontrent aujourd'hui, on peut juger que le soulèvement a été de 106 mètres à Chiloé, de 190 et peut-être de 304 à la Conception, de 395 à Valparaiso et de 77 à Coquimbo. Plus au nord, on n'en a pas cité au-dessus de 90 mètres, et à Lima l'élévation n'a été que de 26 mètres. Les coquilles de ces dépôts sont non-seulement les mêmes que celles qui vivent sur la côte, mais, en les comparant avec celles des dépôts de l'autre côté des Andes, on reconnaît que l'ensemble des deux faunes avait les mêmes caractères que de nos jours. Du côté de l'Atlantique, les amas de coquilles s'observent depuis la Terre-de-Feu jusqu'à 1180 milles au nord, du côté du Pacifique, sur une étendue de 2075 milles.

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. II, p. 407 et 1058. 1849. — *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 220. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

3° *Dépôt* ou *limon des Pampas*. — Le dépôt des Pampas est une terre argileuse, d'un brun rouge foncé, légèrement endurcie, renfermant parfois des lits horizontaux de concrétions marneuses qui passent à une roche compacte, ou caverneuse, ou bien à un tuf calcaire (*tosca*). Sur quelques points un peu plus élevés de ces immenses plaines, à l'ouest et au sud de Buenos-Ayres, on remarque une immense quantité de petites coquilles d'eau saumâtre (*Potamomya* ou *Azara labiata*), dont l'espèce vit encore dans les vases de la Plata.

Des sondages ont fait connaître qu'au-dessous de la ville le limon, de 63^{m} 64 d'épaisseur, reposait sur une argile verte tertiaire, et il s'étend vers le sud jusqu'au Rio-Colorado, l'espace de 400 milles géographiques.

Dans la baie de Bahia-Blanca, la coupe de Punta Alta montre, réunies dans la même couche de gravier, 20 espèces de coquilles marines, des Balanes et 2 polypiers qui tous vivent sur la côte voisine, puis 7 genres de mammifères éteints (*Megatherium Cuvieri*, *Megalonyx Jeffersoni*, *Mylodon Darwinii*, un autre grand édenté, *Scelidotherium leptocephalum*, *Toxodon platensis*, *Equus curvidens*, *Macrauchenia patagonica* et un grand dasypoïde). C'est donc une circonstance tout à fait analogue à ce que nous avons vu dans l'Amérique du Nord et en Europe, et l'un des caractères de la faune de cette époque.

Au nord de la Plata, de Buénos-Ayres à Santa-Fé-Bajada et dans l'Entre-Rios, le même dépôt occupe partout la surface du sol et présente des restes de grands mammifères dans toute sa hauteur. Son étendue de ce côté est au moins égale à la surface de la France, si même elle n'est plus considérable.

Si, quittant ces basses plaines, nous remontons vers le nord jusqu'au plateau de la Bolivie, nous y retrouverons un limon semblable, à 3717 mètres d'altitude, autour de la Paz, sur les bords du lac de Titicaca et du Dasaguadero. Des ossements de Mastodonte et d'autres grands mammifères y ont

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

été trouvés par M. Pentland et par M. de Sartiges, comme dans l'île de Taquère, située au milieu du lac, à 3950 mètres au-dessus de la mer. Aux environs de Santa-Cruz, dans la vallée de Tarija, gisement très-riche en débris de grands mammifères, de même que sur le plateau de Cochabamba, à 2575 mètres, partout ce dépôt est horizontal.

4° *Mammifères du limon des Pampas.* — Par leur variété, leurs dimensions, l'étrangeté de leurs formes, aussi bien que par leur abondance, les animaux vertébrés dont les restes sont épars dans ce dépôt impriment à sa faune un caractère particulier, l'un des plus curieux que nous offre la paléozoologie, et qu'ont surtout fait connaître les travaux de G. Cuvier, de Falconer, de MM. R. Owen et P. Gervais.

Ne pouvant, on le conçoit, reproduire ici les données même les plus générales que nous avons exposées sur ce sujet[1], nous présenterons au moins le tableau des espèces, qui permettra au lecteur d'en apprécier l'intérêt.

CARNASSIERS. *Ursus bonariensis, Felis* indét., *Canis incertus* ou *Azaræ.*

RONGEURS. *Hydrochœrus capybaræ, Kerodon antiquum, Ctenomys bonariensis, C. priscus.*

PACHYDERMES. *Mastodon Andium, M. Humboldtii, Equus neogæus, E. Devillei, Macrauchenia patagonica, M. boliviensis.*

RUMINANTS. *Toxodon platensis, T. angustidens, T. paranensis, Nesodon imbricatus, N. Sullivani, N. ovinus, N. magnus, Auchenia Weddellii, A. Castelnaudii, A. intermedia.*

SUILLIEN. *Dicotyles collaris.*

ÉDENTÉS. Déjà nous avons vu la faune quaternaire de l'Amérique du Nord réunissant aux types des grands pachydermes de l'ancien continent des types également gigantesques d'un ordre qui manque dans ce dernier. Les édentés nous ont offert dans les États-Unis du sud et de l'est les genres *Megatherium, Megalonyx* et *Mylodon* que nous retrouvons aussi dans l'Amérique méridionale, mais associés à une multitude d'autres formes qui donnent à

1. *Leçons sur la faune quaternaire,* p. 232, in-8°. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sa faune un *facies* local plus prononcé encore (*Megalonyx Jeffersoni*, *Mylodon Darwinii*, *M. robustus*, *Lestodon armatus*, *L. myloides*, *Scelidotherium leptocephalum*, *Megatherium Cuvieri*, *Glossotherium*).

DASYPIDES. *Glyptodon clavipes*, *G. reticulatus*, *G. tuberculatus*, *G. ornatus*, *Hoplophorus* (*Glyptodon*) *euphractus*, *Euphractus sexcincto* (*Dasypus sexcinctus*), *Schistopleurum typus*, *gemmatum*. Les Tatous fossiles étaient herbivores; les vivants, à l'exception des Tolypeutes, sont carnivores.

La prédominance des édentés est donc bien remarquable dans cette faune, qui renferme 23 genres dont plus de la moitié sont éteints, et 40 espèces dont 3 ou 4 à peine vivent encore dans le pays.

5° *Cavernes à ossements du Brésil.* — Ces cavernes sont situées entre les rivières das Velas et de Paraopeba, dans la province de Minas-Geraes. Ouvertes dans des calcaires horizontaux, leur sol est formé d'une terre rouge semblable à celle du plateau qui est élevé de 600 à 700 mètres au-dessus de la mer.

Après avoir examiné plus de 800 cavernes, M. Lund n'a trouvé d'ossements humains que dans 6, et dans une seule ils étaient à côté de restes d'animaux, d'espèces soit éteintes, soit encore existantes. Ce fait, quoique unique, le porte à admettre que l'homme remonte au delà des temps historiques. L'état de ces os était d'ailleurs le même que celui des animaux, tels que ceux du Cheval, inconnu aux habitants avant la conquête. Les haches de pierre trouvées aussi dans ces cavernes sont identiques avec celles que l'on rencontre en Europe, mais l'auteur ne dit pas si elles sont grossièrement taillées comme celles des dépôts quaternaires, ou polies comme celles de la période *antéhistorique*.

Les recherches de MM. Lund et Claussen ont fait connaître, dans ces cavernes du Brésil, 115 espèces de mammifères réparties dans 58 genres, c'est-à-dire plus qu'aucun

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

pays n'en avait encore présenté, et distribuées comme il suit :

	Genres.	Espèces.
Quadrumanes	4	6
Chéiroptères	3	7
Carnassiers	9	18
Rongeurs	15	32
Édentés	13	28
Pachydermes	9	10
Ruminants	4	7
Marsupiaux	1	7
	58	115

Les quadrumanes sont tous des singes de la famille des cébidés, propre encore aujourd'hui au Nouveau-Monde, de même que toutes les espèces fossiles trouvées en Europe et dans l'Inde sont des pithécidés propres à l'ancien continent.

Outre les mammifères, beaucoup d'oiseaux avaient laissé leurs débris dans ces cavernes, tels que de grandes autruches, du sous-genre *Rhéa*, un autre genre propre à l'Amérique, puis des Perroquets, Engoulevents, Perdrix, Piruculs, Chouettes, des reptiles ophidiens, sauriens et batraciens, des insectes myriapodes, et une multitude de coquilles fluviatiles et terrestres.

Quoiqu'il nous reste sans doute beaucoup à connaître pour une étude comparative suffisante de cette faune et de celle des Pampas, on peut dire néanmoins, d'une manière générale, que dans les 70 genres et plus de 150 espèces de mammifères fossiles de l'Amérique du Sud, on retrouve les caractères généraux de la faune actuelle, mais avec des types infiniment plus variés et qui atteignaient des dimensions beaucoup plus considérables. Un certain nombre d'espèces, appartenant exclusivement à de petits genres, surtout parmi les rongeurs, vivent encore. Les édentés qui forment le trait dominant de cette faune sont tous éteints, et, pour les autres ordres, les genres ont en général d'autant moins de représentants dans la nature actuelle qu'ils sont de plus grandes tailles.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

§ 5. AUSTRALIE, NOUVELLE-HOLLANDE.

Comme partout ailleurs, les phénomènes physiques de l'époque quaternaire sont, dans les parties connues de l'Australie, des dépôts de matières meubles transportées au fond des vallées, des plages soulevées, des brèches osseuses et des cavernes dans lesquelles les ossements ont été accumulés. Des phénomènes erratiques, plus ou moins semblables à ceux de l'hémisphère nord et de la pointe méridionale de l'Amérique, ont été particulièrement observés sur les flancs et au pied des hautes chaînes centrales de la Nouvelle-Zélande. Il serait donc inutile de nous appesantir sur ces faits, tandis que la faune fossile de cette même région, qui offre un intérêt particulier, doit nous arrêter un instant.

Dans la Nouvelle-Hollande, les cavernes de la vallée de Wellington, sur les bords de la rivière Condamine, et les dépôts de transport ou lacustres des plaines de Darling-Downs et d'autres localités, ont présenté, parmi les marsupiaux *sarcophages* que caractérisent de petites incisives, de grandes canines et des molaires de carnivores ou d'insectivores, des restes de *Dasyurus laniarius*, de *Thylacinus spelæus*, et le *Thylacoleo carnifex*, de la taille du Lion. Les marsupiaux *poéphages*, dont les incisives antérieures sont grandes et longues à chaque mâchoire, les canines petites et variables, ont offert de grands Kanguroos, désignés sous les noms de *Macropus affinis*, *Atlas* et *Titan*, puis l'*Hypsiprymnus spelæus* et l'*H. hydromis*, espèce encore vivante. Parmi les *rhizophages*, qui rappellent les rongeurs par l'absence de canines et la présence de deux incisives coupées en biseau, on cite le *Phascolomys Mitchelli* et le *P. gigas* de la taille du Tapir. Mais deux animaux plus remarquables encore sont le *Diprotodon* et le *Nototherium*, types de marsupiaux représentant les pachydermes des grands continents. Le crâne du premier,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

d'un mètre de longueur, montre beaucoup de rapports avec celui des Kanguroos; le *D. australis* était de la taille d'un Hippopotame. Quant au *Nototherium Mitchelli*, il était aussi de la taille d'un Bœuf, et voisin, quoique différent, du précédent. Avec ces grands marsupiaux vivait encore, sur les bords de la rivière Condamine, le *Megalania prisca*, reptile carnivore, assez rapproché des Monitors actuels, et qui n'avait pas moins de 7 mètres de long[1].

§ 6. NOUVELLE-ZÉLANDE.

La plus singulière des faunes actuelles est, sans aucun doute, celle des îles de la Nouvelle-Zélande. Une petite espèce de Rat paraît être le seul mammifère terrestre indigène, et le plus caractéristique des animaux à sang chaud est l'*Apteryx* ou *Kivi*, le plus petit des oiseaux coureurs, dont les ailes rudimentaires sont moins développées que dans aucun autre, et dont les os ne présentent point de cellules aériennes.

Dans les dépôts de transport des plaines et des vallées de l'île du Nord, dans la baie de Poverty, aux environs de Wanganui et de Vairva, dans les vases de la côte que recouvre la haute mer, à l'embouchure du Waingongoro et dans des sables volcaniques provenant du mont Egmont, on rencontre des débris d'oiseaux ayant les plus grands rapports avec l'Apteryx, mais d'un tiers plus grands que l'Autruche actuelle d'Afrique. L'une des espèces de ces oiseaux paraît n'avoir disparu que depuis quelques siècles, et il ne serait pas même impossible, dit M. J. Haast, qu'il en existât encore dans quelques parties reculées de ces îles.

Ces grands oiseaux, appelés *Moa* dans le pays, et dont les

1. L'opinion que le Mastodonte avait existé en Australie, contrairement à toutes les lois de l'analogie, a été suffisamment réfutée. (Voy. *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 266.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

restes ont été recueillis par MM. Taylor, W. Mantell et par d'autres voyageurs, ont été particulièrement étudiés par M. R. Owen, qui leur a donné le nom générique de *Dinornis*. Il en a reconnu dix espèces (*D. giganteus*, qui devait atteindre $3^m 50$ de hauteur, *D. struthioides*, de la taille de l'Autruche ordinaire, *D. rheides*, *dromoides*, *casuarinus*, *ingens*, *robustus*, *geranioides*, *curtus* et *elephantopus*, ce dernier ainsi nommé à cause des dimensions des doigts du pied, comparables à ceux de l'Éléphant). Les espèces du genre *Palapteryx* ont été réunies au précédent. Le genre *Apterornis* est peu connu encore, et le genre *Notornis* de la famille des macrodactyles a été retrouvé vivant dans l'île du Milieu. Deux espèces d'*Apteryx* qui ne diffèrent point des espèces actuelles ont été rencontrées fossiles dans les mêmes gisements que les *Dinornis*. Ceux-ci différaient, à ce qu'il semble, d'une île à l'autre, ceux trouvés dans l'île du Nord n'étant pas les mêmes que ceux recueillis dans l'île du Sud. Le détroit de Cook devait être, en effet, un obstacle à la migration d'oiseaux qui n'étaient ni nageurs ni voiliers. Dans les îles du Nord et du Milieu, on a constaté des preuves de la contemporanéité de plusieurs de ces grands oiseaux tridactyles avec l'homme[1]. Enfin, aucune trace de mammifère fossile n'a encore été trouvée dans ces îles, dont les animaux à sang chaud montrent, entre la faune actuelle et celle qui l'a précédée immédiatement, la même analogie qu'entre les faunes quaternaire et moderne dans les plus grandes divisions naturelles des terres actuellement émergées.

§ 7. ILE DE MADAGASCAR.

L'existence d'oiseaux gigantesques, antérieure à l'époque actuelle, n'est pas exclusive à la région australe dont nous

1. *Leçons sur la faune quaternaire*, p. 278. 1865.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

venons de parler. En 1850, M. Abadie trouva dans les alluvions récentes de Madagascar des œufs et des fragments d'os d'un oiseau tridactyle, comme les *Dinornis*, mais de plus grande taille encore. Ces œufs représentent une capacité de huit litres trois quarts ou égale à six fois celle de l'œuf de l'autruche, ou à 148 fois celle d'un œuf de poule. L'épaisseur de la coque est de 8 millimètres, et le plus grand diamètre est de 32 à 34 centimètres. Ce type d'un nouveau genre, désigné par Isid. Geoffroy Saint-Hilaire sous le nom d'*Æpyornis*, ne devait pas avoir moins de 4 mètres de hauteur.

RÉSUMÉ.

Nous avons essayé, dès 1848, d'établir la chronologie ou succession des *phénomènes physiques* de l'époque quaternaire que jusque-là on avait considérés *en bloc* et regardés comme non susceptibles de divisions. La série des diverses actions que nous avons cru reconnaître alors semble s'être complétée depuis; de nouveaux termes y sont introduits chaque jour et nous avons actuellement plus de motifs encore pour admettre les conclusions qui se déduisent des faits que nous venons d'exposer..

Considéré sous le rapport de sa *faune*, nous trouvons également des motifs pour distinguer l'époque quaternaire de celle qui l'a précédée comme de celle qui l'a suivie.

En effet, dans l'ancien continent, l'*Elephas primigenius*, le *Rhinoceros tichorhinus*, l'Ours, l'Hyène et le *Felis* des Cavernes, le *Machairodus*, l'Hippopotame, le *Bos primigenius*, l'Aurochs, le *Cervus megaceros*, l'*Elasmotherium*, le *Trogontherium*; dans le nouveau, les Mastodontes, les *Megalonyx*, les *Mylodon*, les *Megatherium*, les *Scelidotherium*, les *Glyptodon*, les *Chlamydotherium* et autres édentés parcourant d'immenses solitudes avec les *Macrauchenia*, les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Toxodon, les *Myopotamus*, etc., puis les *Macropus Titan* et *Atlas*, les *Diprotodon*, les *Nototherium*, le *Tilacoleo* et les autres marsupiaux qui, avec d'énormes Lézards (*Megalania*) habitaient la Nouvelle-Hollande, en même temps que les *Dinornis* et autres oiseaux tridactyles aptères peuplaient seuls la Nouvelle-Zélande, et l'*Æpyornis* les vallées de Madagascar; tous ces vertébrés, disons-nous, plus grands que leurs congénères actuels qui vivent dans les mêmes régions, apparaissent à un moment donné pour régner dans des pays différents et s'éteindre ensuite, laissant leurs débris accumulés dans les alluvions des vallées, au fond des marais, dans les cavernes et les brèches dont ils nous servent à déterminer l'âge.

Cependant les caractères différentiels de la faune quaternaire, comparés à ceux de la faune actuelle, sont loin d'être les mêmes dans les diverses classes. Ainsi, chez les animaux inférieurs, marins, d'eau douce, ou terrestres, les différences sont très-faibles. Dans les régions tempérées du Nord, ils dénotent souvent un climat plus froid, des circonstances moins favorables et un développement plus restreint.

Dans la classe des mammifères, c'est généralement l'inverse; l'analogie des faunes quaternaires et modernes de chaque région naturelle est d'autant plus prononcée que les animaux que l'on considère sont de plus petite taille. On a cherché, par des modifications survenues dans les conditions physiques extérieures, à rendre compte de la disparition des grandes espèces et de la persistance des petites, et l'on a pensé que ces dernières avaient pu s'accommoder à des changements sous l'action desquels les premières avaient succombé.

Mais il faut remarquer que c'est la loi générale de tous les temps. Dans les diverses classes, genres ou espèces d'animaux fossiles, la durée se montre en raison inverse de la taille et de la masse, tandis que la vie normale des individus devait être en raison directe de celles-ci. Les résultats

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

biologiques que nous présente la faune quaternaire ne sont que l'expression d'un moment, comparativement fort court de la vie de la Terre, et, en supposant le temps suffisamment prolongé, la paléontologie démontre que les petites espèces auront disparu comme les grandes.

Pour cette simple question de temps, l'homme, encore bien nouveau sur le globe, ne possède aucun chronomètre qui lui permette de mesurer le cycle de l'existence des êtres qui l'entourent; il n'aperçoit pas le mouvement qui se fait autour de lui ; il croit volontiers que la nature organique, qui n'avait cessé de se modifier depuis l'origine des choses, est devenue immobile depuis qu'il en fait partie, qu'aux lois de succession ont succédé de simples lois de conservation, qu'en un mot la création est complète et finie.

C'est là sans doute une illusion qui vient de ce que les quelques dizaines de siècles qu'embrassent nos chroniques ne suffisent pas pour que l'on puisse constater encore des changements bien notables; mais si l'étude et l'observation nous ont appris quelque chose, c'est que l'histoire de l'humanité tout entière ne compte pas plus dans l'histoire de la nature que la vie de ces Éphémères qu'un même soleil voit naître, se reproduire et mourir.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE IX.

TERRAIN MODERNE.

GÉNÉRALITÉS.

Après les phénomènes dont nous venons d'exposer les principaux résultats, la surface de la terre est entrée dans une période de tranquillité et de repos relatif dont nous pouvons contempler directement les effets. Jetons un coup d'œil sur les plages qui bordent les mers, sur les deltas qui se forment à l'embouchure des fleuves, sur les cordons littoraux situés en avant des côtes, sur les dunes placées en arrière, sur les alluvions des rivières, sur les dépôts des lacs, sur les tourbières, joignons-y l'examen attentif des produits *antéhistoriques* de l'industrie humaine, et nous acquerrons la preuve qu'il ne s'est passé, depuis que règne cet état de choses, aucune perturbation, aucun changement notable sur notre planète, rien qui ait sensiblement troublé la marche ni l'ordre normal des faits organiques et inorganiques. Nous avons donc, dans cet ensemble de circonstances, une limite parfaitement naturelle pour distinguer cette période de calme de celle qui l'a précédée et dont nous avons vu que tant de phénomènes divers et successifs avaient marqué la durée. D'un autre côté, ainsi que nous le disions tout à l'heure, les annales de l'humanité ne remontent pas assez haut pour que l'on ait encore pu constater, sans le secours de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la géologie, quelques modifications dans les êtres organisés qui nous entourent.

Mais en atteignant l'époque la plus récente de l'histoire de la terre, celle dans laquelle nous vivons, le géologue voit se rétrécir le champ de ses recherches, non-seulement par rapport au temps relativement très-court dont ses observations doivent embrasser les effets, mais encore relativement au nombre beaucoup plus restreint des sujets qui lui restent à considérer ainsi qu'à leur importance. Il n'a plus à s'occuper des faunes ni des flores qui sont l'objet de sciences spéciales; la géographie physique, la météorologie et ses influences, de même que l'orographie, ne sont plus de son domaine particulier.

D'un autre côté, la connaissance des faits qui sont encore de nature à appeler son attention est assez souvent entrée dans le domaine public, parce que ces faits se rattachent naturellement à une multitude de circonstances de la vie qui nous familiarisent avec ce que chacun d'eux peut avoir d'utile ou d'intéressant. Il ne s'agit plus de la recherche, dans les profondeurs de la terre, des traces plus ou moins effacées d'un corps organique ou inorganique; ce n'est plus une langue morte dont on veut épeler les mots après en avoir appris l'alphabet, c'est la science au grand jour, à l'appréciation facile, et où chacun peut lire, en quelque sorte, couramment.

Il serait donc peu nécessaire, dans un livre comme celui-ci, de nous appesantir sur des sujets dont on possède déjà des notions d'une certaine exactitude, acquises soit dans le cours d'une instruction élevée, soit par les relations ordinaires de la vie, par des lectures ou par des voyages. Mais ce qui manque à beaucoup de personnes, à cet égard, c'est de se bien rendre compte de l'importance relative des divers phénomènes, des divers agents, des diverses causes qui se produisent aujourd'hui à la surface des continents, au fond des eaux douces ou des mers, ou bien à l'intérieur même de la terre, et qui tendent incessamment, quoiqu'avec une extrême lenteur, à

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

modifier l'état ou les caractères de cette surface. Or, rien ne nous a paru plus propre à faire apprécier ce genre de rapports que de disposer ces sujets d'une manière méthodique pour qu'on puisse saisir d'un coup d'œil leurs relations naturelles.

TERRAIN MODERNE.

- **A** — Les phénomènes dont l'origine est *à la surface* du globe donnent lieu à des produits
  - Atmosphériques et terrestres.....
    - Inorganiques.. I.
      1. Influence de l'atmosphère sur les roches, et résultats de leur altération.
      2. Chutes de poussière.
      3. Fulgurites.
      4. Terre végétale.
      5. Éboulements, glissements et débâcles.
    - Organiques... II.
      1. Guano, cuica, Kjokkenmöddings, habitations lacustres, monuments en terre.
  - Lacustres, fluviatiles ou d'eau douce.
    - Aqueux et solides..... III.
      1. Glace.
      2. Glaciers.
      3. Glaces flottantes.
    - Inorganiques. IV.
      1. Dépots des lacs d'eau douce.
      2. Dépôts des lacs salés et des mers intérieures.
      3. Alluvions des rivières et des torrents.
      4. Action des cours d'eau sur les roches.
    - Organiques... V.
      1. Tourbes et marais tourbeux, bois charriés par les fleuves.
      2. Marnes coquillières, diatomacées siliceuses et cypridées.
  - Marins ou ensevelis sous les sédiments de la mer.....
    - Inorganiques. VI.
      1. Affaissements des côtes.
      2. Alluvions marines et bancs de sable.
      3. Grès et calcaires.
      4. Dunes.
      5. Deltas et alluvions des rivières qui les produisent.
      6. Cordons littoraux.
    - Organiques.. VII.
      1. Dépôts coquilliers.
      2. Iles et récifs de polypiers.
      3. Marnes à rhizopodes et polycystinées.
      4. Forêts sous-marines.
- **B** — Les phénomènes dont l'origine est *au-dessous* de la surface du globe donnent lieu à des produits
  - .....
    - Gazeux, bitumineux et boueux..... I.
      1. Gaz inflammable, *lagoni*, naphte, pétrole, salses, etc.
    - Aqueux..... II.
      1. Sources minérales et thermales.
      2. Tufs et travertins.
    - Volcaniques.. III.
      1. Volcans modernes ou brûlants.
      2. Diatomacées siliceuses.
- ou à des effets seulement.
  - ..... IV.
    1. Tremblements de terre.
  - ..... V.
    1. Soulèvements et abaissements contemporains.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Ainsi, le tableau ci-joint montre que les sujets ou les phénomènes désignés sous le nom collectif de *terrain moderne* se rangent dans deux grandes classes dont l'une comprend les produits des causes qui agissent directement *à la surface* de la terre, émergée ou non, l'autre, ceux qui ont leur origine *au-dessous* de cette même surface.

Ces deux divisions correspondent, comme on le voit, aux deux classes de roches du *Tableau géologique général* (*antè*, p. 345), parce qu'en effet il y a toujours eu des produits de deux sortes et d'origine différente. Il y a toujours eu des phénomènes internes et des phénomènes externes; seulement, l'activité des premiers s'est de plus en plus affaiblie par suite de l'épaississement de la croûte terrestre, et celle des seconds, en ce qui concerne les terres émergées, s'est exercée sur un champ de plus en plus vaste par suite de l'extension des continents et des îles.

Les produits de la *première classe* sont, suivant leur origine, *atmosphériques*, *terrestres*, *lacustres* ou *d'eau douce* et *marins;* puis ils se subdivisent en *produits inorganiques* et *organiques*, et ces derniers à leur tour en *produits animaux* et *végétaux*. Ceux de la *seconde classe* sont en général inorganiques; leurs causes premières échappent encore à l'observation directe; aussi ont-ils été l'objet de nombreuses hypothèses.

Phénomènes dont l'origine est au-dessous de la surface. — Disons quelques mots des sujets les plus importants indiqués dans le tableau en commençant par ceux-ci; ce sera nous conformer encore à la marche générale de notre livre, car on doit regarder ces produits de la seconde classe comme les derniers effets des causes auxquelles nous avons attribué ceux qui ont fait l'objet de nos premiers chapitres et de la fin du septième; ils sont les témoignages actifs de l'origine ignée et de l'état de fluidité de notre planète; ils sont le dernier anneau de cette chaîne non interrompue de manifestations plus ou moins énergiques et de réactions de la

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

masse interne sur l'enveloppe externe, qui s'est déroulée à travers la série des âges.

Volcans. — Aussi est-ce avec toute raison que l'on a dit qu'il était presque impossible d'établir une ligne de démarcation bien tranchée entre les volcans maintenant en activité et ceux qui paraissent éteints, car on n'est jamais sûr qu'un volcan ne passe bientôt de l'un de ces états à l'autre. En effet, la ressemblance, on pourrait même dire l'identité de certains volcans comme ceux de la chaîne des Dômes, en Auvergne, que nous avons décrits (*antè*, p. 148), et dont aucune éruption n'a été mentionnée même par les traditions les plus anciennes, avec ceux qui donnent chaque jour des preuves de la plus grande activité, paraît être telle que la classification qui tendrait à les séparer serait toujours artificielle. Il en serait de même pour les produits des sources thermales, pour ces dépôts siliceux ou calcaires de nos jours qui se lient d'une manière insensible avec ceux des époques antérieures, et prouvent une fois de plus que la nature, sous quelque point de vue qu'on la considère, n'a jamais offert de solution de continuité absolue dans la marche des phénomènes physiques résultant de sa constitution première, pas plus que dans celle des phénomènes organiques.

En traitant ce sujet à un point de vue général[1], nous avons suivi, à très-peu près, L. de Buch dans sa *Description des principaux volcans du globe*[2], et M. Ch. Daubeny dans sa *Description des volcans éteints et en activité*[3], ouvrages dont la lecture nous paraît propre à donner une idée complète de la partie positive de nos connaissances à cet égard. Quant à la partie théorique, nous avons aussi exposé les idées les plus

1. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. I, p. 484. 1847.

2. *Description physique des îles Canaries*, suivie de l'indication *des principaux volcans du globe*. Berlin, 1825. — Traduct. française, par C. Boulanger, 1 vol. in-8° avec atlas in-f°. Paris, 1836.

3. *A Description of active and extinct volcanos*, etc. Description des volcans éteints et en activité, des tremblements de terre et des sources thermales, avec des remarques sur les causes de ces phénomènes, etc. 2e éd. Londres, 1848.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

essentielles et les plus probables émises par divers savants, mais nous n'essayerons pas non plus de les reproduire, à cause des développements qu'elles exigent et pour lesquels nous renverrons le lecteur aux indications ci-dessus. Nous ne pouvons cependant passer sous silence une observation plus récente et d'un grand intérêt pour la théorie chimique des volcans, observation que l'on doit aux études comparatives faites sur place par M. Ch. Sainte-Claire Deville, et répétées pendant et à la suite de plusieurs éruptions du Vésuve et de l'Etna.

Depuis longtemps, M. Bischof avait cru remarquer que dans les émanations gazeuses des volcans il s'opérait une sorte de séparation à mesure que l'intensité des forces volcaniques diminuaient; que, d'abord, le chlore domine dans les produits gazeux, puis viennent les fumerolles sulfureuses, et enfin arrivent les dégagements d'acide carbonique qui se continuent pendant des siècles entiers [1]. Il était réservé aux nombreuses et délicates expériences du savant académicien français de démontrer ce que ces premières vues avaient de prophétique. Il résulte, en effet, de ses expériences, confirmées encore depuis, que, pour un volcan en éruption, d'une part, à un moment donné, la nature des fumerolles, en divers points, varie avec la distance de ces points du foyer éruptif, et, d'autre part, que la nature des émanations fournies par un même point varie avec le temps qui s'est écoulé depuis le début de l'éruption; ces deux propositions sont, on le conçoit, corrélatives l'une de l'autre.

M. Ch. Deville a pu distinguer six sortes d'émanations qui, rangées dans l'ordre de leur apparition, comme par rapport à la distance du foyer, ou, ce qui revient au même, relativement au temps, à l'espace et à la température, sont : 1° les *émanations sèches* ou chlorures anhydres de sodium, de po-

1. Voy. Léop. de Buch, *Descript. des îles Canaries,* trad. française, p. 422. (1825-1836.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

tassium, de manganèse, de fer et de cuivre avec des fluorures; 2° les *émanations de chlorhydrate d'ammoniaque*; 3° des mélanges d'acide chlorhydrique et d'acide sulfureux entraînés par de la vapeur d'eau; 4° des *vapeurs d'eau* mélangées d'un peu d'acide sulfurique ou de soufre; 5° des *vapeurs d'eau pure*; 6° des *mofettes* ou *dégagements d'acide carbonique*, dernières manifestations des phénomènes dans le temps et dans l'espace [1].

L'auteur a fait voir, en outre, que ces résultats déjà importants en eux-mêmes pouvaient encore s'appliquer à la théorie du remplissage des filons par des substances qui y ont été déposées successivement; qu'en embrassant les phénomènes dans toute leur généralité, il devait exister un lien entre les émanations qui se suivent les unes les autres dans les volcans pendant le cours d'une éruption et celles qui, dans la série des âges du globe, ont prédominé à chaque époque; enfin que l'intervention des corps simples, dans ces phénomènes, se reproduisait aussi dans le même ordre que dans l'ensemble des effets éruptifs plus généraux de l'histoire de la terre, car on peut reconnaître de part et d'autre, dit M. Ch. Deville, l'*âge du fluor*, l'*âge du chlore*, l'*âge du soufre* et l'*âge du carbone*.

Si l'on veut bien se reporter actuellement à ce que nous avons dit ci-dessus de l'état chimique probable où se trouvait notre planète par suite de son refroidissement graduel, on trouvera dans la série de ces déductions une harmonie frappante.

Gaz inflammable, naphte, bitume, salses, etc. — Les émanations de gaz inflammables, telles que celles de l'Amérique du Nord et de la Chine, qui se produisent aujourd'hui loin de tout volcan en activité, les *lagoni* de la Toscane ou vapeurs

1. *Observations sur la nature et la distribution des fumerolles pendant l'éruption du Vésuve du 1er mai* 1855, p. 46, in-8°, sept. 1855. — *Bull. Soc. géol. de France*, 2e sér., vol. XIV, p. 254. 1856.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aqueuses réagissant sur les roches et donnant lieu à des produits gypseux de soufre et d'acide borique, les sources de bitume de la Perse, celles de pétrole de Rangoon dans l'Inde, les salses ou volcans boueux de la Crimée et des bords de la mer Caspienne, etc., sont des produits de l'intérieur du sol, dont l'origine est encore peu connue, mais ne descendant probablement pas à une grande profondeur.

Eaux minérales et thermales. — Les eaux minérales et thermales, par leur voisinage plus ou moins immédiat des produits volcaniques, anciens ou modernes, ne permettent pas de penser que leur cause soit complétement indépendante des agents qui, à diverses époques, ont projeté les roches ignées à travers les dépôts sédimentaires et qui, sous nos yeux encore, soulèvent les laves, les gaz et les vapeurs dans les cheminées des volcans. Si les dégagements d'hydrogène carboné, de naphte, de pétrole et les salses viennent d'une faible profondeur, puisqu'on peut les obtenir par des moyens artificiels, les sources thermales, au contraire, et surtout celles qui déposent de la silice, comme les Geysers d'Islande, doivent probablement leur haute température aux régions plus inférieures d'où elles nous arrivent par des canaux irréguliers dont la marche capricieuse ne nous est pas connue. Enfin, les laves fondues ont sans doute leur point de départ à des profondeurs beaucoup plus grandes encore, malgré l'immense pression hydrostatique que l'on est obligé d'admettre pour faire déborder ces matières par un orifice tel que celui de l'Etna, placé à 3300 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Tremblements de terre et soulèvements. — Les tremblements de terre, dont les effets seuls sont connus et dont la cause est plus mystérieuse encore que celle des phénomènes précédents, malgré les travaux si remarquables et si précieux de M. Alexis Perrey et ceux de M. R. Mallet, les soulèvements contemporains que l'on ne constate guère que le long des côtes, comme en Scandinavie, en Italie et sur une multitude de points, mais surtout au Pérou et au Chili, sont des phéno-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mènes qui se rattachent sans doute à cette flexibilité et à cette instabilité de la croûte terrestre que nous avons constatées, pour ainsi dire, à chaque pas que nous faisions dans l'étude des terrains. Ils nous représentent aussi le dernier degré d'affaiblissement des forces internes, les derniers efforts de la lutte engagée, depuis l'origine des choses, entre la chaleur au dedans et le refroidissement continu au dehors[1].

Phénomènes dont l'origine est au-dessus de la surface. — Parmi les causes actuelles agissant avec le plus d'efficacité pour modifier la surface de la terre, on doit compter l'eau et les produits organiques qu'elle renferme. Elle tend incessamment à désagréger les roches, elle transporte leurs détritus en les déposant au fond des lacs et des mers sous forme de vases, de sable ou d'argile.

Produits marins organiques. — Mais une cause non moins puissante que ces effets mécaniques sur la formation des sédiments est l'accumulation des débris d'animaux qui ont vécu dans ces milieux et dont le rôle a été longtemps mal apprécié. De Lamarck, à la vérité, avait entrevu l'importance des êtres organisés microscopiques à ce sujet, mais ce n'est que depuis les travaux de M. Ehrenberg et d'autres micrographes qu'on a pu constater la vérité de ce principe, que *l'importance des êtres organisés dans la composition des couches de sédiment est inverse à la fois et de leurs dimensions et de la place qu'ils occupent dans la série zoologique.* Ce qui semble paradoxal au premier abord s'explique facilement par le petit nombre relatif d'individus des grands animaux, par le nombre, au contraire, prodigieux des petits et par la conservation plus facile de leurs débris. Aussi croyons-nous devoir insister particulièrement à cet égard.

Iles de polypiers. — Les constructions élevées par le travail

1. Pour tous ces sujets que nous ne pouvons que rappeler ici, nous renverrons le lecteur au tome I de l'*Histoire des progrès de la géologie*, où ils ont été traités avec les développements nécessaires dans les chapitres I, II, III, IV et V de la seconde partie.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

incessant des polypes et qui forment des îles au milieu de l'Océan, ou des récifs le long des continents, ont, depuis Pyrard de Laval, attiré l'attention des navigateurs et des naturalistes, mais ce n'est que dans ces derniers temps que les études suivies de MM. R. Nelson, Ch. Darwin, J. Dana, Couthouy, Ehrenberg, Hemprich, Agassiz, etc., ont permis de résoudre la plupart des questions fort complexes qui se rattachent à la structure de ces masses calcaires organiques, l'un des phénomènes biologiques les plus curieux de la nature actuelle et celui qui se produit sur la plus vaste échelle dans des conditions bien déterminées. La zone torride indo-pacifique, qui est la plus grande étendue continue des mers où la température de la surface ne s'abaisse pas au-dessous de 23° 33 cent., est aussi la région où se développent avec le plus d'activité et de force les polypes coralligènes dont les générations successives édifient les massifs rocheux les plus considérables.

On nomme *îles lagounes* ou *atolls* des îles circulaires ou des groupes d'îles formées exclusivement par les polypiers ou coraux très-peu élevés au-dessus de l'eau, entourant une lagune intérieure peu profonde, tandis qu'au dehors la mer est presque toujours sans fond à une très-petite distance du récif. Les *barrières de récifs* sont des rochers qui ont la même origine, mais qui entourent des îles ordinaires, ou bien longent les côtes des continents, au-dessous du niveau de la mer et à une certaine distance, de manière à laisser un canal plus ou moins profond entre eux et la terre ferme. Les *côtes de récifs* ou *récifs frangés*, toujours peu étendus, bordent immédiatement la plage au lieu d'en être séparés par un canal parallèle.

Renvoyant pour plus de détails à ce que nous avons dit sur ce sujet, nous rappellerons seulement ici que les calculs faits pour évaluer l'accroissement annuel de la quantité de matière produite par une masse de polypiers vivants, de ceux qui construisent des récifs (Madrépores, Porites, Astrées,

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Méandrines), ne portent pas cet accroissement à plus de 1/8 de pouce ou 3 millim., et comme il y a de ces récifs qui ont une épaisseur de 608 mètres, leur formation, d'après l'évaluation précédente, aurait exigé 192,000 ans. La naissance de certaines masses de Méandrines de trois mètres de diamètre qui vivent encore dans la mer Rouge doit remonter au temps des Pharaons et ces masses ont pu être témoins du passage des Hébreux conduits par Moïse. En général, les bancs de polypiers ne se forment pas au-dessous d'une profondeur de 40 mètres. Les polypes qui vivent plus bas ne forment pas de masses solides.

On ne pouvait mieux résumer la distribution géographique des îles de polypiers que ne l'a fait M. Ch. Darwin sur une carte qui représente, par des teintes différentes, les *atolls*, les *barrières* et les *récifs frangés* ; aussi avons-nous reproduit complétement ce travail dans une publication précédente [1].

Organismes inférieurs. — L'influence des produits de la vie sur la composition et la formation des dépôts sédimentaires ne s'arrête pas aux animaux, déjà si petits, qui élèvent des îles et des récifs. En descendant encore dans la série des êtres et suppléant à l'insuffisance de la vue par le secours de la loupe et du microscope, nous atteignons tout un nouveau monde d'organismes infiniment petits, d'une richesse et d'une variété de formes prodigieuses dont les uns peuplent les eaux marines, les autres les eaux douces ou saumâtres.

Ceux de ces organismes dont les tissus sont revêtus ou consolidés par une matière calcaire ou siliceuse laissent après eux des traces reconnaissables de leur passage et du rôle qu'ils ont joué dans l'économie de la nature. Ils ne construisent pas, à la vérité, de roches solides comme les polypes, mais, par la rapidité de leur multiplication dans toutes les mers, les lacs et les marais, et sous toutes les latitudes, ils constituent de véritables dépôts à eux seuls ou entrent comme

1. *Introduction à un cours de paléontologie stratigraphique*, vol. II, pl. 3. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

partie essentielle dans les vases et les sables qui s'accumulent journellement au fond et sur le bord des eaux. Ces organismes appartiennent aux végétaux les plus simples et les plus inférieurs ou *protophytes*, et aux animaux des rangs les plus bas ou *protozoaires* [1].

Protophytes. — Parmi les *protophytes*, les plus importants sont les diatomacées, ainsi nommés à cause de leur propriété de se diviser en fragments réguliers, bacillaires ou rectangulaires, simples, désignés sous le nom de *frustules*. Parmi les genres nombreux de cette famille, les Gallionelles ou *Meloseira* sont remarquables par la propriété qu'elles ont de s'assimiler une grande quantité de fer. Les diatomacées habitent les eaux salées et les eaux douces, mais les espèces des premières ne se trouvent guère dans les secondes; un certain nombre se développent aussi dans les eaux saumâtres.

Protozoaires. — Dans les *protozoaires* ou animaux les plus inférieurs, on peut ranger les *éponges*, que tout le monde connaît, les *rhizopodes* et les *polycystinées*. Les rhizopodes sont revêtus d'une coquille ou d'une enveloppe calcaire, entourant la matière organisée ou SARCODE, et perforée d'un plus ou moins grand nombre d'ouvertures donnant passage aux filets ou PSEUDOPODES. Tous les vrais rhizopodes à test calcaire vivent dans les eaux salées. Les *polycystinées* sont des rhizopodes à test siliceux; ils sont aussi répandus dans la nature que les précédents, et, quoique moins anciennement connus, ils y jouent un rôle tout aussi important.

Nous avons fait voir [2] que le sable du littoral des mers est tellement riche en coquilles microscopiques, des formes les plus variées et les plus élégantes, que souvent il en est composé pour moitié. Nous avons dit que déjà Plancus en comptait 6,000 dans une once de sable de l'Adriatique, et plus tard Alc. d'Orbigny n'en comptait pas moins de 480,000 dans trois

1. Voy. pour les détails : *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. II, p. 350.

2. *Loc. cit.*, 366 et suivantes.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

grammes de sable choisi, provenant des Antilles. Si l'on remarque qu'il en est de même sur la plupart des côtes et au fond de toutes les mers, on reconnaîtra qu'aucune autre série d'êtres organisés n'est comparable à celle-ci. Ces corps, dont beaucoup n'ont que 1/2 ou 1/6 de millimètre de diamètre, constituent une grande partie des bancs de sable qui gênent la navigation, obstruent les golfes, les détroits, et comblent les ports comme celui d'Alexandrie. Or, ce rôle que les rhizopodes en particulier jouent dans les mers actuelles, l'examen des roches de tous les temps nous prouve qu'ils l'ont joué dans les mers anciennes.

Produits inorganiques. — Il y a trois sortes de dépôts, d'origine très-différente, qui ont une importance réelle pour le géologue, non pas à cause de leur développement en surface et en épaisseur, qui est assez faible, mais parce que de leur étude attentive il déduit deux conséquences que les autres dépôts ne lui offrent pas : l'une est la preuve qu'aucun changement notable n'a affecté la surface de la terre depuis qu'ils ont commencé à se former; ils appartiennent donc exclusivement à l'époque actuelle; ils ont commencé avec elle immédiatement après les derniers phénomènes de transport de l'époque quaternaire, et sont ainsi le véritable *criterium* physique des temps modernes. L'autre conséquence, c'est que seuls ces dépôts peuvent nous donner une idée du temps qui s'est écoulé depuis le commencement de l'état de choses que nous avons sous les yeux; ce sont les seuls chronomètres que nous puissions consulter, et, bien qu'assez incertains et variables dans leurs indications, ils ne peuvent être négligés par quiconque cherche à se rendre compte de la valeur du facteur qui représente le temps dans les opérations de la nature.

Les dépôts auxquels nous faisons allusion sont les *dunes*, les *deltas* et les *tourbières;* ces dernières, quoique organiques, concourent à la même démonstration.

Dunes. — Les *dunes* sont, comme tout le monde le sait, des collines de sable qui bordent certaines côtes basses, et

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

résultent de l'action combinée des vents et de la mer sur les sables du rivage. Leur extrême mobilité, qui permet aux vents dominants de leur imprimer un mouvement de translation vers l'intérieur, doit faire penser qu'aucune d'elles n'aurait opposé la moindre résistance aux actions énergiques de transport qui ont marqué l'époque quaternaire. M. Élie de Beaumont a rappelé que déjà de Luc et Cuvier avaient vu dans les dunes un immense sablier naturel pouvant servir à mesurer le temps, que presque toutes remontent à la même époque, c'est-à-dire au commencement de la nôtre, et que le peu de largeur de la bande qu'elles occupent, relativement à son extension incessante, prouve que le moment où le phénomène a commencé ne peut pas être très-reculé. Si nous comparons, dit le savant secrétaire de l'Académie des sciences, ce résultat avec celui des observations relatives à la végétation, nous voyons qu'il y a certains végétaux dont deux vies successives forment un total aussi long que toute l'ère des dunes; peut-être même y a-t-il des végétaux aussi anciens que le commencement des dunes actuelles[1].

L'absence de toute stratification dans les dunes et la mobilité de leurs éléments ne permettent pas, d'ailleurs, de déduire de leur élévation une expression numérique du temps, mais il n'en est pas de même des deltas et des alluvions des rivières qui les produisent. Ainsi, celles du Nil, du Gange et du Mississipi peuvent, à cet égard, nous fournir des renseignements plus précis.

Deltas. — Les alluvions du Nil ont été, depuis la plus haute antiquité, l'objet de l'attention des hommes. La périodicité des crues du fleuve, et surtout l'effet du limon déposé par les eaux, combiné avec ceux des tempêtes de sable que soulève le vent du désert, font de la vallée de l'Égypte un lieu presque unique sur le globe pour l'étude de ces sortes de phénomènes. Quoique l'on ne sache pas exactement la

1. Voy. *Histoire des progrès de la géologie*, vol. 1, p. 335.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

quantité de l'alluvion au centre de la vallée ou dans le lit même du fleuve, l'examen des parties les plus voisines du courant a fait connaître, dans la haute Égypte, une épaisseur de 13 mètres, dans l'Égypte du milieu 10 mètres, tandis qu'au sommet du delta elle n'aurait que 6 mètres. Suivant M. Wilkinson, le dépôt se serait accru, dans les dix-sept derniers siècles, de 2m92 à Eléphantine, de 2m27 à Thèbes et de 1m54 à Héliopolis. En tenant compte des causes d'erreur dans les calculs déduits de l'accumulation des sables autour des monuments anciens, on peut conclure, d'après les lits annuels dont le nombre dépasse 900 dans les plaines qui bordent le fleuve, que la quantité de sédiment déposée chaque année n'a point varié pendant les dix derniers siècles. Les études de M. Bianconi, comme celles de Champollion, semblent prouver que la haute Égypte était déjà couverte de villes florissantes lorsque la basse Égypte était encore sous la mer [1].

Nous avons rapporté les évaluations données sur la quantité de sédiment charriée chaque année par les eaux du Gange [2]; celles du Mississipi, que M. A. Taylor a publiées en 1853, sont plus concluantes encore. Suivant la proportion de limon que dépose annuellement ce fleuve à la surface de son delta, et qui est estimée à 3,702,758,400 pieds cubes, il faudrait 9,000 ans pour que le niveau de la superficie totale de son bassin hydrographique ou 1/5 de l'Amérique du Nord fût abaissé de 30 centimètres, et il faudrait 10,000 ans pour que ces sédiments aient élevé le fond du golfe du Mexique de 75 millimètres, soit 40,000 ans pour 30 centimètres. Dans les mêmes conditions, la surface du bassin du Gange n'exigerait que 1,751 ans pour être abaissée de 30 centimètres. Ces calculs, déduits du bassin du Mississipi, appliqués aux différentes contrées du globe, font voir que le

1. Voy. *Ibid.*, p. 344, et Ch.-T. Beke, *Essai sur le Nil et ses affluents*, in-8°, Londres, 1847, et *postea*, p. 755.

2. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. I, p. 341.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

niveau moyen des continents serait abaissé de 91 centimètres dans un laps de 54,000 ans, et le fond de l'Océan élevé de 0m30 dans la même période par les détritus qu'y apportent tous les fleuves. A l'embouchure du Mississipi, le dépôt alluvial descend jusqu'à 152 mètres au-dessous du niveau actuel de la mer, celui du delta du Gange, comme celui du Pô, à 121 mètres au moins.

De son côté, sir Ch. Lyell, partant des mêmes données, mais estimant l'épaisseur de l'alluvion du delta du Mississipi à 161 mètres, trouve que, d'après la proportion de sédiment déposé annuellement par le fleuve à sa surface, l'accumulation de ce dépôt a dû exiger 67,000 ans. Si, de plus, on ajoute les 80 mètres d'épaisseur de la plaine alluviale qui est au-dessus, ce qui, suivant les mêmes évaluations, représenterait un laps de 33,500 ans, la puissance totale des sédiments apportés par le Mississipi depuis le commencement de la période actuelle aurait exigé 100,000 ans. Ce laps de temps, qui nous paraît énorme, est cependant insignifiant au point de vue géologique, continue l'auteur, puisque des escarpements plus anciens, de 15 à 75 mètres de hauteur, qui bordent la vallée du Mississipi, sont formés de limon quaternaire rempli de coquilles fluviatiles et terrestres qui toutes vivent encore aux environs.

Tourbes. — Quant à la formation de la tourbe, soit immergée, soit émergée, elle présente, avec les dépôts de houille, ce caractère commun de la continuité et du parallélisme des couches les plus minces sur d'immenses étendues, et de plus, comme l'a remarqué M. Lesquereux, une distribution superficielle ou géographique à peu près la même, car ces détritus de végétaux, séparés dans le temps par une période incalculable, ne s'observent point ou existent très-exceptionnellement entre les tropiques. Dans l'Europe occidentale on ne voit plus de houille en dehors des limites où la tourbe cesse de se produire aujourd'hui, et il en est de même dans les deux hémisphères.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

L'ancienneté des dépôts tourbeux remonte, suivant toute apparence, comme celle des dunes, au commencement de notre époque, et nous avons pour appuyer cette opinion le fait général que, malgré leur position si fréquente dans les dépressions du sol, au fond des vallées, le long des plages basses qui bordent la mer, nulle part ils ne sont recouverts par les dépôts de transport diluviens ou quaternaires même les plus récents. C'est là un caractère stratigraphique essentiel et qui lève toute incertitude à cet égard. A en juger par leur mode de formation et la proportion de leur accroissement, on a voulu faire remonter leur origine à 6000 ans; mais ce chiffre, inspiré plutôt par quelque idée traditionnelle ou dogmatique que par une idée scientifique, n'a aucune raison d'être admis. D'un autre côté, le développement de la tourbe ne peut servir de chronomètre absolu, à cause de sa variabilité suivant les lieux, la nature de la végétation, les conditions physiques de toutes sortes, etc. Enfin l'examen des restes d'animaux trouvés dans ces dépôts, de même que les débris d'industrie humaine, tout concourt à n'y faire voir que des produits modernes [1].

A peu d'exceptions près, ce sont les restes ou parties solides des animaux qui donnent lieu à des dépôts de quelque importance sous les eaux de la mer; à la surface des continents et des îles ce sont seulement les végétaux qui produisent des couches d'une certaine épaisseur. Dans le premier cas ce sont les organismes les plus inférieurs qui concourent le plus efficacement à ce résultat; dans le second ce sont généralement aussi les plantes les plus simples qui forment les couches de combustibles; et ce que nous déduisons ici des phénomènes actuels peut, comme on l'a vu, s'appliquer encore à toutes les périodes de l'histoire de la terre.

Eau. — L'eau est la seule substance que nous trouvions à

1. Voy. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. I, p. 319, § 1, *Tourbe et marais tourbeux.* — *Introduction à l'étude de la paléontologie,* vol. II, p. 388, chap. VII, § 1. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

la fois très-répandue dans la nature, à l'état de vapeur, à l'état liquide et à l'état solide. Cette circonstance tient, d'une part, à ce qu'elle donne des vapeurs même à une température très-basse, et, de l'autre, à ce que son point de solidification est si peu élevé que les simples variations de la température de l'air suffisent pour porter celle-ci tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de ce point. Les phénomènes que produit l'eau à ces divers états sont très-différents.

Disséminée dans l'air en vapeur ou sous forme vésiculaire et en proportions incessamment variables, elle fait partie de la météorologie; à l'état liquide, au contraire, remplissant les bassins des mers et des lacs, alimentant les cours d'eau superficiels et les nappes souterraines, elle est, pour le géologue, l'objet d'une attention particulière, car son étude se rattache à la formation des roches sédimentaires marines ou lacustres de la surface du sol, comme à l'origine des eaux minérales et thermales qui s'élèvent de dessous cette surface; à l'état friable ou de *névé*, l'eau constitue les neiges perpétuelles; enfin à l'état solide et de glace compacte formant les glaciers, soit que nous la trouvions accumulée sur les hautes montagnes où les névés les alimentent, ou suspendue à leurs flancs en nappes rugueuses et crevassées, soit que, portant plus loin nos regards, nous la voyions recouvrir comme d'un immense linceul les deux pôles de la terre, là où toute trace de la vie a cessé, l'eau donne lieu à des résultats non-seulement distincts de ceux qu'elle produit à l'état liquide ou à l'état de vapeur, mais encore très-différents de tout ce que nous présentent les autres substances solides.

Glaciers. — Les études suivies auxquelles les glaciers ont donné lieu ont été provoquées, comme on l'a dit (*antè*, p. 706), par la nécessité d'appuyer sur des preuves directes l'hypothèse qui attribuait le transport des blocs erratiques et une multitude d'autres faits inexpliqués à l'existence d'anciens glaciers beaucoup plus étendus que ceux de nos jours. Ces observations, entreprises et continuées depuis

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

vingt-cinq ans, ont apporté dans la science une multitude de données nouvelles sur l'origine, le mode de formation et d'alimentation, la marche ou le mouvement, enfin sur la destruction des glaciers, ainsi que sur tous les effets secondaires qui se rattachent à cette classe de phénomènes. La théorie du mouvement de progression des glaciers, qui s'est trouvée conforme à celle de l'écoulement des liquides dans un canal à parois rigides, a été sans doute le résultat le plus remarquable de ces recherches. Ce mouvement, d'une excessive lenteur, se produit comme dans une substance plastique, mais non élastique ou étirable, n'obéissant qu'à la pression et non à la tension, car la masse se brise avec une extrême facilité. Du reste, ces études tendent à confirmer l'hypothèse des anciens glaciers en vue de laquelle elles avaient été entreprises[1].

Mais les physiciens à qui l'on doit ces nouvelles connaissances n'ont pas toujours été aussi heureux quant à la cause même de leur ancienne extension. Invoquer pour cela des changements dans la quantité d'humidité de l'atmosphère, des soulèvements de montagnes, des émersions de continents, etc., c'est se livrer à des suppositions gratuites et en contradiction manifeste avec tout ce que nous savons de l'état des reliefs terrestres à ce moment, et avec ce qui se passe dans les régions polaires de nos jours. C'est oublier que le phénomène s'est produit en même temps dans les deux hémisphères, qu'après les dépôts tertiaires supérieurs les limites des mers et les contours des continents et des îles étaient à très-peu près ce qu'ils sont aujourd'hui, que les grands mammifères quaternaires parcouraient des surfaces continentales plus étendues qu'aucun mammifère de nos jours et sous des conditions climatologiques peu différentes de celles où nous vivons. Mais avant le développement de cette faune, comme vers sa fin, eurent lieu sans doute des périodes de froid dont

1. Voy. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. I, p. 325, § 2, *des Glaciers.*

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

nous avons établi la distinction et les résultats dans les deux parties de l'hémisphère nord. Suivant toute probabilité, ces abaissements de la température, comme ceux dont nous avons constaté les effets pendant l'époque tertiaire, doivent être attribués à des causes cosmologiques, telles qu'un affaiblissement momentané de l'action solaire, causes qui seules pouvaient leur imprimer ce caractère de généralité et de symétrie qui partout frappe l'observateur attentif.

Produits de l'industrie humaine. — Enfin quelques sujets que nous devons encore rappeler, et qui ont récemment attiré l'attention, rattachent, d'une part, l'anthropologie à la paléontologie, de l'autre, l'archéologie à la géologie : ce sont ces divers produits de l'industrie humaine, certainement postérieurs à tous les phénomènes quaternaires, qui ne les auraient pas plus épargnés que les dunes et les tourbières, et sur lesquels cependant aucune tradition historique n'a pu jeter la moindre lumière. Ce sont ceux que, par ce motif, nous avons appelés *antéhistoriques*, comme nous avions appelé *antédiluviens* ceux que nous avons trouvés associés à des restes d'animaux éteints dans des dépôts évidemment quaternaires.

Ces divers produits de l'industrie humaine nous les avons rassemblés et décrits dans nos *Preuves de l'existence de l'homme avant les temps historiques*[1]. Ce sont ceux que l'on trouve dans les dépôts marins en Écosse et en Scandinavie; ce sont les *Kjokkenmöddings* du Danemark, ces restes de la nourriture des anciens habitants, accumulations de coquilles, particulièrement d'Huîtres placées à peu de distance de la côte et renfermant des objets travaillés en pierre et en os, et retrouvées encore dans l'Amérique du Nord et à la Terre-de-Feu (les marais tourbeux du Danemark, appelés *Skovmoses*, ont aussi fourni de curieux renseignements à ce sujet); ce sont les habitations lacustres ou *Pfahlbauten* de la Suisse, les *crannoges* d'Irlande, les *palafitta* de l'Italie, qui nous ont

1. *Introduction à l'étude de la paléontologie*, vol. II, chap. VIII, p. 410. 1864.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

conservé une multitude d'objets dus à l'industrie de leurs habitants, et qui, rangés dans un ordre d'ancienneté relative très-probable, ont fait reconnaître trois âges distincts caractérisés : le plus ancien par les instruments en *pierres polies*, le second par l'emploi du *bronze*, le troisième par l'emploi du *fer;* ce sont, enfin, ces ouvrages en terre de l'Amérique du Nord qui, malgré leur nombre, leurs dimensions et la diversité de leurs formes, restent complétement muets pour nous, quant aux populations qui les ont élevés et aux temps où ils furent construits.

RÉFLEXIONS SUR L'ANCIENNETÉ DE L'HOMME.

Les détails dans lesquels nous sommes entré sur ces divers sujets avaient pour but de nous faire remonter aussi loin que possible dans la période actuelle, afin de nous rapprocher de celle qui l'a immédiatement précédée. Mais on remarquera que les régions dont nous nous sommes occupé ne sont pas précisément celles qui pouvaient être regardées avec le plus de probabilité comme ayant été le berceau de l'humanité. Pour nous éclairer à cet égard il faudrait posséder sur les diverses parties de l'Asie qui ont été le théâtre des plus anciennes civilisations des documents analogues à ceux dont nous venons de parler, car ces civilisations pourraient fort bien avoir été contemporaines de l'âge de pierre du nord et du centre de l'Europe, comme les populations sauvages de l'Amérique centrale et de la Polynésie le sont de notre civilisation moderne.

Ainsi les grottes creusées sur les flancs des montagnes de la vallée de Cachemire, les temples souterrains d'Ellora, de Salsette et d'Éléphanta[1] avec les myriades de figures et de statues sculptées dans la roche de leurs parois, l'antique cité

1. *Hist. des progrès de la géologie*, vol. III, p. 509.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

de Mavilapouram en face de Ceylan, les bas-reliefs taillés sur les pentes des montagnes de la Perse et couverts d'inscriptions cunéiformes, les splendides et bizarres constructions de Khorsabad, de Persépolis, de Pasargade et de Babylone, les temples excavés dans les grès d'Ipsamboul en Nubie[1], ces innombrables et prodigieux monuments de l'Égypte qui nous paraissent déjà si anciens, étaient probablement aussi éloignés eux-mêmes des premiers établissements de l'homme en Asie et en Afrique, d'un âge de pierre réellement primitif dans ces régions, que le Parthénon, Saint-Pierre de Rome et le Louvre sont éloignés des Kjokkenmöddings du Danemark, des habitations lacustres de la Suisse, des *palafitta* de l'Italie. L'étude de l'Asie, sous ce point de vue, doit être le grand *desideratum* de la géologie et de l'archéologie.

La simultanéité des civilisations n'existant pas, nous pouvons seulement regarder comme probable que l'établissement des premiers hommes a commencé en Asie, où se montrent aussi les restes des civilisations les plus anciennes. Les peuples dont nous savons quelque chose ne sont déjà plus de l'âge de la pierre, et beaucoup peut-être sont plus récents que l'âge du bronze, car nous ne possédons encore aucune notion, ni sur le moment où ces diverses populations ont commencé à fixer leur pensée par des caractères ou des signes représentatifs, ni sur ces caractères eux-mêmes. On ne connaît que des systèmes paléographiques complets, et l'on ne sait ni quand ni comment chacun d'eux s'est formé dans l'origine non plus que les langages qu'ils traduisent. Nous pouvons donc, comme résultat de ce coup d'œil sur ses premiers établissements dans quelques parties de la terre, entrevoir combien a été longue l'enfance de l'humanité, enfance que tant de peuples n'ont pas encore dépassée et ne dépasseront sans doute jamais, puisqu'un si grand nombre d'autres se sont éteints sans avoir été au delà.

1. *Hist. des progrès de la géologie,* vol. V, p. 427.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Aussi dans l'ordre physique de la nature l'apparition de l'homme ne fut-elle marquée par aucune circonstance particulière. Ses premières générations durent vivre entourées des animaux que nous voyons encore aujourd'hui et d'autres qui n'existent plus, mais sans apporter parmi ces nombreuses populations de pachydermes, de ruminants et de carnassiers, d'autres changements que ceux exigés par la nécessité de vivre, de se nourrir, de se vêtir et de s'abriter. Rien ne dénotait encore chez lui cette suprématie qu'il a successivement acquise par un phénomène psychologique tout particulier, et dont les diverses phases ne semblent pas avoir beaucoup fixé l'attention des philosophes, qui ont toujours considéré l'homme comme s'il avait été créé contemporain de Périclès ou d'Auguste.

D'un autre côté, l'anthropologie, comme l'ethnologie et l'ethnographie, semble se préoccuper bien plus du physique de l'homme et de sa répartition à la surface du globe, que de son moral, de la comparaison de ses formes que de celle de ses facultés intellectuelles, de la perfectibilité de certaines races que de l'inaptitude plus ou moins complète de certaines autres à sortir d'un état que le temps ni les circonstances ne modifient point. N'y aurait-il pas là, cependant, pour le philosophe, une différence tout aussi tranchée que celle trouvée par le naturaliste entre deux espèces animales distinctes? et, pour rapporter à une souche unique des êtres intellectuellement aussi différents, doit-on appliquer seulement le principe dont on se sert pour réunir tous les individus ou variétés d'une même espèce zoologique ou botanique?

Y a-t-il dans la nature une seule espèce de plante dont la graine n'arrive jamais à maturité, une seule espèce animale qui n'atteigne jamais l'état adulte pour se reproduire? Pourquoi donc tant de peuples se sont-ils éteints sans être arrivés à *l'état adulte de l'intelligence*, sans même avoir parcouru la plus petite étape dans la voie du progrès? Quant à ceux qui existent encore, la plupart reculent devant la civilisation qui

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ne se les assimile pas; repoussés de proche en proche par l'envahissement des peuples perfectibles, ils sont destinés à disparaître dans un avenir plus ou moins prochain. Ce résultat est-il compatible avec une création unique, et les mots *race* et *migration* suffisent-ils pour expliquer des différences telles qu'on n'en observe dans aucune race d'une même espèce animale?

Si toutes les races humaines descendent d'une souche commune, il est plus extraordinaire de voir la différence de leurs destinées que si l'on supposait plusieurs centres de création avec des aptitudes diverses, positives ou négatives. Les espèces animales et végétales abandonnées à elles-mêmes présentent-elles des différences physiques et permanentes comparables à celles qui séparent moralement le cerveau d'un Australien de ceux de Platon, de Cicéron, de Pascal ou de Newton? Il y aurait donc ainsi des races déshéritées et des races privilégiées, les unes qui ne dépassent jamais *l'âge de la pierre*, les autres qui atteignent *l'âge de l'or, de l'aluminium, du platine,* et qui peut-être iront au delà?

Si, maintenant, tous ces rameaux, les uns stériles, les autres féconds, proviennent d'un même tronc, à quel moment se sont-ils séparés? Quelle cause les a fait si complétement diverger? Pourquoi les uns se sont-ils desséchés sans avoir rien produit, ou doivent-ils fatalement périr dans un avenir prochain, tandis que les autres poussent des bourgeons de plus en plus vigoureux et multipliés comme s'ils attiraient à eux toute la séve du tronc commun?

Quoi qu'il en soit de ces questions, qui se présentent naturellement à l'esprit et dont la solution ne nous est sans doute pas réservée, nous voyons que l'antiquité, telle que nous la connaissons avec ce qu'elle nous a transmis de science, d'art, de littérature, de philosophie, de politique et de dogmes religieux, est relativement très-moderne, et c'est ce dont il faut bien que se persuadent les philologues les plus érudits, les archéologues les plus versés dans la connais-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sance des monuments des plus anciennes civilisations, car les 4,000 ans avant l'ère chrétienne que les livres sémitiques assignent au déluge de Noé, les 2,698 ans que l'on trouve dans les annales de la Chine, l'existence de la cinquième dynastie égyptienne vers le XLe siècle, les migrations des peuples ariens vers le XVIIIe, toutes ces dates que les écrits, les traditions ou les monuments nous ont transmises et qui semblent être quelque chose aux yeux de l'historien des peuples, n'ont pas la valeur d'un jour pour l'historien de la nature [1].

Enfin, quant aux premiers linéaments tracés par la main de l'homme, il semble que la représentation des animaux par le dessin soit antérieure à celle de la parole par des caractères d'écriture et qu'il ait reproduit et transmis les objets animés qu'il voyait avant ses propres idées.

Mais peut-être demandera-t-on : La création est-elle finie parce que l'homme est arrivé? Les lois qui ont régi sur la terre l'*apparition et la succession* des êtres organisés, depuis la première flore et la première faune, ne sont-elles plus aujourd'hui que des *lois de conservation?* La nature jusqu'ici si féconde aurait-elle épuisé toutes ses combinaisons de formes, d'organes et de fonctions? Le Chêne de nos forêts, le Cèdre du Liban, le Baobab du Sénégal, le Dragonnier des Canaries, le Sequaïa de la Californie, les Cyprès d'Oaxaca et les Eucalyptus de l'Australie, seraient-ils le dernier terme de sa puissance créatrice pour le règne végétal, et l'homme

1. Dans la plupart des sondages qu'il fit exécuter en 1854 dans la plaine de Memphis, L. Horner rencontra des morceaux de briques cuites et de poterie jusque dans les parties les plus basses du sol traversé. Près de la statue colossale de Ramessès II, le Sésostris des Grecs, on ramena d'une profondeur de 39 pieds, et sans avoir quitté le limon du Nil, un fragment de poterie rouge sur ses deux faces et gris foncé à l'intérieur. En évaluant à 3 pouces 1/2 par siècle l'épaisseur du sédiment déposé par le fleuve en ce point, l'auteur trouve que cette découverte fait remonter l'existence de l'homme dans le pays à 13371 ans ou 11517 ans avant J.-C., et 7625 ans avant la fondation de Memphis par Menès, suivant M. Lepsius. (*Philos. transact.*, vol. CXLVIII, part. I, p. 75. 1859.)

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

aurait-il été destiné à marquer, dans l'autre règne, la limite extrême de son pouvoir, de manière à ne plus laisser d'intervalles à remplir entre lui et le Créateur?

L'observation directe ne peut encore répondre à aucune de ces questions. Mais l'induction, d'une part, comme nous l'avons dit (*antè*, p. 729), et, de l'autre, un regard jeté sur le passé de la terre, pourraient nous faire entrevoir que la création n'est pas finie. Le tableau de l'état actuel de notre planète n'est probablement pas le dernier qu'éclairera le soleil, tant que son action, d'où dépendent tous les phénomènes biologiques, conservera les propriétés qui concourent à leur production.

Mais, si comme tout semble le prouver, le soleil a la même origine et la même composition que les planètes qui se meuvent autour de lui, il devra passer aussi par les mêmes phases de refroidissement. Ce serait donc une simple question de masse et de temps, et lorsqu'à son tour il sera devenu un *soleil éteint*, tout notre système n'en continuera pas moins de se mouvoir, suivant les lois de la mécanique céleste, dans un milieu qui ne sera plus éclairé et échauffé que par le rayonnement stellaire. La vie, alors, aura depuis longtemps cessé à la surface de la terre restée sans lumière, sans chaleur, sans phénomènes météorologiques, sans saisons, et la création, comme sur les autres corps du système, y aura parcouru son vaste cycle dans l'immensité des temps.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Si nous cherchons maintenant à exprimer en peu de mots ce que nous avons dit de plus essentiel dans ce livre ou les données les plus positives sur l'histoire de la Terre, et à interpréter, de la manière la plus simple, le tableau que cette histoire nous a offert, nous verrons qu'après être remonté dans le passé de notre planète aussi loin que le permettait l'hypothèse cosmique la plus probable, après avoir considéré les matières dont elle est formée comme ayant pour origine une nébuleuse dont les éléments se seraient graduellement concentrés, nous avons essayé d'expliquer comment, par la condensation de substances d'abord à l'état de gaz et de vapeurs, puis passant à l'état de fluidité ignée et enfin à l'état solide, du moins à la surface, on pouvait concevoir que ces effets, dus à un refroidissement continu, avaient amené la masse à ce moment initial où commence la chronologie positive des phénomènes qui se sont ensuite produits sans interruption jusqu'à nous.

Pendant un laps de temps qu'aucune expression numérique ne pourrait rendre, mais que le géologue est parvenu à représenter d'une manière conventionnelle, intelligible à tous, nous avons vu constamment deux ordres de phénomènes indépendants, sans relations nécessaires, se manifester par l'effet de *deux forces* ou de *deux principes* ayant une même cause première, la *chaleur*, mais provenant de deux

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

sources différentes, la *force organique* ou *vitale* prenant sa source en dehors ou dans le soleil, et la *force physique* ayant la sienne à l'intérieur de la terre elle-même.

Force vitale. — Dès que l'abaissement de la température permit aux eaux de se maintenir d'une manière permanente dans les dépressions de la surface, devenues les premiers bassins des mers, le principe de la vie se manifesta; principe mystérieux dont les actions, suivies à travers les modifications les plus étranges, les types innombrables, une variété et une richesse qui défie tout ce que notre imagination pourrait concevoir, pendant une série de siècles incalculable, donnent l'idée la plus grandiose de cette nature infinie dans le temps. infinie dans l'espace, infinie dans la forme.

Mais ce qui n'est pas moins admirable que cette fécondité, et ce qui d'ailleurs ne se concevrait pas autrement, c'est l'ordre, c'est l'harmonie des phénomènes biologiques, c'est l'enchaînement des manifestations de la vie suivant un plan déterminé qui se déroule régulièrement au fur et à mesure que l'on remonte des temps anciens vers l'époque actuelle, plan qu'on retrouve partout, quel que soit le point de la terre que l'on étudie, quel que soit le moment de son histoire auquel on s'arrête. Partout et toujours les modifications des types organiques se produisent dans le même sens, atteignent presqu'en même temps leur maximum de développement pour s'éteindre ensemble et ne plus reparaître, car jamais la nature ne s'est répétée dans ses œuvres.

Ainsi dans les couches les plus profondes apparaissent des animaux et des végétaux propres aux classes inférieures de chaque règne. Plus tard, le type le moins élevé des animaux vertébrés (les poissons) se montre dans le même moment sur divers points des mers d'Europe, un peu plus tard en Amérique, et l'existence de terres émergées assez étendues permet à des cryptogames élevés de prendre possession des continents et des îles. Bientôt naissent les reptiles avec des caractères mixtes rappelant ceux des poissons et des

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

batraciens les plus inférieurs, et de nouveaux crustacés remplacent une famille tout entière, celle des trilobites, qui avait dominé pendant un laps de temps énorme. Parmi les radiaires, les mollusques et les polypiers, s'opèrent les mêmes transformations, puis nous arrivons à une ère particulière dont la végétation prodigieuse ne s'est pas renouvelée et qui était due sans doute à des conditions particulières qui ne se sont pas non plus reproduites.

Mais, après cette exubérance de l'organisme végétal, le principe même de la vie semble sinon épuisé, du moins ralenti dans son activité ; les animaux comme les plantes n'offrent plus qu'un nombre de familles, de genres et d'espèces bien restreint. Des classes entières sont à peine représentées dans cette atonie générale de la nature, sauf quelques reptiles plus complets que les précédents et les poissons qui assistent à la fin de cette première grande époque de l'histoire organique de la terre.

Pendant longtemps encore celle qui lui succède participe à la même pauvreté des types, lesquels se modifient néanmoins jusqu'à ce qu'une nouvelle source d'énergie, venant imprimer au principe actif une vive impulsion, les reptiles, les poissons, les mollusques, les radiaires, les polypiers et les rhizopodes, apparaissent avec des formes dont beaucoup sont étrangères à celles qui les avaient précédées, pour continuer leur évolution incessante jusqu'à la fin de l'époque secondaire. Vers le milieu de celle-ci, cependant, une classe restée jusque là inconnue tend à se produire, mais, comme toujours, par ses représentants les moins élevés. Des mammifères didelphes et quelques rongeurs de petite taille ont laissé sur certains points, et à trois niveaux différents, des traces d'une sorte d'essai qui, jusqu'à présent du moins, ne semble pas avoir eu de suite, car on n'a pas encore trouvé de mammifères terrestres ayant vécu dans la dernière période secondaire ou crétacée.

Ce n'est en réalité que dans la suivante et dès son com-

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

mencement, au moins dans l'Europe occidentale, que les mammifères placentaires de divers ordres, comme les végétaux les plus élevés et les plus complets, prennent définitivement possession des terres émergées. En même temps, et par une conséquence de l'extension plus considérable de celles-ci, les eaux douces, jusque-là restreintes à de petits bassins, luttent, pour ainsi dire, de richesses avec l'Océan par les faunes qu'elles alimentent. Les quadrumanes, le type le plus élevé des animaux, ne tardent pas à suivre les carnassiers et les pachydermes, et sur les divers points de la terre, à sa surface comme dans les eaux douces ou salées, tous ces nouveaux types tendent à se localiser plus que dans les époques précédentes. Les plus grands d'entre eux ont presque tous paru. Les ruminants, en Europe, en Asie, comme dans le nord de l'Amérique, se répandent sur d'immenses surfaces et ne sont arrêtés dans leur envahissement que par l'accroissement toujours proportionnel des carnivores. Les insectivores et les rongeurs ont suivi le mouvement général, et la nature semblait avoir, avec l'époque tertiaire, épuisé ses plus merveilleuses combinaisons.

Mais une de ces causes qui agissent parfois simultanément sur tous les points émergés du globe arrêta un instant le développement de la vie terrestre, tandis que les animaux aquatiques furent en grande partie soustraits à son influence. Une action exclusivement physique marque ainsi la séparation des époques tertiaire et quaternaire, et lorsque, pendant un laps de temps comparativement assez court, la vie terrestre vient à se ranimer, c'est pour nous étonner encore par de nouvelles combinaisons organiques.

Dans toutes les grandes terres d'alors vivaient des types particuliers caractéristiques des faunes locales, dont les faunes de nos jours, quoique amoindries, moins riches et moins variées, sont encore les représentants dans ces mêmes régions. L'homme lui-même dut être spectateur de ce dernier développement des mammifères, puisque nous trouvons

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ses propres restes et les témoignages de son industrie associés avec leurs ossements dans les mêmes dépôts.

Une circonstance analogue à celle qui coïncida avec la fin de l'époque tertiaire semble avoir aussi concouru à clore l'ère quaternaire, à faire disparaître partout les plus grands de ces mammifères, tandis que ceux de petite taille auraient échappé à la destruction comme les animaux aquatiques. Enfin, la nature reprit encore une fois ce calme pendant lequel, seulement, peut s'accomplir normalement l'évolution des êtres dans l'étendue du cycle qui leur est assigné, et c'est ce dernier tableau qu'elle déroule aujourd'hui sous nos yeux.

Au milieu de ce renouvellement incessant des formes organiques nous avons été frappé d'en voir quelques-unes, parmi les inférieures à la vérité, échapper en quelque sorte à la loi commune et traverser impunément toute la série des âges de la terre sans avoir éprouvé de modifications sensibles. D'autres ont vécu pendant un laps de temps plus ou moins long pour s'arrêter à divers moments dans le cours des siècles. Enfin, on a pu remarquer qu'en général la longévité des types est en raison inverse de la place qu'ils occupent dans l'échelle des êtres, cette longévité étant d'autant moindre que les animaux sont plus élevés. De même, dans chaque division zoologique, les plus grandes espèces sont celles dont l'existence a été la plus courte; aussi doivent-elles être regardées comme les plus caractéristiques d'un niveau donné.

Forces physiques. — Pendant que se développaient ainsi au dehors, conformément à des lois qui leur sont propres, les animaux et les végétaux, les forces physiques ne se concentraient pas à l'intérieur de la croûte oxydée du globe; loin d'avoir abdiqué leur part dans l'économie générale, elles se manifestent sans cesse par des effets de diverses sortes : telle est l'arrivée des roches ignées qui se font jour parmi les roches sédimentaires de tous les temps, depuis les granites, les diorites, les syénites et les porphyres traversant les gneiss primaires, jusqu'aux laves rejetées par les volcans

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

modernes recouvrant les dépôts récents; telles sont les émanations métallifères remplissant les filons, les sources thermales et leurs produits, les actions dynamiques brisant, soulevant et plissant çà et là les couches pour augmenter de plus en plus les reliefs de la surface par suite de la contraction de l'écorce, les oscillations incessantes des diverses parties de cette dernière, enfin les tremblements de terre. Toutes ces manifestations des forces internes s'affaiblissent à mesure qu'en continuant, le refroidissement de la masse augmente l'épaisseur de son écorce.

Un jour viendra donc où toute communication aura cessé entre les deux surfaces de la croûte terrestre. Ce moment, quelque éloigné qu'il soit encore, est fatal; il est la conséquence de l'origine et de la nature des choses, et, la chaleur propre ne se faisant plus sentir au dehors, la vie deviendra complétement dépendante de l'action solaire que nous avons vue de plus en plus prépondérante, depuis le moment où la température de l'atmosphère, participant encore à celle de la terre, avait, des pôles à l'équateur, une uniformité qu'elle a graduellement perdue. Aujourd'hui la différence des climats, les variations incessantes des conditions atmosphériques dues à la position du soleil, arbitre absolu de nos destinées futures, montrent que le principe de la vie peut se développer et s'accroître indépendamment de la température propre de notre planète, et, en considérant ses produits de plus en plus parfaits, compliqués et variés, à mesure que l'action solaire est plus exclusive, on serait tenté d'y voir une relation directe, si d'autres causes physiques, indépendantes, ne pouvaient également concourir à ce résultat.

Nous sommes donc ainsi ramené à la pensée que nous exprimions tout à l'heure sur la fin de toute chose. Mais il est possible, il est même probable qu'avant que l'action solaire soit assez affaiblie pour que la vie ait été anéantie sur la terre, il se produise des abaissements momentanés de la température, analogues à ceux dont nous avons constaté les

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

effets. Ces derniers nous ont paru de plus en plus prononcés, parce qu'ils étaient en rapport avec la température propre du globe, qui, devenue de plus en plus faible, atténuait par conséquent de moins en moins les irrégularités dues à des causes extérieures. C'est par cette raison, ou du moins en grande partie, que pendant l'époque quaternaire ces effets généraux ont été plus apparents que dans les précédentes où l'on a pu en constater également, et aussi parce qu'étant les plus récents, leurs traces n'ont pas été effacées ou modifiées par d'autres.

Enfin, quant à leur cause première, nous la demanderons plutôt aux astronomes qu'aux physiciens, et nous l'attribuerons à des changements temporaires survenus dans l'intensité de la lumière et de la chaleur solaire, comparables aux variations observées dans l'éclat, la couleur et les dimensions d'un grand nombre d'étoiles, tandis que pour les effets partiels, limités à certaines contrées, leur cause doit être cherchée dans des actions physiques résultant de la constitution même de notre planète.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

ÉPILOGUE.

Quoique le marteau du géologue ait été porté sur une multitude de points des cinq continents, dans les principales îles et sur un grand nombre de petites, presque partout où les navigateurs ont abordé, il suffit de jeter un coup d'œil sur une carte géologique du globe pour se convaincre que si, au point de vue théorique ou de la succession des phénomènes dans le temps, il est peu probable que de nouvelles découvertes viennent modifier profondément la classification que nous avons exposée et suivie, au point de vue géographique on peut dire que la science n'est encore que *jalonnée*. Il reste en effet d'immenses surfaces inexplorées vers lesquelles, par conséquent, les recherches futures doivent être dirigées; tels sont surtout les centres des grands continents de l'Asie, de l'Afrique, de l'Amérique méridionale et de l'Australie, d'un accès si difficile et si souvent fatal aux intrépides pionniers de la science.

Mais, d'un autre côté, l'exemple des régions les mieux explorées depuis cinquante ans, de celles qui entourent les grands centres d'observation, d'étude, de civilisation ou d'industrie, là où chaque jour se révèlent de nouveaux faits, se rectifient d'anciennes erreurs, ces exemples, disons-nous, prouvent que la géologie et la paléontologie, malgré l'extrême rapidité de leur marche, la multiplicité des découvertes dans toutes les directions, ne sont encore qu'au commencement de l'ère scientifique de leur progrès normal. On ne peut pas

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dire que dans aucune de leurs parties la limite ait été atteinte, et, d'après ce que nous avons vu pendant les trente dernières années, il est difficile de prévoir ce qu'elles seront devenues après une égale période de temps.

Les diverses parties de la science n'ont pas évidemment le même avenir; il y en a où l'on n'aperçoit guère ce que les recherches ultérieures apprendront d'important à nos successeurs : telles sont les études dirigées depuis si longtemps déjà sur les roches primaires, sur les roches ignées des divers âges, sur les phénomènes volcaniques, en un mot, sur tous les produits des causes internes; car, l'observation directe du point de départ échappant toujours, on en sera toujours aussi réduit à des hypothèses plus ou moins probables, à des inductions plus ou moins légitimes. Dans cette direction, il semble que les nouvelles acquisitions seront plus ou moins analogues à celles que, de son côté, peut faire la minéralogie.

Quant aux résultats dont l'origine a été ou est encore au-dessus de la surface, émergée ou non, on conçoit que la facilité de leur observation directe, leurs analogies avec ce que nous voyons se produire autour de nous, avec ce que nous pouvons étudier jusque dans les causes premières, permettent d'espérer qu'un examen étendu en chaque point de la terre révélera de nouveaux faits aux personnes qui se dévoueront à des voyages lointains pour appliquer les connaissances acquises à des régions inexplorées.

D'une autre part, il reste encore à approfondir la géologie d'une multitude de pays, et l'on peut dire que, sauf les surfaces bien restreintes de quelques parties de l'Allemagne, de la France, de la Belgique, des Iles-Britanniques et des États-Unis, où ont été faits des relevés géologiques à une grande échelle, accompagnés de cartes très-détaillées et d'un réseau de coupes horizontales et verticales, tout le reste de la terre n'est qu'à l'état d'ébauche plus ou moins avancée, et peut-être n'y a-t-il nulle part une surface de quelques

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

dizaines de kilomètres carrés qui ait dit son dernier mot au géologue et au paléontologiste.

Maintenant, cette *stratigraphie métrique,* appliquée d'abord aux pays de mines et d'exploitations industrielles, puis aux plaines et aux collines ou régions peu élevées et peu accidentées, il faudra l'appliquer aux grandes chaînes et ne plus se contenter des affleurements tracés çà et là d'après de simples directions. C'est alors que les plissements, les failles, les renversements qui déroutent si facilement les observateurs et les portent à des conclusions spécieuses en apparence, mais théoriquement inadmissibles, s'expliqueront naturellement aux yeux de l'anatomiste patient et exercé du sol, comme les membranes les plus délicates se dédoublent sous la main habile armée du scalpel et avec l'aide du microscope. Alors tous les accidents si compliqués que les effets dynamiques ont produits dans les couches de sédiment seront compris, même des moins expérimentés.

Mais si la stratigraphie se perfectionne et se complète, si l'on résout les problèmes les plus ardus que nous offrent les chaînes de montagnes complexes, et si les relations des roches qui les composent, d'abord si confuses, nous apparaissent alors dans leur simplicité et leur clarté premières, il n'en résulte pas pour cela l'introduction de nouveaux éléments dans la science : ce sont des difficultés résolues, des explications rationnelles de faits d'abord mal compris ou incompris, et rien de plus; tandis que la paléontologie apporte au contraire, par ses découvertes incessantes, des faits nouveaux, imprévus, et dont le nombre de ceux qui restent à découvrir est incalculable.

C'est donc évidemment la partie de la science qui a le plus d'avenir; on ne trouvera sans doute pas beaucoup de nouvelles espèces de roches, ni même d'étages ou de groupes géologiques, mais les espèces, les genres, peut-être même les familles entières d'animaux et de végétaux enfouis dans les couches de la terre, continueront à révéler encore pendant

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

bien des siècles à l'attention du naturaliste de nouvelles formes et de nouveaux types, par suite de recherches spéciales, de voyages, d'exploitations et de travaux de toutes sortes qui se multiplient autour de nous comme dans les contrées les plus éloignées.

La paléozoologie, en exhumant et en rappelant pour ainsi dire à la vie les innombrables générations du passé, est destinée à dominer un jour la zoologie, au moins dans la plupart des classes d'animaux. Elle est donc parmi les sciences naturelles la moins avancée, relativement à ce qu'elle deviendra plus tard, puisqu'elle révélera tout ce que le temps a épargné des organismes qui se sont produits depuis l'origine des choses. Si, en outre, la conservation des plantes avait été aussi générale que celle des parties solides des animaux, il en serait de même de la paléophytologie relativement à la botanique, et la connaissance de tous les organismes vivant aujourd'hui à la surface de la terre ne représenterait plus qu'une simple *unité de temps* dans l'ensemble des produits de la vie durant la série des âges de la nature.

FIN.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS I

INTRODUCTION V

PREMIÈRE PARTIE.

HISTOIRE COMPARÉE.

CHAPITRE I.

ANTIQUITÉ 1

§ 1. **Géologie des Grecs avant Alexandre** 3

§ 2. **Géologie des Grecs pendant et après l'époque d'Alexandre.** . 8

§ 3. **Géologie des Romains.** 12

Conclusion 18

CHAPITRE II.

TEMPS MODERNES 20

§ 1. **Italie,** p. 21. — Boccace et Léonard de Vinci, 21. — XVe siècle, 22. — XVIe siècle, 22. — XVIIe siècle, F. Colonna, 23. — Sténon, 23. — Scilla, 25. — XVIIIe siècle, Vallisnieri, Zannichelli, Spada, 26. — Coquilles microscopiques; Beccari, Plancus, Soldani, 26. — Théories de Lazzaro Moro et d'Arduino, 28. — Ferber, 31. — Matani, Schiavo, Donati, Targioni, 31. — Allioni, Odoardi, etc., 32. — A. Fortis, 32. — S. Volta, 33. — Ossements de grands mammifères, 33. — S. Breislak, 34. — J. B. Brocchi, 36. — Résumé, 41.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE III.

§ 1. **Des Alpes et de la Suisse,** p. 42. — C. Gesner, Wagner, Langius, 43. — J. J. Scheuchzer, 43. — J. Gesner, 45. — L. Bourguet, 45. B. de Saussure, 47. — J. A. de Luc, 53. — Résumé, 56.

§ 2. **Bavière, Wurtemberg, Cobourg, Autriche et Hongrie,** p. 57. — J. Bauhin, J. Jacob et Ferd. Bajer, 58. — Auteurs divers, 58. — G. W. Knorr et E. Em. Walch, 59. — Esper, Rosenmüller, etc., 60. — Duché de Cobourg, J. Séb. Albrecht, J. C. M. Reinecke, 60. — Hesse électorale, 61. — Autriche, 61. — Hongrie; Brückmann., P. Hayen, Wollgnad, 62. — J. E. et Léop. de Fichtel, 62. — J. J. Ferber, Clusius, Frenzel, Delius, etc. 63.

§ 3. **Pologne, Silésie, Bohême,** p. 64. — Pologne, 64. — Silésie, 64. Bohême, 65.

§ 4. **Centre et nord de l'Allemagne,** p. 67. — Albert le Grand, G. Agricola, 67. — Leibnitz, 68. — Lehmann, 70. — Fuchsel, 71. — A. G. Werner, 72.[1] — Roches ignées des provinces rhénanes, 76. — Paléontologie; auteurs divers, 77. — Région hercynienne, 77. — Prusse, 78. — Blumenbach, 79. — De Schlotheim, 79.

§ 5. **Scandinavie,** p. 80. — Islande; Olafsen et Povelsen, 80. — Stevart Mackensie, 81. — Norwége, 83. — L. de Buch, 83. — Suède; Wendius, Swedenborg, Bromell, Linné, 88. — Wallerius, Fought, Brünnich, etc., 88. — G. Wahlenberg, 88.

§ 6. **Russie,** p. 89. — Auteurs divers, 89. — Pallas, 90. — Macquart, 93. — Georgi, Ferber, Patrin, Strangways, 93. — Résumé, 94.

CHAPITRE IV.

Pays-Bas, p. 97. — Witry, 98. — De Launay, 98. — Burtin, Garop, de Hupsch, etc., 99. — Faujas, 99. — M. d'Omalius d'Halloy, 100.

1. Nous devons réparer ici une omission commise par inadvertance à cet endroit de notre revue. Karl de Raumer, que la science a perdu l'année dernière, avait étudié à Freyberg, de 1805 à 1808, et paraît être le premier qui se soit élevé contre l'exagération des principes de cette école. Dans ses *Fragments géognostiques,* publiés en 1810, il prouva que la série des roches établie par Werner n'était pas d'une application générale, et que l'Erzgebirge même, que le professeur de Freyberg regardait comme le type de toutes les formations de montagnes, présentait une exception frappante. Le dissentiment qui s'éleva à ce sujet entre le maître et le disciple dura plusieurs années.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE V.

FRANCE. 103

Première période, p. 104. — Bernard Palissy, 104. — Descartes, 106. — Coulon, 106. — De Réaumur, A. de Jussieu, 106. — Boulanger, l'abbé Sauvage, Rouelle, etc., 107. — De Maillet, 108. — Bertrand, d'Argenville, 111. — Buffon et Guettard, 111. — Guettard, 112. — Buffon, 118. — *Théorie de la terre,* 118. — *Époques de la nature,* 123.

Deuxième période. 134

§ 1. **France sud,** p. 134. — Les Pyrénées; Palassou, 134. — Picot de Lapeirouse, 139. — Ramond, 139. — Dralet, Vidal et Reboul, L. Cordier, 140. — De Charpentier, 140. — Languedoc; Gensanne, de Servières, 141. — Giraud Soulavie, 142. — J. C. Bruguière, 145. — Marcel de Serres, 146. — Provence; Darluc, 146. — P. de Lamanon, Ramatuel, 146. — Ménard de La Groye, Risso, 146. — Dauphiné, 147.

§ 2. **France centrale,** phénomènes volcaniques, p. 148. — Volcans anciens de l'Auvergne; Desmarest, 148. — Monnet, Legrand d'Aussy, 152. — De Montlausier, 152. — De Dolomieu, L. de Buch, 154. — D'Aubuisson, 156. — Ramond, 158. — Roches granitiques, 158. — Laves feldspathiques et porphyriques (trachytes et phonolites), 159. Basaltes, 160. — Déjections anomales, 161. — Montagnes de domite, 161. — Volcans modernes, 162. — Vivarais et Velay, 166. — Faujas de Saint-Fond, 166. Les Coirons; Marzari Pencati, 169. — Le Mezenc, L. Cordier, 170. — Dépôts sédimentaires, 172. — Cotentin; Alex. Brongniart, M. d'Omalius d'Halloy, de Gerville, 172. — Lorraine, Alsace, 174.

§ 3. **France nord,** p. 174. — Parlon, Pasumot, P. R. de Lamanon, 174. — Giraud Soulavie, Defay, 175. — Poiret, 175. — Lavoisier, 176. — Coupé, 176. — G. Cuvier et Alex. Brongniart, 177. — M. d'Omalius d'Halloy, 184. — Dépôts lacustres; Alex. Brongniart, 187. — M. d'Omalius d'Halloy, 188. — De Férussac, 189. — Brard, 190. — Marcel de Serres, 190.

§ 4. **Paléontologie,** p. 191. — Auteurs divers, 191. — De Lamarck, 193. — G. Cuvier, 193. — Ostéologie comparée, 194. — *Discours sur les révolutions de la surface du globe,* 201. — Defrance, 202.

§ 5. **Cours et Traités généraux.** 203

§ 6. **Paléontologie appliquée,** p. 205. — Alex. Brongniart, 206.

§ 7. **Espagne.** 212

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE V.

ILES-BRITANNIQUES.

§ 1. **Angleterre,** p. 215. — Exposition, 215. — Ouvrages théoriques généraux, 215. — Travaux descriptifs, 217. — XVIIe siècle; Lister, Lhwyd, etc., 218. — XVIIIe siècle; géologues stratigraphes, 219. — Paléozoologie; invertébrés, 220. — Vertébrés, 221. — Ichthyosaure, 222. — Plésiosaure, 223. — Téléosaure, 223. — Mégalosaure, 224. — Iguanodon, 224. — W. Smith, 225. — Auteurs divers, 228. — W. Buckland, 229. — Greenough, 232. — W. D. Conybeare et W. Phillips, 232. — Société géologique de Londres, 234.

§ 2. **Écosse,** p. 235. — Exposition, 235. — Théories géologiques; J. Hutton, 236. — James Hall, 243. — Jameson, 246. — Géologie descriptive, 246. — Ch. Mackensie, Imrie, 247. — Ogilby, T. Allan, 248. — Playfair, Webb Seymour, Macculloch, 248. — Paléontologie, 249. — Ile d'Écosse, 249. — Jameson, 249. — Iles Hébrides; J. Macculloch, 250. — Iles Orcades ou Orkney; Jameson, 255. — Iles Shetland; S. Hibbert, 255. — Observations générales, 257. — Iles Féroë; T. Allan, 258. — Géologie générale; A. Boué, 260. — Résumé, 261.

§ 3. **Irlande,** p. 262. — Paléozoologie; T. Molyneux, 262. — Géologie, auteurs divers, 262. — T. Weawer, 263. — Résumé général, 265.

CHAPITRE VI.

§ 1. **Amérique du Nord,** p. 266. — Géologie; Guettard, 266. — W. Maclure, 267. — Dépôts de transport et blocs erratiques, 270. — Paléozoologie, 271. — Mastodonte, 271. — Éléphant, 273. — Megalonyx, 273. — Megatherium, 274. — Les Antilles, 274.

§ 2. **Amérique du Sud,** p. 276. — Géologie; Alex. de Humboldt, 276. — Paléozoologie, 279. — Invertébrés, 279. — Vertébrés, 281. — Édentés; Glyptodon, 284. — Megatherium, 282. — Pachydermes, 283.

CONCLUSIONS. 285

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

DEUXIÈME PARTIE.

SCIENCE MODERNE.

CHAPITRE I.

VUES GÉNÉRALES 289

§ 1. **Cosmogonie**, p. 292. — Hypothèse de Laplace, 292.

§ 2. **Géogénie**, p. 302. — Exposition, 302. — Théorie de H. T. de La Bèche, 304.

CHAPITRE II.

PHYSIQUE DU GLOBE.

§ 1. **Température**, p. 308. — Recherches de Fourier, 308. — Mémoire de L. Cordier, 315. — Observations diverses sur la température intérieure, 317. — Dans les mines, 318. — Dans les puits artésiens, 319.

§ 2. **Mesure de la terre** 321

§ 3. **Densité de la terre**, p. 323. — Magnétisme terrestre, 325.

CHAPITRE III.

§ 1. **Premiers effets du refroidissement de la terre**, p. 327. — Enveloppe gazeuse atmosphérique, 329. — Enveloppe liquide, 331. — Enveloppe solide, 333.

§ 2. **Classification géologique**, p. 336. — Classifications minéralogiques, 339; — physiques ou géométriques, 339; — zoologiques, 340; dynamiques, 340. — Terminologie, 343. — Classification adoptée, 344. — Observations générales, 345.

§ 3. **Définitions**, p. 348. — Stratification générale, 348. — Inclinaison et direction, 348. — Faille, 349. — Dérangements des couches, 349. — Stratifications discordante et transgressive, 349. — Substances minérales accidentelles : amas, nids, rognons, veines, filons, géodes, dykes, etc., 350. — Substances minérales constituant les roches, 350. — Divisions de l'étude des roches, 351.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DES TERRAINS.

TERRAIN PRIMAIRE.

§ 1. **Description des roches,** p. 353. — Granite primitif, 353. — Roches stratifiées; schistes cristallins, 355. — Gneiss, 355. — Micaschiste, 356. Schiste micacé, 356. — Stéaschiste ou schiste talqueux, 356. — Schiste chloriteux, 357. — Roches massives ou non stratifiées; texture grenue, 357. — Granite, 358. — Pegmatite, 359. — Leptynite, 359. — Protogine, 360. — Chlorite et stéatite, 360. — Roches amphiboliques, 361. — Amphibolite, 361. — Diorite, 361. — Syénite, 362. — Asbeste, 363. — Roches à texture compacte, 363. — Pétrosilex, eurite, 363. — Porphyres, 363. — Ophite, 364. — Labradorite, jade, euphotide, serpentine, etc., 364. — Roches métalliques, 365.

§ 2. **Origine des caractères actuels des schistes cristallins** 365

§ 3. **Paléontologie**. 373

§ 4. **Distribution géographique,** p. 376. — Iles-Britanniques, 376. — France, 376. — Pyrénées, 377. — Alpes, 377. — Vosges et Forêt-Noire, 378. — Allemagne, 378. — Scandinavie, etc., 378. — Russie méridionale, 379. — Hongrie, Turquie d'Europe et Grèce, 379. — Iles de la Méditerranée, 380. — Espagne, 380. — Côtes nord de l'Afrique, 380. — Asie occidentale, 380. — Asie centrale, 381. — Afrique et Australie, 382. — Amérique du Nord, 382. — Amérique du Sud, 383. — Terres australes, 383. — Résumé, 384.

CHAPITRE V.

TERRAIN DE TRANSITION.

Classification, p. 385. — Faune, 390. — Tableau sommaire de la faune de transition (1842), 391.

§ 1. **Système cambrien,** p. 394. — Iles-britanniques, 394. — France, 397. — Allemagne centrale, 397. — Nord de l'Europe, 397. — Amérique du Nord, 398.

§ 2. **Système silurien,** p. 399. — Iles-Britanniques, Angleterre, groupe de Potsdam, 399. — Groupe de Llandeilo, 400. — Groupe de Caradoc, 401. — Roches ignées, 402. — Groupe de Llandovery, 402. —

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Groupe de Wenlock, 403. — Groupe de Ludlow, 405. — Écosse et Irlande, 406. — Puissance des systèmes cambrien et silurien, 407. — — Paléontologie, 408. — Tableau de la faune et de la flore siluriennes d'Angleterre, 409. — France, 411. — Espagne, 414. — Portugal, 416. — Sardaigne, 417. — Région des Alpes, 417. — Ardennes, 417. — Massif du Harz, 418. — Saxe, 419. — Bohême, 419. — Scandinavie, 423. — Parallèle entre les systèmes siluriens de la Bohême et de la Scandinavie, 425. — Russie, 427. — Asie; Himalaya, 430. — Amérique du Nord, 432. — Tableau de la classification, 434. — Division inférieure, 434. — Grès de Potsdam, 434. — Groupe de Trenton et de la rivière Hudson, 436. — Division supérieure, 437. — Parallèle des faunes de l'Europe et de l'Amérique, 439. — Amérique du Sud, 440. — Sud de l'Afrique, 443. — Australie, 443.

§ 3. **Système dévonien,** p. 444. — Iles-Britanniques, 444. — France, 449. — Espagne, 451. — Nord de l'Afrique, 453. — Provinces rhénanes et Belgique, 453. — Chaînes du Harz, 456. — Russie, 457. — Turquie, 458. — Asie, 459. — Arménie, 460. — Sibérie, 460. — Tibet, Himalaya, Chine, 461. — Amérique du Nord, 461. — Observations générales, 463. — Amérique méridionale, 466. — Iles Falkland, 467. — Sud de l'Afrique, 467. — Australie, 468.

§ 4. **Système carbonifère,** p. 469. — Iles-Britanniques, 470. — France, 474. — Espagne, 478. — Portugal, Sardaigne, les Apennins et les Alpes, 479. — Belgique et provinces rhénanes, 480. — Allemagne centrale, 482. — Russie, 482. — Spitzberg, 484. — Asie, 484. — Amérique du Nord, 488. — Caractères généraux, 492. — Paléontologie, 497. — Amérique du Sud, 499. — Australie, 501. — Nouvelle Zélande, 504. — Afrique australe, 505. — Observations générales, 505. Paléophytologie, 505. — Statistique du carbone, 508.

§ 5. **Système permien,** p. 510. — Iles-Britanniques, 511. — France, 514. — Allemagne centrale, 516. — Russie, 519. — Flore, 521. — Faune, 522. — Spitzberg, 525. — Asie, Inde, 525. — Amérique du Nord, 525. — Épaisseur et origine des roches du terrain de transition, 528. — Amérique du Sud, 530. — Australie, 531. — Observations générales, 531.

CHAPITRE VI.

TERRAIN SECONDAIRE.

§ 1. **Formation triasique,** p. 533. — Tableau, 534. — Composition, étendue, puissance, 535. — Roches subordonnées, dolomies, 536. —

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Gypse, 537. — Sel gemme, 537. — Minerais divers, 538. — Roches ignées, 539. — Charbon, 540. — Flore, 541. — Faune, 543. — Vues générales, 552.

§ 2. **Formation jurassique,** p. 555. — Classification, 555. — Iles-Britanniques, 557. — France, 564. — Suisse, 571. — Chaîne du Jura, 572. — Alpes occidentales, 573. — Espagne et Portugal, 575. — Versant méridional des Alpes, 577. — Versant nord des Alpes, 578. — Wurtemberg, 579. — Nord de l'Allemagne, 580. — Russie, 581. Asie, 582. — Afrique, 584. — Amérique du Nord, 585. — Amérique du Sud, 587. — Australie, 588. — Résumé, 589.

§ 3. **Formation crétacée,** p. 589. — Iles-Britanniques, 590. — Groupe wealdien, 592. — Groupe néocomien, 593. — Gault, 594. — Grès vert supérieur, 594. — Craie grise ou marneuse et craie blanche, 595. — Belgique, 597. — France, 600. — Bassin de la Seine, 600. — Bassin de la Loire, 603. — Bassin du sud-ouest, 605. — Région pyrénéenne, 607. — Bassin du Rhône, 608. — Suisse et Savoie, 609. — Péninsule ibérique, 610. — Italie et région des Alpes, 612. — Nord et centre de l'Europe, 614. — Europe orientale, 615. — Asie occidentale, 617. — Inde, 619. — Afrique, 621. — Amérique du Nord, 622. — Amérique du Sud, 624. — Australie, 624. — Répartition générale dans les deux hémisphères, 624.

CHAPITRE VII.

TERRAIN TERTIAIRE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES ET CLASSIFICATION. 626

§ 1. **Angleterre, Belgique et nord de la France,** p. 629. — Généralités, 629. — Angleterre, bassin de la Tamise, 633. — Bassin du Hampshire et de l'île de Wight, 634. — Bassin de la Belgique, 636. — Bassins de la Seine et de la Loire, 637.

§ 2. **Centre, sud et est de la France,** p. 643. — France centrale, 643. — Bassins de la Garonne et de l'Adour, 646. — Languedoc, 649. — Dauphiné, Provence et Savoie, 650. — Résumé du terrain tertiaire de la France, 653.

§ 3. **Suisse,** p. 654.

§ 4. **Europe méridionale et centrale,** p. 657. — Formation inférieure, 567. — Espagne, 658. — Les Carpathes, 660. — Turquie d'Europe, 660. — Crimée, 660. — Formations moyenne et supérieure : Italie, 661. — Espagne, 663. — Nord et centre de l'Allemagne, 664. — Environs de

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

Mayence, 666. — Wurtemberg, 667. — Autriche, 667. — Turquie d'Europe et Grèce, 668. — Russie méridionale, 669.

§ 5. **Asie,** p. 670. — Asie occidendale, formation inférieure, 670. — Moyenne et supérieure, 672. — Asie méridionale, 673.

§ 6. **Afrique,** p. 678.

§ 7. **Amérique;** Amérique du Nord, p. 678. — Résumé, 683. — Amérique du Sud, 685. — Bassin de la Plata et Patagonie, 685. — Côtes occidentales, 687. — Considérations paléontologiques générales, 687.

§ 8. **Roches ignées ou pyrogènes des époques tertiaire et quaternaire,** p. 689.

CHAPITRE VIII.

TERRAIN QUATERNAIRE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES. 692

§ 1. **Europe,** p. 694. — Scandinavie, 694. — Russie, 695. — Nord de l'Allemagne, 696. — Iles-Britanniques, 696. — Pays-Bas, 698. — France; dépôts des plaines et des vallées, 699. — Cavernes et brèches osseuses, 701. — Suisse, 705. — Bassin méditerranéen, 708. — Allemagne centrale, 708.

§ 2. **Asie,** p. 709.

§ 3. **Amérique du Nord,** p. 711. — Roches polies, striées et sillonnées du Nord, dépôts de sable, de blocs, de cailloux roulés et striés, ou *drift ancien,* de la même région; aucun débris organique marin, d'eau douce ni terrestre, 711. — Dépôts marins et lacustres des États-Unis du Nord, 712. — Dépôts marins et lacustres des États-Unis du Sud, 713. — Caractères généraux de la faune, 714.

§ 4. **Amérique du Sud,** p. 717. — Dépôts erratiques de la Terre-de-Feu, de la Patagonie et des îles voisines, 718. — Dépôts marins ou plages anciennes soulevées de la côte occidentale, 719. — Dépôt ou limon des pampas, 720. — Mammifères du limon des pampas, 721. — Cavernes à ossements du Brésil, 722.

§ 5. **Australie, Nouvelle-Hollande,** p. 724.

§ 6. **Nouvelle-Zélande,** p. 725.

§ 7. **Madagascar,** p. 726.

Résumé, p. 727.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC

CHAPITRE IX.

TERRAIN MODERNE.

GÉNÉRALITÉS. 730

Tableau, 732. — Phénomènes dont l'origine est au-dessous de la surface, 733. — Volcans, 734. — Gaz inflammable, naphte, bitume, salses, etc., 736. — Eaux minérales et thermales, 737. — Tremblements de terre et soulèvements, 737. — Phénomènes dont l'origine est au-dessus de la surface, 738. — Produits marins organiques, 738. — Iles de Polypiers, 738. — Organismes inférieurs, 740. — Protophytes, 741. — Protozoaires, 741. — Produits inorganiques, 742. — Dunes, 742. — Deltas, 743. — Tourbes, 745. — Eau, 746. — Glaciers, 747. — Produits de l'industrie humaine, 749.

Réflexions sur l'ancienneté de l'homme, p. 750.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL. 756

Force vitale, p. 757. — Forces physiques, 760.

ÉPILOGUE 763

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOÎT, 7.

Document numérisé par la Bibliothèque Interuniversitaire Scientifique Jussieu – UPMC