

COURS ÉLÉMENTAIRE
DE GÉOLOGIE
APPLIQUÉE

LITHOLOGIE PRATIQUE

OU

ÉTUDE GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE DES ROCHES

CONSIDÉRÉES AU TRIPLE POINT DE VUE

DE LEUR COMPOSITION, DE LEUR GISEMENT ET DE LEURS APPLICATIONS
INDUSTRIELLES ET AGRICOLES

PAR

M. STANISLAS MEUNIER

AIDE-NATURALISTE DE GÉOLOGIE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE
DOCTEUR ÈS SCIENCES, ETC.

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

49, QUAI DES AUGUSTINS, 49

M DCCC LXXII

Droits de reproduction et de traduction réservés.

AVERTISSEMENT

DE L'ÉDITEUR

Le but du volume que nous offrons aujourd'hui au public est indiqué par son titre : présenter d'une manière essentiellement pratique les notions élémentaires de la géologie, en insistant tout spécialement sur la lithologie, c'est-à-dire sur l'histoire de ces matériaux indéfiniment variés parmi lesquels l'industrie, l'agriculture et les arts vont puiser les principaux éléments de leurs richesses.

L'ouvrage se divise en deux parties :

Dans la première, le globe terrestre est étudié dans son ensemble, et successivement de trois points de vue différents constituant trois chapitres distincts. Tout d'abord, la recherche du passé et de l'avenir de la terre, considérée simplement comme un des membres du système solaire, met le lecteur en présence du plus grand sujet que puissent offrir les sciences physiques et naturelles, puisque c'est le point de jonc-

tion de la géologie et de l'astronomie. On y donne une idée nouvelle, quant à l'économie de l'univers, que l'étude des météorites est venu tout récemment éclairer d'une lumière si vive.

L'auteur étudie ensuite la structure de la terre et donne successivement les caractères paléontologiques importants des divers terrains.

La première partie se termine par un tableau de la vie de la terre, considéré au point de vue des fonctions dont elle est le siège et qui l'assimilent, toutes proportions gardées, à un être organisé.

Après ces notions géologiques, l'auteur entre, pour n'en plus sortir dans le domaine de la lithologie proprement dite, qui constitue la seconde partie du volume. Après avoir exposé les divers caractères des roches, il fait connaître un nouvel arrangement méthodique, qui a paru très-rationnel à plusieurs de nos lithologistes les plus éminents qui l'ont examiné, et dont le but principal est de rendre très-simple l'étude jusqu'ici si difficile des roches. La valeur de cet arrangement est apparu très-clairement à l'auteur dans le cours des leçons de géologie appliquée qu'il a été appelé à professer, au Muséum d'histoire naturelle, devant les élèves de l'École d'agronomie.

La détermination des roches forme le sujet d'un chapitre, que l'on peut considérer véritablement comme un mémoire original. Après avoir indiqué des procédés nouveaux propres à réaliser l'analyse *minéralogique* des roches (sorte d'analyse seule instructive en lithologie, et cependant si négligée jusqu'ici), l'auteur donne une *méthode dichotomique* qui permet de déterminer, d'une façon très-simple et très-pratique, l'espèce d'une roche dont on possède un échantillon.

C'est la première fois que le système dichotomique est

appliqué à l'étude des roches, et les résultats qu'il a fournis à l'auteur montre qu'il peut rendre ici les mêmes services que dans les autres branches de l'histoire naturelle.

Enfin, la description des roches forme naturellement la portion la plus volumineuse de ce livre. Appelé par ses fonctions d'aide naturaliste de géologie au Muséum, à manier constamment l'une des plus nombreuses collections lithologiques que l'on ait réunies, l'auteur était mieux placé que personne pour choisir parmi les innombrables variétés de roches celles qui sont vraiment caractéristiques, soit au point de vue scientifique, soit surtout en ce qui concerne les applications des substances minérales.

Pour chaque roche on a eu soin de donner :

1° L'étymologie du nom adopté dans cet ouvrage ;

2° Une synonymie, non pas complète, car on l'a jugée impossible à faire et d'ailleurs inutile, mais suffisante pour qu'on puisse reconnaître facilement toutes les roches dont parlent les divers auteurs les plus répandus ;

3° Une description succincte des variétés choisies comme types et l'indication des autres variétés importantes ;

4° La composition chimique, et quand il se peut, la composition minéralogique point trop souvent négligé dans les ouvrages lithologiques ;

5° Les divers gisements ;

6° Les notions ou au moins les hypothèses relatives à l'origine et au mode de formation ;

7° Enfin les principales applications industrielles et agricoles.

La table alphabétique, qui termine le volume, peut être considérée comme un véritable dictionnaire géologique, pa-

léontologique et lithologique, puisqu'en donnant la page du livre où chaque sujet est traité, elle conduit à une définition de tous les mots principaux employés dans la science.

Le volume qui paraît aujourd'hui est d'ailleurs le fruit de plusieurs années de recherches persévérantes : l'auteur l'annonçait déjà en 1867, en publiant son *Étude sur les météorites*. En le mettant au jour, il complète l'acquittement de la promesse qu'il faisait alors et qui comprenait également le *Prodrome de géologie comparée*, que la librairie Didot a mis tout récemment en vente.

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE GÉOLOGIE

APPLIQUÉE

PREMIÈRE PARTIE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE ET AVENIR DE LA TERRE

La géologie s'occupant, comme son nom l'indique, de l'étude de la terre, il convient de commencer cet ouvrage par un coup d'œil d'ensemble sur notre planète. Ses relations avec les autres corps célestes, son origine probable, l'avenir que nous pouvons lui prédire, etc., sont autant de questions qui rentrent dans notre sujet. Le côté pratique de la science, sur lequel nous devons spécialement insister, gagnera lui-même à cette excursion dans le domaine de la géologie générale, et l'introduction qu'on va lire, bien loin d'être un hors-d'œuvre, fournira une base solide à nos études ultérieures.

Les considérations que nous allons soumettre au lecteur montreront, en effet, que le globe n'est, à tout prendre, que l'un

quelconque des très-nombreux membres d'une famille d'astres ayant entre eux les plus grandes analogies : de façon que les faits géologiques, quoique se rapportant à une seule planète et, par parenthèse, à l'une des plus petites, s'étendent en réalité, jusqu'à un certain point, à l'économie du système-solaire tout entier.

Dans son ensemble, ce système constitue un tout dont le soleil occupe, comme on sait, le centre de gravité, mais non pas tout à fait le centre de figure ; et il faut bien remarquer que, malgré son étendue immense, par comparaison avec le volume de la terre, le soleil ne représente après tout qu'une portion tout à fait insignifiante d'un agrégat de soleils dont il n'est qu'une des innombrables unités, et même l'une des moins remarquables sous tous les rapports, et spécialement pour le volume.

Cette réunion de soleils, dont chacun traîne à sa suite de nombreuses planètes, accompagnées elles-mêmes fort souvent de satellites, forme ce que les astronomes nomment une nébuleuse, à cause de l'apparence nuageuse qu'elle présente quand on l'observe d'assez loin.

Il est bien facile d'acquérir la preuve que nous sommes ainsi perdus et comme noyés dans une nébuleuse, et nous pouvons même, jusqu'à un certain point, déterminer la place que la terre occupe par rapport aux limites de ce vertigineux ensemble de mondes.

En effet, la nébuleuse qui nous comprend a manifestement la forme générale d'un disque très-aplati, de façon que nous la voyons sous des apparences très-diverses, suivant que notre regard se dirige perpendiculairement ou parallèlement à son épaisseur.

Dans le premier cas, les soleils qui la constituent se montrent à une certaine distance les uns des autres, et notre œil peut, entre eux, pénétrer dans les profondeurs du ciel : ces soleils espacés sont ce que nous nommons des *étoiles*.

Au contraire, dans le second cas, le nombre des soleils que notre regard rencontre est si grand qu'ils remplissent l'espace et apparaissent comme une longue bande continue de matière lumineuse. A l'exemple des anciens, nous désignons cette traînée opa-

lescente sous le nom de *voie lactée*. Quelle est sa profondeur? nous l'ignorons, nous l'ignorerons sans doute toujours; mais, à coup sûr, les nombres qui l'exprimeraient échapperaient par leur grandeur à notre compréhension.

Le sentiment qui résulte de ces faits, quant à la petitesse relative du système solaire et à plus forte raison de notre globe, augmentera encore singulièrement quand nous acquerrons la preuve que cette immense nébuleuse dans laquelle nous sommes si complètement absorbés est extrêmement loin de remplir l'univers que les moyens imparfaits que nous possédons nous révèlent, et qu'elle laisse toute place à un nombre gigantesque de nébuleuses pareilles, prodigieusement éloignées les unes des autres.

Les profondeurs du ciel renferment, en effet, des amas de matière nuageuse et blanchâtre, que le télescope parvient souvent à résoudre en soleils du genre du nôtre.

Que nous voilà loin des idées des anciens, pour qui la terre, occupant le centre du monde, voyait alternativement se lever le soleil et la lune, chargés exclusivement d'éclairer, le premier ses jours, et l'autre ses nuits! Mais, parce que l'importance de la terre doit évidemment être diminuée, en résulte-t-il que l'homme ait perdu de la valeur qu'il s'attribuait d'abord quand il pensait que tout dans le monde avait été créé dans le seul but de satisfaire ses besoins particuliers? Évidemment non; et il a bien autrement le droit d'être fier aujourd'hui qu'il a donné, lui si petit, tant de preuves de sa supériorité intellectuelle, non-seulement en résolvant, mais même simplement en se posant les sublimes questions qui constituent l'astronomie.

Jugeant que rien de ce qui appartient à la nature physique n'est au-dessus des forces de son esprit, il s'est demandé suivant quelle loi avait pu se constituer cette éternelle ronde des globes; et, par un effort de génie, il a pu édifier une géogénie qui, si elle n'est pas irréprochable de tous points, comme le reconnaissait lui-même l'immortel auteur de cette théorie, présente ce grand caractère auquel on reconnaît si souvent les choses vraies: la simplicité.

Cette géogénie, il est indispensable d'en dire ici quelques mots.

Laplace prend les choses au moment où, la matière étant créée remplit l'espace d'une substance homogène, *chaotique*, pour nous

servir d'une expression consacrée. Sa température est extraordinairement élevée, et sa densité, dès lors, est très-faible.

Abandonnée à elle-même, elle se refroidit.

Le refroidissement est bien long : il faut des milliers, peut-être des millions de siècles, pour que la température de la masse baisse de 1 degré ; mais que sont ces durées dans l'éternité ? La masse se refroidit, et elle est le siège d'un mouvement moléculaire incessant.

Ces deux faits, dont la coexistence est certaine, suffisent pour que les mondes se constituent peu à peu, à la façon de ce qui se fait quand des cristaux prennent progressivement naissance au sein d'une masse amorphe placée dans des circonstances convenables.

Les atomes dont la matière primitive est formée gravitent les uns vers les autres, et successivement il se fait, çà et là, dans des endroits déterminés, des groupements qui, formés de molécules réunissant leurs actions, deviennent pour les autres des *centres d'attraction*.

Ces divers centres agissant chacun de son côté, pendant que la matière se refroidit, la grande masse se disloque en autant de fragments qu'il y avait de ces centres ; chaque fragment va fournir ses matériaux à une nébuleuse ; le refroidissement qu'elle subit la rapetisse et a conséquemment pour effet de l'écarter des autres amas analogues.

Mais, ce qui s'est produit dans la masse primitive va se répéter dans chaque nébuleuse, et la nouvelle dislocation qui en résultera donnera naissance à une foule de masses relativement plus petites, dont chacune deviendra un système solaire.

Le nôtre est naturellement du nombre. Il a la forme d'une grosse boule, car ainsi le veulent les lois imprescriptibles de la mécanique, et il tourne sur lui-même avec une énorme rapidité.

De plus, il gravite autour du centre de gravité de la nébuleuse dont il fait partie ; mais la route qu'il suit est si longue et notre vie est si courte que d'innombrables générations peuvent se succéder sur la terre sans que la position du soleil dans l'espace ait notablement changé.

Le refroidissement continue toujours. Le gros globe, toujours fluide, renferme bientôt plusieurs centres d'attraction. L'un est au

centre de figure ou dans son voisinage : il deviendra le soleil ; les autres sont vers la périphérie.

En effet, l'effet de la rotation sur le globe fluide est de le renfler vers son équateur ; c'est là d'abord que se formera un centre d'attraction qui, lors de la condensation subséquente de la masse, s'opposera à ce que la portion équatoriale se précipite sur le centre du globe. Au bout d'un temps suffisant, il y aura rupture et il se fera un anneau fluide autour de la sphère fluide.

La sphère continuera de se concréter, abandonnant de temps en temps un anneau pareil de plus en plus petit ; et, en même temps, ces anneaux subissant le même mouvement de contraction, il viendra un moment où leur substance ne sera plus capable de remplir tout l'espace qu'elle occupait d'abord. Ces anneaux se rompront alors et, se rétractant sur eux-mêmes, ils se transformeront en petites sphères gravitant autour de la sphère centrale : ce seront des *planètes* tournant autour du soleil.

On voit comment chaque soleil pourra ainsi être accompagné d'un nombre de planètes proportionné à sa grosseur, et toutes ces planètes devront être douées d'un mouvement de rotation s'exécutant dans le même plan et dans le même sens, ce qui est sensiblement vrai.

Dans ces planètes, encore à l'état fluide, pourront se reproduire sur une échelle réduite les phénomènes qui viennent d'être décrits, et l'on verra des planètes accompagnées, soit d'anneaux comme Saturne, soit de satellites comme Jupiter, comme la Terre elle-même, etc.

Ainsi qu'on le voit, tout ceci est bien simple, et les sciences mathématiques concourent à en prouver la vérité ; mais ce système trouve une confirmation importante dans les élégantes expériences de physique à l'aide desquelles M. Plateau a fait, à proprement parler, des systèmes solaires artificiels.

Que faut-il, en effet, pour reproduire les conditions principales de la matière chaotique ? Soustraire une masse à l'action de la pesanteur et l'animer d'un mouvement de rotation autour d'un axe passant par son centre de figure. Le physicien de Gand y parvient de la manière suivante :

On commence par préparer un mélange d'eau et d'alcool en proportions telles qu'il ait rigoureusement la densité de l'huile d'olive, puis on introduit au milieu de la masse une grosse goutte formée de ce liquide gras. Cette goutte, perdant, en vertu d'un principe de physique bien connu, une partie de son poids égale au poids du liquide qu'elle déplace, se trouve, grâce à sa densité égale à la densité du milieu qui l'entoure, soustraite complètement à l'action de la pesanteur. Comme la matière chaotique, qui était nécessairement dans les mêmes conditions, elle prend la forme d'une sphère parfaite.

Cette sphère est immobile ; mais si on fait passer par son centre un axe vertical métallique doué d'un mouvement de rotation, elle prendra peu à peu le mouvement de cet axe et on la verra s'aplatir progressivement vers les pôles. La force centrifuge augmentant si l'on augmente la vitesse, on verra la région équatoriale se renfler de plus en plus, et, à un certain moment, un anneau se séparera qui continuera à tourner autour de la sphère centrale.

En augmentant la vitesse, l'anneau s'agrandira et bientôt il se brisera ; la matière se réunira en un petit sphéroïde et la planète microscopique se mettra à graviter autour de la miniature de soleil d'où elle est sortie.

Il est impossible, comme on voit, de mieux reproduire les conditions exigées par la théorie, et celle-ci reçoit évidemment de l'expérience une éclatante confirmation.

Une fois les planètes et les satellites formés et le refroidissement continuant toujours, il arrivera un moment où la matière cosmique atteindra la température où l'état de gaz n'est plus possible pour une partie au moins de ses éléments, et ceux-ci, comme de la vapeur d'eau qui se résout en pluie, se condenseront à l'état liquide. Le phénomène commencera évidemment à l'extérieur, puisque c'est du dehors que vient forcément la cause refroidissante, et on aura une sphère gazeuse avec une enveloppe liquide ; d'ailleurs il y aura nécessairement, par-dessus cette enveloppe, une couche extrêmement épaisse des matières les plus volatiles et les plus légères, constituant l'atmosphère de l'astre naissant.

Cette atmosphère, par son poids, exercera une action très-éner-

gique sur la partie liquide et déterminera des réactions toutes particulières. Elle diminuera d'ailleurs progressivement par la condensation successive de ses éléments de moins en moins volatils, et la croûte liquide en sera augmentée d'autant par-dessus, tandis qu'en dessous elle s'accroîtra par le refroidissement de la masse emprisonnée.

La matière liquide, se refroidissant, deviendra à un certain moment solide ; et progressivement, de lumineuse qu'elle était, elle deviendra de plus en plus sombre. C'est ainsi que se fera une première *croûte* solide, mince pellicule par laquelle le noyau incandescent sera séparé de l'atmosphère et des liquides volatils. Cette croûte augmentera d'épaisseur, comme tout à l'heure l'enveloppe liquide, par la condensation de matières à sa surface et par les progrès du refroidissement à l'intérieur.

L'atmosphère, épurée des matières faciles à condenser, déposera bientôt de l'eau qui, par une double série de phénomènes, donnera d'abord naissance aux terrains cristallins, puis à des sédiments ; la température, alors relativement basse, de la surface sera compatible avec le développement de la vie animale et végétale.

L'eau ruissellera de toutes parts, formant des nuages, des océans, des fleuves, des glaciers, et imprégnant, en outre, toute la masse solide, jusqu'à une profondeur où la température ne soit pas trop élevée. Cette imbibition des roches par l'eau a deux conséquences capitales : d'abord la manifestation des phénomènes volcaniques, ensuite, et surtout, la diminution incessante du volume des océans.

La quantité de l'eau ainsi *bue* par la croûte solide allant constamment en augmentant, il arrivera un moment où toute l'eau, dont le volume total est très-faible par rapport à celui du globe qu'elle recouvre, sera absorbée et où la vie cessera dès lors d'être possible.

A partir de ce moment, la diminution de volume des liquides se solidifiant n'étant pas compensée par le volume de l'eau absorbée, les solides se fendilleront comme l'argile qui se dessèche ; d'immenses crevasses se déclareront à la surface du globe et l'atmosphère s'y précipitera. L'astre sera alors véritablement un astre mort, domaine non disputé du silence, mais théâtre de mouve-

ments encore considérables. Le travail moléculaire, en effet, qui a déterminé les crevasses, les élargira peu en peu, en formera de nouvelles et, finalement, divisera le globe en une infinité de fragments de grosseur et de nature variées. Le globe étant une fois réduit en fragments, ceux-ci, par suite de diverses causes agissant inégalement sur eux, glisseront les uns sur les autres et se concasseront suivant leurs surfaces de moindre cohésion ; ils se distribueront ensuite progressivement tout le long de l'orbite décrite précédemment par le globe dont ils dérivent et, finalement, après un temps plus ou moins prolongé, ils tomberont sur l'astre situé au foyer de la courbe qu'ils parcourent.

Ces diverses phases ; dont j'ai essayé de montrer l'enchaînement, se succéderont d'autant plus vite sur les divers astres du même système que le refroidissement de ces astres sera plus rapide, c'est-à-dire d'autant plus vite que le volume de ces astres sera plus petit. De façon que ces divers membres du même système pourront être considérés, d'après leur volume, comme arrivés à des âges différents ou, plus exactement, comme ayant atteint des périodes différentes de leur développement.

Si nous considérons les astres qui nous sont voisins, nous verrons que le soleil, beaucoup plus gros que la terre, se trouve par cela même à une période beaucoup moins avancée de son évolution. Tandis que nous en sommes déjà au moment où la vie est possible, le soleil traverse encore la phase d'incandescence.

A l'inverse, la lune, beaucoup plus petite que notre globe, représente un globe beaucoup plus âgé. Déjà elle a absorbé tout son océan et toute son atmosphère qui, sans doute, s'est précipitée dans les gigantesques crevasses existant si nombreuses à la surface de notre satellite. De même, mais à un degré encore plus avancé du refroidissement, les météorites qui tombent si fréquemment à la surface du sol nous démontrent l'existence d'un petit satellite, aujourd'hui désagrégé. Ces météorites sont la voie par laquelle la matière sidérale morte rentre dans le tourbillon de la vie des globes, reproduisant ainsi, mais sur une échelle plus vaste, le cercle des transformations de la matière organique.

Et l'on voit, par ce triple exemple, que, à l'image de ce qui arrive dans une forêt, où l'on peut savoir le passé et le futur d'un

arbre donné en regardant les arbres plus jeunes et les arbres plus vieux, nous pouvons avoir des notions sur le passé et sur l'avenir de notre globe en observant des astres plus gros et des astres plus petits. Le soleil représente sans doute l'enfance de notre terre, la lune nous offre le tableau de ce qu'elle sera un jour, et les météorites nous montrent comment le produit de la décomposition de notre globe sera assimilé par le soleil. Admirable exemple, n'est-il pas vrai, des liaisons que peuvent contracter des sciences primitivement séparées, puisque, avec les données combinées que fournissent l'étude du ciel et l'étude de la terre, une science nouvelle qui sera grandiose s'édifie : la Géologie comparée.

J'ai dit que la magistrale théorie de Laplace peut n'être pas irréprochable dans toutes ses parties ; j'ajoute que l'illustre géomètre avait lui-même quelque défiance de son œuvre. Elle laisse, en effet, de côté plusieurs faits importants sans les expliquer, comme la direction des comètes, la forme elliptique des orbites planétaires, le mouvement rétrograde des satellites d'Uranus. Mais, en présence du nombre immense de faits dont elle rend raison, on peut évidemment attribuer les écarts qui viennent d'être signalés à l'étude, négligée jusqu'ici, de quelque action de détail dont l'effet serait simplement de modifier le phénomène principal.

A part les confirmations géométriques et physiques, l'hypothèse de Laplace est vérifiée par de très-nombreuses observations géologiques, prouvant toutes, dans l'intérieur du globe, l'existence d'une chaleur propre, résidu de la chaleur primitive.

Nous rappellerons d'abord que les couches successives du sol présentent à partir d'une petite distance de la surface, où les actions externes ne se font plus sentir, une température régulièrement croissante, à raison de 1 degré environ par 50 mètres d'approfondissement. En admettant la continuité de cette loi, qu'on n'a, d'ailleurs, pu constater qu'à une très-faible distance par rapport aux dimensions du globe, on trouve qu'à 50 kilomètres toutes les matières que nous connaissons doivent être fondues. La croûte solide ne serait donc qu'une pellicule, bien plus mince, toute proportion gardée, que la coquille d'un œuf d'oiseau.

Cette température des couches profondes nous est apportée, comme en dissolution, par certaines eaux dites *thermales*, dont

quelques-unes, par exemple celles des geysers de l'Islande et des soffionis de Volterra, sont bouillantes.

L'eau des puits artésiens est elle-même tiède, et sa température est liée de la manière la plus intime à la profondeur d'où elle provient, et précisément dans le rapport indiqué tout à l'heure.

Nous trouvons encore dans le phénomène des volcans des preuves bien manifestes de la haute chaleur qui règne dans les régions souterraines, et même de l'état de fusion des matières pierreuses qui s'y trouvent; et les mouvements généraux de l'écorce terrestre ne paraissent explicables que dans l'hypothèse d'une pellicule solide reposant sur un bain fluide.

Enfin, pour être complets, rappelons la forme sphéroïdale de la terre, qui est géométriquement celle que prennent les corps fluides en rotation, et qui ne saurait s'expliquer si notre planète n'avait commencé par jouir d'un état physique qu'une haute température a pu seule lui donner.

En résumé, la terre nous apparaît comme un globe dans lequel quatre zones concentriques principales se séparent nettement. Ce sont, en allant vers le centre: 1° l'atmosphère ou enveloppe gazeuse; 2° l'océan ou enveloppe aqueuse; 3° la croûte consolidée ou enveloppe solide; 4° le noyau fondu intérieur.

L'étude de tout ce que nous pouvons atteindre de ces diverses masses constitue le domaine de la géologie, domaine bien restreint si on le compare au volume du globe tout entier, mais bien vaste si on considère le nombre immense et la portée des faits et des lois qu'il comprend.

C'est dans ce domaine que nous nous mouvrons dorénavant, ne prenant, bien entendu, que les choses les plus saillantes et, de chacune d'elles, seulement ce qui sera susceptible d'application. Nous verrons d'abord quels sont les principaux matériaux qui entrent dans la construction de l'enveloppe terrestre, puis nous exposerons les phénomènes les plus remarquables dont elle a été le siège ou qui s'y manifestent encore.

CHAPITRE II

STRUCTURE DE LA TERRE

Nous venons de voir quelle idée on peut se faire de la manière dont notre planète a acquis les caractères qu'elle présente aujourd'hui. Il faut maintenant rechercher d'un peu plus près quelle est sa constitution.

Tout le monde sait que la croûte terrestre est composée de matériaux appartenant au règne minéral et auxquels on donne le nom de roches : on sait en outre que ces roches sont loin de présenter partout les mêmes caractères et d'être par conséquent susceptibles des mêmes applications. La partie principale de ce livre est destinée à faire connaître ces diverses particularités des roches.

Ce que nous devons faire ressortir ici c'est que ces roches ne sont pas disposées d'une manière quelconque dans l'épaisseur de la croûte du globe, et nous remarquerons que la conséquence directe du chapitre précédent est justement que les roches doivent être régulièrement disposées et appartenir à un certain nombre de classes différentes, caractérisées chacune par un mode particulier de formation.

En effet, la croûte s'étant solidifiée dans les conditions de température, de pression et d'humidité qui ont été décrites, il s'est fait une première *assise* universelle qui a servi de base à tout ce qui a pu se produire extérieurement par la suite.

Ce qui s'est ainsi produit provenait nécessairement, d'une part

de la condensation des substances plus volatiles tenues en suspension jusque-là dans l'atmosphère, et d'autre part de la démolition par les agents externes des portions superficielles de la croûte : c'est ainsi que se sont formées les *roches dites de sédiment*.

Enfin, la croûte solidifiée s'est rompue çà et là et, par les fissures produites, la matière fondue sous-jacente s'est injectée et, en se solidifiant, est venue nous apporter des spécimens des *roches dites éruptives*.

Il est indispensable que nous étudions, ne fût-ce que très-sommairement, ces trois grandes classes principales de roches correspondant, comme on va voir, à trois grandes classes de terrain.

§ 1^{er}. — ASSISE CRISTALLISÉE.

L'*assise cristallisée* ou *terrain de la période primitive*, suivant l'expression de Cordier, constitue la masse essentielle de la partie connue de l'écorce consolidée et forme la base de tous les terrains sédimentaires. Ce terrain se montre au jour dans un très-grand nombre de contrées; et comme il présente des caractères généraux constants, partout où on a pu l'observer, il est présumable qu'il doit son origine à une seule cause qui s'est manifestée à la fois sur tous les points du globe.

Ce qui précède montre qu'en effet il ne saurait en être autrement, puisque le terrain primitif est la première pellicule solidifiée par refroidissement, pellicule qui s'est constamment augmentée intérieurement et qui augmente encore de puissance par l'addition de nouvelles couches qui se solidifient au fur et à mesure de la déperdition du calorique originaire.

Un des caractères les plus nets du terrain qui nous occupe est d'être toujours composé de roches à éléments cristallins agrégés, formés sur place et ne présentant jamais la moindre trace de ciment. On n'y trouve jamais de sable, de cailloux roulés. L'absence de tout débris de corps organisés lui a valu son nom de primitif, rappelant que ce terrain est antérieur à toute création organique.

Les roches qui entrent dans la constitution de l'assise cristallisée présentent en général une stratification confuse qui résulte du

mode de refroidissement de la matière incandescente sous l'influence de circonstances diverses.

En effet, on sait que la stratification parfaite des couches déposées par les eaux est due à l'extrême mobilité de ce liquide, qui permet aux particules minérales en suspension de se précipiter avec régularité au fond d'un bassin en se séparant de la masse qui les contient, pour former une bande isolée à la partie inférieure. Mais il est évident que, même dans un liquide dont la mobilité est moins grande que celle de l'eau, et tel est le cas d'une roche granitique en fusion, s'il se trouve des parties qui, en vertu d'une affinité mutuelle plus considérable, commencent à cristalliser avant les autres parties, et si la pesanteur spécifique des cristaux naissants n'est pas exactement la même que celle du reste de la matière en fusion, il y aura une tendance de la masse à s'arranger sur des plans horizontaux et à prendre des apparences plus ou moins analogues à celles des couches stratifiées sur les eaux. Ainsi peut-on s'expliquer, par exemple, la stratification du micaschiste et du gneiss, à laquelle ont pu prendre part aussi certaines actions mécaniques.

A l'inverse de ce qui est arrivé pour les terrains sédimenteux, c'est de haut en bas que s'est opérée la solidification de l'assise cristallisée; et comme dans la masse en fusion la matière n'était pas homogène, comme cette matière contenait le principe de diverses substances d'inégales densités, possédant probablement des affinités variées, il en est résulté, à l'état solide, des produits différents d'aspect et de composition. Le talc paraît avoir dominé dans les premiers temps du refroidissement et avoir été remplacé par le mica, auquel le feldspath aurait succédé.

Par suite de cette différence de composition des premières couches solidifiées, on peut diviser le terrain primitif en trois classes, qui se présentent toujours en stratification concordante et qui sont, en allant de la surface au centre, c'est-à-dire suivant l'ordre de formation : 1° les *talcschistes*, 2° les *micaschistes*, 5° les *gneiss*.

Il n'est pas possible au géologue, on le comprendra aisément, de faire la description complète de cette enveloppe stratiforme et cristallisée dont la plus grande partie est, et sera toujours, soustraite à ses investigations.

Cependant, nous possédons deux moyens d'apprécier la nature des roches profondes.

Le premier consiste à préjuger, par le témoignage des roches éruptives sorties au travers des terrains primitifs et sédimentaires, de quelle nature pouvaient être en même temps, dans l'intérieur du globe, les masses en voie de solidification. Les laves projetées du foyer central à toutes les époques peuvent être considérées en effet comme les représentants minéralogiques des nouvelles couches qui, en se refroidissant, s'ajoutaient intérieurement à l'enveloppe solide. Or, l'apparition des roches d'épanchement et d'éruption correspondant à des époques distinctes de la série stratiforme, cette circonstance a permis de constater l'âge relatif de ces roches, qui est, pour les principales d'entre elles, dans l'ordre chronologique suivant : granite, porphyre, trachyte, roches magnésiennes, basaltes, laves modernes. On peut donc présumer que l'émission de l'une ou de l'autre de ces roches à la surface marque hypothétiquement l'époque de sa solidification interne.

D'après ce qui vient d'être dit, on comprendra que, si, arrivé à la base du gneiss, on perceait toutes les couches solides qui se trouvent au-dessous, on verrait probablement le gneiss passer au granite, celui-ci prendre peu à peu les caractères du porphyre, auquel succéderaient le trachyte, les roches magnésiennes, le basalte et les laves modernes.

Le second moyen que nous avons de nous faire quelque idée de la géologie interne nous est fourni, chose bien inattendue, par l'étude des météorites ou pierres qui tombent du ciel.

Ces pierres appartiennent à différents types, dont un géologue très-distingué de l'Aveyron, M. Boisse, a eu l'idée d'exprimer les relations en les supposant réunis en une sphère composée de couches concentriques, dont les plus denses occupent le centre, les moins denses la surface, et les autres toutes les parties intermédiaires.

Si l'on admet un pareil globe, il est tout naturel de le comparer au globe terrestre dont les couches successives ont, comme on sait, des origines différentes en rapport avec leurs positions actuelles ; or cette comparaison montre le parallélisme le plus surprenant entre les diverses couches terrestres et les couches les plus externes du globe météorique.

En présence de cette concordance, on est évidemment porté à supposer qu'elle se continue vers le centre, et par conséquent à reconnaître comme probable que notre globe renferme dans sa profondeur des roches successivement analogues aux divers types de météorites denses.

S'il en est ainsi, le centre du globe est riche en fer métallique, conséquence qui se trouve d'ailleurs confirmée par diverses considérations. Ainsi, l'on sait que Chladni expliquait par la présence du fer les phénomènes du magnétisme terrestre, et il fait remarquer que la densité de la terre, si notablement supérieure à celle que permettraient de lui assigner les roches que nous connaissons, peut être invoquée en faveur de cette manière de voir. Enfin, et sans que le fait soit encore absolument certain, il paraît bien que certaines roches profondes contiennent du fer métallique.

Une fois posées ces diverses considérations générales, abordons la description très-rapide de chaque étage du terrain primitif, en suivant, bien entendu, comme nous le ferons pour tous les terrains, l'ordre chronologique.

Étage des talcschistes.

Généralement, et à l'exemple de M. Cordier, on subdivise cet étage en *talcschistes phylladiformes* et en *talcschistes cristallifères*.

Le sous-étage de talcschistes phylladiformes est, par quelques géologues, réuni au terrain cambrien. Il est formé de couches non fossilifères renfermant les roches subordonnées, parmi lesquelles le porphyre, le quartzite, le pétrosilex, le gneiss leptynoïde, le calcaire talcifère, l'oligiste, etc., doivent être cités d'une manière toute spéciale.

Les roches subordonnées aux talcschistes cristallifères sont la protogine, qui forme quelquefois des pics et des montagnes très-élevées, telles que la chaîne du mont Blanc, puis le pétrosilex, la serpentine, l'euphotide, la variolite, la sélagite, le calcaire, le gypse, divers minerais de fer, etc.

C'est à la présence de nombreux minéraux cristallisés que le sous-étage qui nous occupe doit son nom. Ces cristaux, dont le

volume est parfois très-considérable, prouvent qu'une très-longue période de tranquillité et une excessive lenteur de refroidissement ont présidé à leur formation.

Les deux sous-étages des talcschistes sont riches en métaux précieux. Les filons qu'ils renferment sont en général de nature plombifère et argentifère, mais l'or et le platine s'y montrent aussi. Les dépôts aurifères de l'Amérique du Nord proviennent, selon toute apparence, de la destruction des quartzites métallifères subordonnés aux talcschistes et peut-être aussi aux micaschistes.

Étage des micaschistes.

En France, on peut étudier cet étage sur divers points, et entre autres en Bretagne et en Auvergne.

Il occupe des étendues considérables et sa puissance atteint quelquefois 2,200 mètres.

Le quartzite et le calcaire sont les principales roches subordonnées aux micaschistes, qui contiennent en outre de la macline, de la diorite, de la dolomie, ainsi que diverses autres substances en petites couches ou amas, telles que le fer oxydulé, le gypse, l'amphibole.

On y trouve aussi de nombreux filons argentifères, aurifères, stannifères, ou simplement quartzeux.

Étage des gneiss.

Cet étage constitue dans presque toutes les régions du globe des montagnes et des dépôts immenses ; sa puissance est très-grande et peut aller, suivant l'estime de Cordier, jusqu'à former le quart ou le cinquième de l'écorce consolidée.

Les masses minérales qui y sont subordonnées offrent quelquefois elles-mêmes une assez grande puissance comme la leptynite, la pegmatite stratiforme, l'amphibolite, la diorite et le calcaire cristallifère, ainsi nommé à raison des nombreuses substances minérales cristallisées, corindon, spinelle, apatite, grenat, auxquelles il sert de gangue.

Pour l'agriculteur, l'étage du gneiss est stérile et ingrat, mais

c'est un des plus riches pour le mineur, qui y rencontre de très-nombreux filons métalliques. Cet étage contient de l'or (comme à la Gardette, en Dauphiné); de l'argent (en Saxe); de l'oxyde d'étain; du cuivre (en Suède), et de riches gisements d'oxyde de fer magnétique.

§ 2. — TERRAINS DE SÉDIMENT.

La deuxième grande classe de terrains est celle des *terrains de sédiment*, ainsi nommés parce qu'ils doivent évidemment leur origine à d'anciens dépôts de la mer.

Il est extrêmement digne de remarque que tous les caractères présentés par les dépôts qui se produisent aujourd'hui dans les eaux se retrouvent dans les terrains dont nous allons parler.

Le principal caractère des dépôts actuels est, comme on sait, de former des *couches* horizontales aussi vastes que le fond du bassin dans lequel ils se produisent; or il suffit de jeter les yeux sur une carrière quelconque, et par exemple sur l'une de celles qui sont si nombreuses autour de Paris, pour voir que les roches dont le sol est formé sont aussi disposées en couches parfaitement horizontales que l'on retrouve, sur d'immenses étendues, avec toutes leurs particularités.

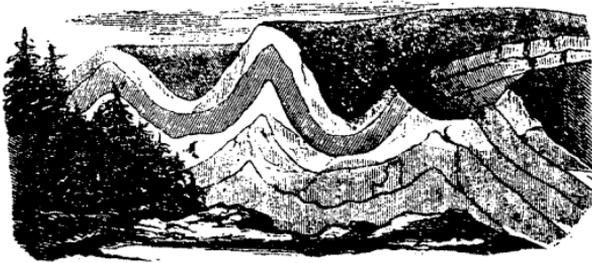


Fig. 1.

Dans beaucoup de pays, il est vrai, les couches dont il s'agit sont loin d'être horizontales, et, dans les montagnes, on les voit souvent diversement contournées (fig. 1) ou même parfaitement ver-

tiques. Mais, dans ce cas, comme nous le montrerons, le sédiment a subi depuis son dépôt une dislocation et un redressement dus aux forces très-énergiques qui résident dans la profondeur et qui se manifestent à nous par divers phénomènes, entre autres par celui des volcans.

Les dépôts actuels de la mer ne sont pas exclusivement formés par l'accumulation de matières minérales. Les animaux qui y existent contribuent après leur mort, par leurs parties solides et incorruptibles, à augmenter ces sédiments, et dans certaines régions la vase des mers est extrêmement riche en restes de mollusques (coquilles), de zoophytes (polypiers, oursins, etc.), ou d'autres animaux.

Eh bien, il en est de même des terrains stratifiés. Tous, au moins dans certaines de leurs parties, renferment des restes organiques, et il arrive même que ces débris y sont extraordinairement abondants. Le fait se présente dans les couches de pierre à bâtir des environs de Paris, qui sont littéralement pétries de coquilles.

Les restes organiques que renferment les terrains de sédiment ont reçu le nom de *fossiles*, nom qui avait naguère une acception beaucoup plus large et s'appliquait à toutes les substances qu'on extrait du sein de la terre.

Les fossiles sont de diverses natures. Il est rare que des animaux ou des végétaux entiers aient été conservés; toutefois on trouve, par exemple, des insectes complets dans certains échantillons de succin. Le plus souvent on ne recueille que des fragments des êtres que les fossiles nous font connaître. Pour les animaux, ce sont surtout des os, des dents, des écailles; pour les végétaux des feuilles, des tiges, des fruits, des racines. Ces organes sont le plus souvent profondément altérés, leur substance primitive ayant été modifiée comme il arrive pour le bois qui s'est transformé en houille, ou a été complètement remplacé par une substance toute différente, ce que montrent les troncs d'arbres changés en silex ou en opale.

Dans maintes circonstances, on n'a même plus les restes dénaturés, mais simplement des empreintes laissées soit par l'être organisé tout entier, soit par l'une de ses parties; ou la simple

trace des pas d'un animal; nous aurons l'occasion d'y revenir.

On doit encore rapporter aux fossiles certaines empreintes d'un genre tout différent et qui sont purement physiques : telles que la trace des gouttes de pluie, des rides de l'eau ou de la chaleur du soleil sur certaines roches qui constituaient dans des conditions convenables le sol des anciennes plages. Mais ce serait sortir de notre sujet que de nous arrêter à ces particularités.

Le rôle des fossiles en géologie est de première importance. Outre que leur présence rend parfaitement indiscutable l'origine sédimentaire des roches stratifiées, leur étude attentive permet d'établir une chronologie précise entre les diverses couches du globe et de dire que telle d'entre elles s'est déposée avant telle et après telle autre.

Ceci mérite d'être précisé.

Depuis que la vie s'est développée à la surface de la terre, à une époque qui a été antérieurement précisée (voyez le chapitre premier) les conditions n'ont cessé de se modifier sur notre planète. Il en est résulté que les animaux et que les plantes ont varié. Par exemple, à un certain moment la terre tout entière jouissait de cette température qu'on ne trouve plus aujourd'hui qu'entre les tropiques. Aussi, une végétation luxuriante couvrait-elle le globe d'un pôle à l'autre. Beaucoup plus tard, par suite d'une cause inconnue, un refroidissement très-considérable s'est fait sentir à tel point, que les Vosges étaient une région de glaciers, et que les rennes peuplaient le sud de l'Europe.

Il résulte de là que si l'on étudie les restes animaux et végétaux renfermés dans les diverses couches du sol et si, en même temps, on détermine la position relative de ces diverses couches, on pourra savoir laquelle est la plus ancienne et quel est l'âge relatif de toutes.

Cette étude, extrêmement difficile, a été poursuivie avec la plus grande activité, et aujourd'hui on peut donner une liste chronologique des principaux terrains, avec l'indication des fossiles les plus caractéristiques qu'ils renferment.

Terrain cumbrien.

Les terrains stratifiés les plus anciens, étant très-développés dans le Cumberland, ont reçu le nom de terrain *cumbriens*.

Leur puissance est très-considérable, mais on ne saurait l'indiquer avec précision. Les roches qui les constituent sont principalement des phyllades, alternant avec des grauwackes phylladifères, des grès, des anagénites, des lydiennes, et quelquefois avec de petits amas d'euritine, de quartzite, de phtanite, de calcaire, etc.

M. Sedgwick distingue les terrains cumbriens en *inférieur* et en *supérieur*, caractérisés par la présence de vestiges différents d'animaux et de plantes.

Au terrain cumbrien inférieur appartiennent les fossiles les plus anciens. On les rapporte, en général, à des bryozoaires. Nous citerons l'*oldhamia* et l'*eozone*.

L'*oldhamia* a été d'abord étudié par M. Forbes, qui lui a imposé son nom. Il a été découvert en Irlande, puis retrouvé dans plusieurs autres localités. M. Forbes le considère comme un zoo-phyte, tandis que M. Morris, et à son exemple M. Pictet, en font un mollusque bryzoaire.

L'*eozone*, dont le nom signifie aurore des animaux, a été découvert au Canada sur les bords de la rivière Ottawa, par MM. Dawson, W. Logan, Sterry Hunt et Carpenter. Il se présente sous l'aspect de sinuosités régulières dans lesquelles beaucoup de géologues se refusent encore à voir les vestiges d'une organisation. Quoi qu'il en soit, ce fossile que MM. Dawson et Carpenter rangent parmi les foraminifères, paraît être plus répandu qu'on ne l'imaginait d'abord. M. de Hochstetter a trouvé, dans le calcaire de Krummaw (Bohême méridionale), des nodules de calcite et de serpentine qui, d'après M. B. Carpenter (auquel M. de Hochstetter avait envoyé des échantillons), sont indubitablement des restes d'*eozone*. M. Gumbel, de Munich, en a trouvé aussi des traces dans le calcaire cristallin des montagnes de la Bavière, avoisinant les montagnes de la Bohême.

On voit, dans la galerie de géologie du Muséum, de très-vo-

lumineux échantillons d'eozone du Canada, et la collection particulière des terrains renferme, en outre, un spécimen de l'eozone de Bohême.

Les fossiles qui caractérisent le terrain cumbrien supérieur sont un peu plus nombreux et surtout plus nets. Nous citerons surtout *l'hymenocharis* et les *lingula*.

Ces derniers sont des mollusques *brachiopodes*, c'est-à-dire des mollusques dépourvus du *pied*, que présentent la plupart des autres, mais munis en échange de bras ciliés, tantôt extensibles, tantôt fixés, et qui sont souvent portés par une armature interne très-caractéristique. Les brachiopodes présentent presque tous une coquille dont la symétrie diffère essentiellement de celle des mollusques acéphales. Leur coquille est disposée de façon que le plan médian de l'animal coupe chaque valve dans son milieu, en sorte qu'il y a une valve dorsale et une valve ventrale. Dans les acéphales, au contraire, le plan médian du mollusque correspond au plan de séparation des valves, de manière qu'il y a une valve droite et une valve gauche. Il en résulte que le caractère normal des coquilles des acéphales est d'être ordinairement équivalve, et toujours inéquilatérale, tandis que les coquilles de brachiopodes ne sont jamais équivalves et sont toujours équilatérales.

Les *lingules* (fig. 2), dont le nom vient de leur ressemblance avec une langue, sont reconnaissables à leur coquille allongée, dont les deux crochets sont également creusés d'un sillon interne pour le passage du muscle qui retient les deux valves. La coquille est cornée, régulière, déprimée. On retrouve des *lingules* à l'époque actuelle.



fig. 2.

Terrain silurien.

Au-dessus des couches que nous venons d'examiner s'en placent qu'on désigne sous le nom de terrain *silurien*. Ce nom, dû à M. Murchison, tire son origine d'une petite peuplade celtique, les *Silures*, qui, à l'époque de l'invasion romaine, habitait le pays de Galles, où le terrain qui nous occupe a été d'abord étudié.

Ce terrain est surtout formé de phyllades subluisants, d'ampélites graphiques, de calcaires divers, d'un gris tantôt clair, tantôt bleuâtre ou noirâtre, à texture compacte et à structure fissile. Il y a aussi, dans le même terrain, des grès quartzeux, de la lydienne, des calcaires magnésiens, du gypse, de l'euritine et du silicate de fer, connu sous le nom de chamoisite, et qu'on peut exploiter comme minerais métalliques.

On attribue une puissance moyenne de 1,000 mètres environ, au terrain silurien que les géologues s'accordent assez généralement à diviser en *inférieur* et *supérieur*, qui correspondent à des ensembles bien différents d'êtres organisés.

Silurien inférieur.

Dans le terrain silurien inférieur, les fossiles sont extrêmement peu nombreux, ce qu'on peut attribuer à ce que la mer avait encore une température très-élevée, et dès lors peu favorable au développement de la vie.

Cette mer silurienne avait évidemment une immense étendue, et, cependant, on a la preuve que certains points du globe constituaient déjà des continents ou au moins des îles. En effet, pour ne citer qu'un exemple, la houille silurienne exploitée à Vallongo, en Portugal, n'a pas pu se former dans la mer.

La houille dont il s'agit dérive de plantes terrestres, mais le règne végétal était alors représenté surtout par des êtres marins, et notamment par des *fucoides*, dont on trouve fréquemment des empreintes.

Pour ce qui est de la faune, on voit de même qu'elle est essentiellement marine. Sauf quelques poissons, elle ne renferme que des êtres invertébrés, parmi lesquels il faut citer, surtout à cause de leur profusion, les étranges animaux qu'on nomme des *trilobites* (fig. 3).

C'étaient des crustacés qui se présentent habituellement sous la forme d'un bouclier ovale, composé d'articles divisés en trois parties par des dépressions latérales. Leur étude a été de la part de plusieurs savants, et surtout de M. Barrande, le sujet de travaux de la plus haute importance.

Presque tous les trilobites ont des yeux, et ces yeux sont réticulés, c'est-à-dire analogues aux yeux des mouches; plusieurs en sont dépourvus, et une espèce qui en a dans son jeune âge en manque à l'état adulte. Ceci n'est qu'un détail des métamorphoses compliquées qu'offraient les trilobites.

Les premières notions acquises sur ce sujet sont dues au comte de Sternberg; mais il était réservé à M. J. Barrande de mettre les

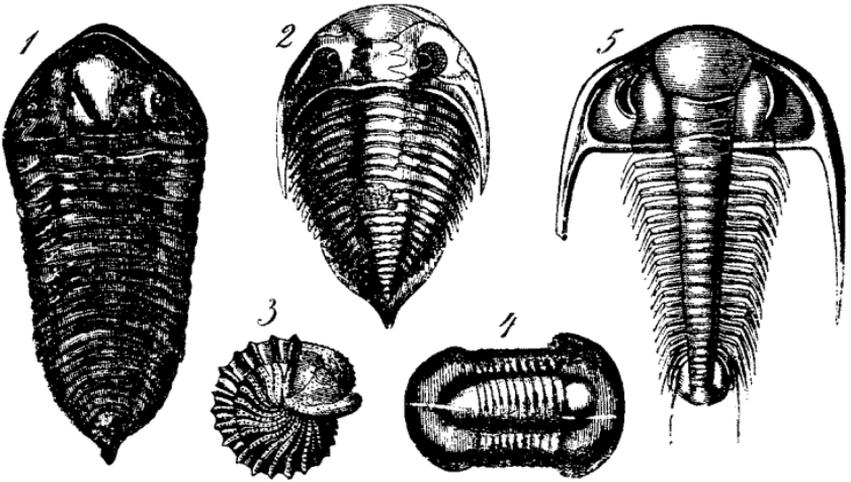


Fig. 5.

métamorphoses des trilobites hors de doute et de constater leurs diverses périodes. Ce savant, d'après l'étude d'un nombre considérable d'échantillons dus à ses incessantes recherches, a pu montrer que les divers genres présentent des différences marquées sous ce point de vue, et établir quatre types différents en ce qui concerne les changements de forme.

Les uns commençaient par une forme circulaire, discoïde, pour arriver à une forme allongée; leur tête, dans l'origine, ne se distinguait pas du thorax, où la segmentation était nulle ou réduite à deux autres anneaux. Par exemple, dans une espèce nommée *Sao hirsuta*, les dix-sept anneaux du thorax apparaissaient un à un. L'abdomen ou pygidium chez ces animaux ne commençait à exister

qu'à la fin de la période embryonnaire, et les ornements du test étaient relativement courts.

D'autres, au contraire, avaient tout d'abord leurs formes génériques. Les anneaux du thorax, primitivement indistincts, devenaient successivement libres. L'abdomen avait aussi des anneaux qui apparaissaient successivement.

Dans un troisième type, le thorax et l'abdomen, distincts dès l'origine, avaient à peu près la même apparence que dans l'adulte, mais prenaient l'un et l'autre de nouveaux anneaux.

Enfin, il existe un quatrième type qui avait, dès le début, un thorax complet, et dont l'abdomen distinct, mais imparfait, s'achevait peu à peu.

Il est possible, même probable, que certains genres n'aient pas eu de métamorphoses.

On a constaté dans certaines localités le mélange de débris de trilobites avec de petits sphéroïdes de couleur noire qui, très-probablement, ne sont autre chose que les œufs de ces crustacés.

La plupart des trilobites (peut-être tous) pouvaient s'enrouler autour d'une ligne perpendiculaire à l'axe du corps (voy. fig. n° 3).

On a supposé que ces animaux étaient des parasites, opinion peu vraisemblable. M. Burmeister, sans prouver sa manière de voir, admet qu'ils vivaient dans des eaux peu profondes et dans le voisinage des côtes.

Les trilobites les plus abondants dans le silurien inférieur appartiennent aux genres *Paradoxydes* et *Ogygia*.

Les *Paradoxydes* (fig. 3 n° 5) ont la tête grande, en fer à cheval, prolongée en arrière en cornes; le disque de la tête n'est pas perforé, le thorax a de seize à vingt anneaux. Les yeux forment un arc de cercle très-étendu sans réticulation apparente.

On donne le nom d'*Ogygia* à des trilobites qui diffèrent à première vue par la présence de cornes encore plus longues à la partie postérieure de la tête. Le thorax n'a plus que huit segments. Les yeux sont réticulés. Certaines espèces ont atteint une taille très-considérable : plus de vingt centimètres.

On trouve beaucoup de mollusques dans le silurien inférieur. Le *Lituites cornu arietis* est du nombre. C'est un céphalopode très-analogue par son organisation au nautilite, dont nous aurons plus

loin à parler. Dans son jeune âge, il lui ressemble même complètement, plus tard, le dernier tour de spire de la coquille cesse de se coller au précédent et s'en écarte en se rapprochant davantage de la ligne droite. Le nom de ce genre indique qu'on l'a comparé aux bâtons dont se servaient les augures (*lituus*). L'espèce qui nous occupe ici doit son nom spécifique à sa ressemblance avec une corne de bélier.

Enfin, nous devons citer les empreintes si abondantes surtout dans les ampélites, et auxquelles on donne le nom de *grapholithes* (voy. fig. 4).

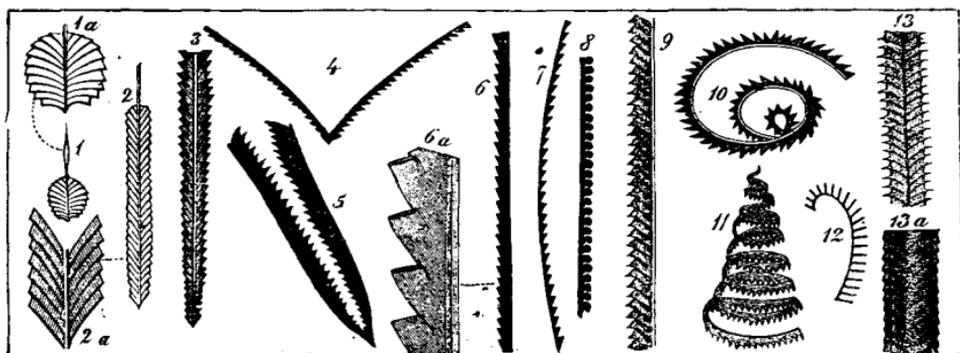


Fig. 4.

Ce sont des animaux qui, n'étant connus absolument que par leurs empreintes (la faune actuelle n'en renfermant pas), présentent des rapports zoologiques très-douteux. Cependant on s'accorde pour en faire des polypes aleyonaires.

Ils paraissent avoir formé des colonies allongées, étroites, plus ou moins aplaties, composées d'une tige en ligne droite ou courbe, tantôt dans un plan, tantôt en hélice. Sur cette tige sont des cellules disposées parfois sur une seule série latérale, parfois sur deux séries symétriques. Il est probable que la colonie était formée de polypes placés chacun dans une de ces cellules et communiquant avec une partie commune située le long de l'axe.

M. Pictet en a fait un historique dont il nous paraît intéressant de résumer les points principaux.

Le premier auteur qui paraisse avoir eu connaissance des graphtolithes est Bromel, qui, en 1727, les considéra comme des feuilles de gramen. L'opinion que ces corps sont des végétaux a été soutenue de nouveau en 1844 par Vanuxem et par Emmons. Le premier se fonde sur le fait qu'ils ne laissent d'autres traces de leur existence que du charbon, circonstance ordinairement caractéristique des plantes. En 1756, Linné a employé le premier le nom de *graphtolithus* avec cette définition : *petrificatum simulans pictura* ; mais il réunissait sous cette même définition, outre les vrais graphtolithes, des dendrites, des marbres veinés, des fucus, etc. Walhemberg, en 1821, émit l'opinion que les graphtolithes sont des céphalopodes cloisonnés ; mais cette opinion, quoique adoptée par divers naturalistes, est évidemment erronée. M. Quenstedt, après avoir partagé l'opinion précédente, a fait des graphtolithes des foraminifères ; mais cette idée ne paraît pas mieux fondée. C'est Nilsson qui, le premier, les associa aux polypiers, manière de voir généralement admise aujourd'hui et qui seule paraît pouvoir rendre compte de leur organisation.

Silurien supérieur.

On a proposé, en l'honneur du plus illustre géologue de l'Angleterre, de désigner sous le nom de *murchisonien* l'étage supérieur du terrain silurien.

Nous y voyons continuer le règne des crustacés trilobites, mais les espèces et les genres eux-mêmes sont changés ; les paradoxydes et les ogygies ont fait place aux *calimènes* (voy. fig. 5, n° 5).

Ceux-ci ont le corps ovalaire, la tête grande, présentant un bord frontal enflé et relevé. Les yeux sont peu développés et réticulés. Le thorax, composé de treize segments, a un axe saillant.

Les poissons sont devenus beaucoup plus nombreux ; nous citerons le *Ctenodus* et l'*Onchus*, appartenant tous deux à la sous-classe des *placoides* de M. Agassiz, comprenant les poissons à écailles plates (fig. 5). Le caractère général le plus saillant



Fig. 5.

de ces poissons est l'état cartilagineux du squelette à toutes les

époques de la vie. Ceci explique comment les restes fossiles sont presque exclusivement des dents (glossopètres) ou des rayons de nageoires (ichthyodorulithes).

Aussi le *etenodus* n'est-il connu jusqu'ici que par un petit nombre de dents en forme d'éventails, dont les côtés étaient dentelés ; l'onchus est représenté par des ichthyodorulithes de moyenne taille dont les faces latérales sont sillonnées longitudinalement de rainures, entre lesquelles se trouvent des côtes arrondies plus ou moins larges.

Parmi les mollusques, qui sont presque tous brachiopodes, il faut nommer le *Pentamerus Knightii* (fig. 6). C'est une grosse coquille dont la grande valve porte sur la ligne médiane une lame interne verticale qui, vers la moitié de sa profondeur, se sépare en deux lames divergentes de manière à laisser trois cavités séparées. La petite valve porte deux lames divergentes dirigées vers les précédentes.

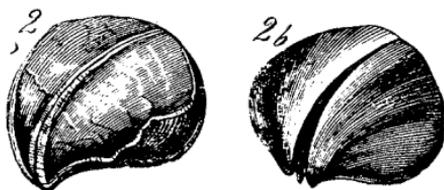


Fig. 6.

La flore offre surtout des fucoides et aussi quelques végétaux terrestres, origine de combustibles, tels que la houille de Saint-Sauveur (Manche).

Terrain dévonien.

Le terrain immédiatement postérieur à celui qui vient de nous occuper porte le nom de *dévonien* ; il a été étudié surtout par MM. Sedgwick et Murchison, qui en ont trouvé les types d'abord dans le Devonshire (d'où le nom de devonien), puis en Écosse.

On le divise en trois étages, appelés inférieur, moyen et supérieur, formant un ensemble de couches dont l'épaisseur atteint 2,400 et 3,000 mètres en Angleterre.

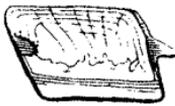
Comme celles des terrains précédents, ces couches sont d'ordinaire très-tourmentées.

Dévonien inférieur.

Le terrain dévonien inférieur, caractérisé par la présence de roches teintes par l'oxyde de fer, est connu des Anglais sous le nom de *Old red sandstone*, c'est-à-dire en français : de vieux grès rouge.

Parmi les fossiles, il faut citer d'une manière toute particulière des poissons fort nombreux, dont l'étude a fourni à M. Agassiz le sujet d'un de ses plus beaux travaux.

Le caractère le plus saillant de ces poissons réside dans la structure de leurs écailles, pareilles à de véritables plaques osseuses.



Ces plaques sont formées de deux couches superposées parfaitement distinctes: d'abord une couche osseuse, puis, par-dessus, une couche analogue à de l'émail (fig. 7). M. Agassiz a caractérisé ce fait en imposant aux poissons qui le présentent le nom de ganoïdes.



Fig. 7.

Le *Cephalaspis*, le *Coccostæus* et le *Pterichthys* sont trois types de ganoïdes qui doivent nous arrêter un moment. Ce sont des poissons à queue *hétérocerque*, c'est-à-dire divisée en deux

lobes très-inégaux, dont le supérieur, qui est le plus grand, comprend le prolongement de l'axe cérébro-spinal. Cette disposition est toute différente de celle que présentent la majorité des poissons dits à cause de cela, *homocerques*, leur queue étant placée symétrique-

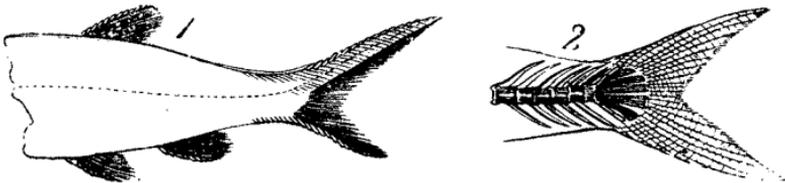


Fig. 8.

ment à l'extrémité de la colonne vertébrale. La figure 8 montre bien la différence de cette disposition. Chez les poissons qui nous occupent, la tête et la partie antérieure du tronc sont couvertes de plaques osseuses formant quelquefois une carcasse compliquée

et bizarre. La tête est plate et arrondie. Les nageoires pectorales manquent fréquemment et les ventrales n'existent jamais ; il n'y a presque jamais de caudale. Le squelette est très-simple et réduit presque aux parties périphériques. La queue, devenue le principal organe locomoteur par le peu de développement des nageoires, est ordinairement couverte d'écailles lisses et émaillées.

Le *Cephalaspis* a le haut de la tête couvert par un écusson unique, dont les côtés se prolongent en arrière comme les cornes d'un croissant. Les yeux, tournés en haut, sont placés sur le milieu de ce disque. Le corps est plus étroit que la tête et couvert de plaques allongées en séries transversales. La queue est prolongée en un long pédicule qui porte une nageoire hétérocerque. Il y a deux nageoires dorsales, une en arrière de la nuque, et une sur le pédicule de la queue, mais on ne voit ni nageoire ventrale, ni nageoire pectorale.

On donne le nom de *Coccostæus* à des poissons qui présentent une tête perpendiculaire. Leur bouche est grande, terminale et garnie de petites dents coniques égales. Les plaques qui couvrent la tête ne forment plus un écusson continu, mais on y observe un écusson dû à la juxtaposition de six plaques disposées symétriquement par rapport à la ligne médiane de l'animal. La partie antérieure du corps est protégée par une sorte de carapace que l'on peut comparer à un bonnet d'évêque dont la base serait tournée en avant. On y distingue aussi six plaques dont une énorme dorsale plus grande que la tête. La queue est longue et flexible.

Les *Pterichthys* forment un des types les plus bizarres que l'on connaisse et ne ressemblent à aucun poisson connu ; aussi ont-ils été pris dans l'origine pour des crustacés et des scarabées. Ils sont composés d'une tête très-petite qui s'élève comme un bouton sur le corps, d'une grande carapace composée de pièces distinctes, d'une queue cylindrique écailleuse et de nageoires pectorales en forme de deux ailes placées vers l'articulation de la tête et du tronc. Ils ont une petite nageoire sur la queue.

A côté des poissons on trouve des crustacés qui n'ont déjà plus la forme caractéristique des trilobites, mais qui cependant sont bien loin de représenter les types actuels. Le *Pterygotus* en est un des meilleurs exemples.

Les carriers écossais le désignent sous le nom de *Séraphin*, à cause de deux appendices qui ressemblent un peu à des ailes. Il est encore très-mal connu, et se caractérise par les grandes dents qui arment les diverses pièces de ses téguments.

La flore du vieux grès rouge est presque uniquement formée de végétaux herbacés. Cependant elle renferme des *conifères*, qui, dans l'état actuel de la science, sont les plus anciennes du monde.

Dévonien moyen.

Le terrain dévonien moyen renferme encore des poissons qui tous sont ganoïdes. L'*Haloptychius*, qui a environ 60 centimètres de long, doit être cité comme exemple.

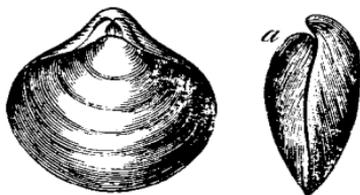


Fig. 9.

Parmi les mollusques on remarque surtout des brachiopodes, et particulièrement des térébratules, ou plutôt des *stringocéphales*, qui en sont très-voisins (fig. 9).

De très-nombreux coralliaires figurent dans la faune qui nous occupe (fig. 10).

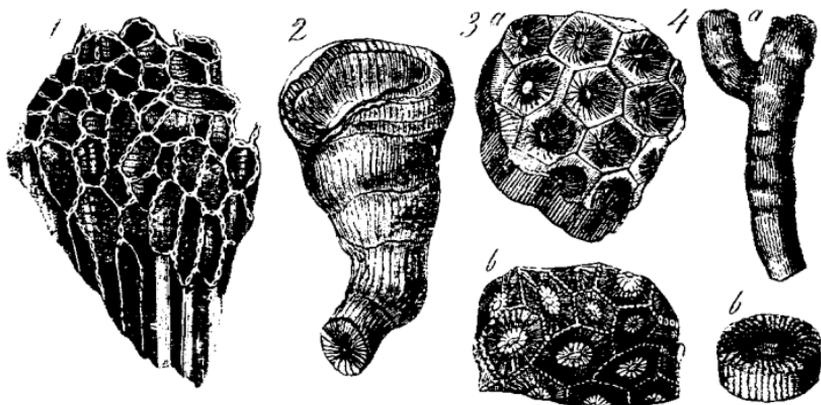


Fig. 10.

On appelle *cyatophyllum* (voy. figure 10, n° 2) des polypes simples ou composés à cloisons bien développées, s'étendant jus-

qu'au centre du calice, où elles se réunissent quelquefois en une apparence de columelle. Les espèces sont extrêmement nombreuses, mais beaucoup ne doivent être acceptées qu'avec réserve.

Dévonien supérieur.

Le terrain dévonien supérieur contient les restes du reptile jusqu'ici le plus ancien. C'est le *teletpeton*, que ses caractères ambigus placent entre les batraciens et les lacertiens. Jusqu'à présent on n'a trouvé de cet animal que des portions de colonnes épinières, depuis le milieu de la région dorsale jusqu'à la queue, en connexion avec des membres postérieurs incomplets ; une trace confuse de crâne, un fragment très-mal conservé de mâchoire inférieure et de fort petites dents. Celles-ci sont coniques et polies ; les vertèbres ressemblent à celles des salamandres par leurs arcs nerveux ; les caudales ont de très-longues apophyses. Les côtes, dont il y avait probablement vingt-quatre paires, sont minces ; leur attache avec la colonne épinière est indistincte ; elles sont notablement plus longues que dans les batraciens.

Des trilobites, tels que les *phacops*, représentent les crustacés. Ils diffèrent de tous les autres trilobites par leurs yeux, dont le tégument est identique avec le reste de l'enveloppe céphalique, mais réticulé, c'est-à-dire percé de trous par chacun desquels s'élève une cornée transparente, en sorte que la surface visuelle est bosselée. Leur corps est ovalaire, et le thorax offre le caractère constant de compter 11 segments.



Fig. 11.

Parmi les mollusques, les *goniatites* occupent le premier rang par leur abondance (voy. figure 11, n° 1). Ce sont des céphalo-

podés à coquille externe, différant des ammonites, qui nous occuperont bientôt, en ce que les cloisons qui séparent les diverses concamérations de la coquille ne sont pas ramifiées, et que même les lobes dessinés par les cloisons ne sont pas dentelés comme chez les cératites.

Leur coquille est régulièrement enroulée, à tours de spire souvent embrassants et au moins contigus.

A ces fossiles marins se mêlent des coquilles d'eau douce comme les *anodontes*, bivalves caractérisés, ainsi que leur nom l'indique, par l'absence de toute dent à leur charnière.

La flore du terrain dévonien supérieur renferme des fougères qui doivent être considérées comme l'aurore de la végétation carbonifère.

Les *lépidodendrons* ont toutes les formes extérieures des lycopodiacées actuelles, et même des vrais lycopodes, avec des dimensions beaucoup plus considérables. Leurs tiges sont recouvertes de mamelons rhomboïdes (fig. 12) qui leur donnent une apparence

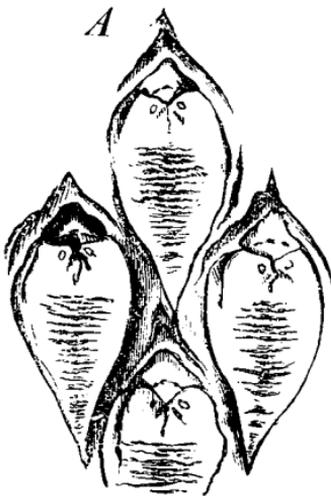


Fig. 12.

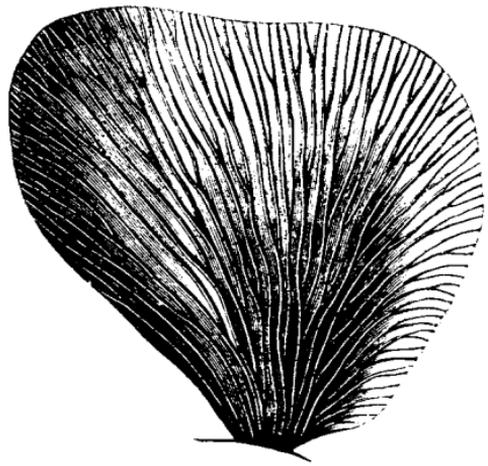


Fig. 15.

écailleuse, et à laquelle fait allusion le nom de la plante. Ces tiges sont très-souvent bifurquées et portent un très-grand nombre de feuilles ; elles se terminent parfois à la partie supérieure par un

gros épis désigné sous le nom de *Lepidostrobus*, et qu'on n'a pas su pendant longtemps rapporter au végétal qui le produit.

Les *Cyclopteris* (fig. 15) sont des fougères dont les feuilles simples, entières, suborbiculées, présentent beaucoup de nervures. L'espèce du terrain dévonien est une plante gracieuse dont les feuilles sont en forme d'éventail.

Aux divers étages du terrain dévonien se rapportent le marbre des Pyrénées, connu sous le nom de *Campan*; les gîtes de houille et d'anthracite, de la Loire-Inférieure, de Maine-et-Loire et des Asturies; enfin les célèbres amas de calamine ou minerai de zinc de la Vieille-Montagne, en Belgique.

Terrain carbonifère.

Le terrain *carbonifère* fait suite au dévonien. On s'accorde généralement à le diviser en trois étages qui sont, du plus ancien au plus récent: le *Calcaire carbonifère*, le *Mill stone grit* et le *Coal measures*. Ces deux derniers sont très-souvent réunis en un seul sous le nom d'étage houiller.

Calcaire carbonifère.

Le *Calcaire carbonifère*, d'une puissance moyenne de 400 à 500 mètres, est ordinairement représenté par un calcaire compacte, quelquefois grenu, fréquemment traversé par des veines de carbonate de chaux spathique. Il donne par le frottement une odeur fétide; sa couleur, grisâtre, bleuâtre ou noirâtre, paraît due à des matières charbonneuse ou bitumineuses et disparaît sous l'action de la chaleur.

Les marbres de Belgique, connus sous le nom de marbres des Écaussinnes et de petit granit, sont fournis par le calcaire carbonifère. Les veines qu'ils présentent sont dues aux polypiers et aux encrines, dont ils renferment les restes en abondance.

Les principales roches subordonnées au calcaire sont des lits de silex noirs, du peroxyde de fer globulaire, de l'anthracite, du

bitume, de la fluorine, de la barytine, enfin du calcaire magnésien qui y forme souvent des couches fort épaisses.

En Angleterre, cet étage est très-développé. Il y constitue des montagnes assez élevées, ce qui lui a fait donner le nom de *mountain limestone*; il renferme dans cette région des filons et des amas de diverses substances métalliques qui sont l'objet d'exploitations avantageuses; tels sont le sulfure de zinc, la galène, etc.

Les fossiles sont extrêmement nombreux.

On y connaît plus de soixante-dix espèces de poissons, qui constituent d'ailleurs à peu près toute la faune vertébrée de cette époque.

Les mollusques céphalopodes sont nombreux : les goniatites et les *orthoceratites* abondent dans diverses couches.

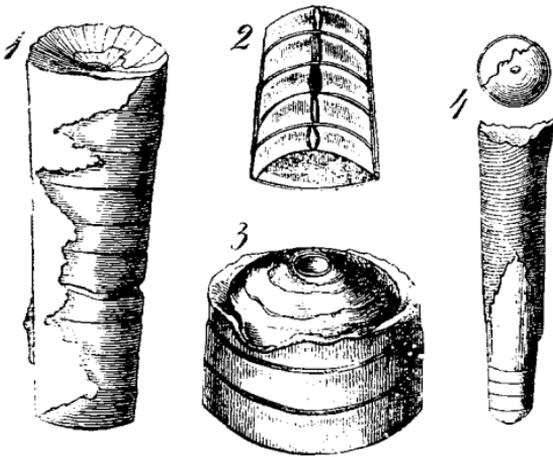


Fig. 11.

Ces derniers (voy. figure 14) sont remarquables par la forme de leur coquille, qui est celle d'un cône droit et se rapproche, pour l'apparence, de certaines belemnites. Elle a quelquefois des dimensions considérables : on en trouve qui ont eu probablement jusqu'à dix ou onze pieds de longueur.

Divers gastéropodes existent dans le calcaire carbonifère; le principal est le *Bellérophon*, que l'on peut regarder comme tout à fait caractéristique (voy. figure 15). Ce mollusque présente une

coquille parfaitement symétrique, enroulée sur elle-même, rappelant le test des nautilus, mais en différant par l'absence de cloisons. C'est à cause de cette apparence que beaucoup de paléontologistes ont rapproché les bellérophons des céphalopodes. D'ailleurs, on n'est pas encore absolument fixé sur la place qui leur convient : quelques savants le font des ptéropores.



Fig. 15:

Les *pleurotomaria*, qui sont de belles coquilles coniques enroulées en spirale nous font connaître que, dans les points où elles se trouvent, la mer était peu profonde et que la lumière y pénétrait en abondance. On ne saurait expliquer autrement la vivacité des couleurs dont elles sont teintes encore aujourd'hui après la longue période de leur enfouissement. Les formes de ce genre sont très-variables, mais on les reconnaît à la fente latérale que présente le labre.

Des brachiopodes sont ici en grand nombre. Les *productus* et les *spirifer* doivent être spécialement cités.

Les animaux désignés sous le nom de *productus* diffèrent de tous les brachiopodes par l'absence de support interne. Ils ont une coquille ovale transverse, très-inéquivalve, auriculée. La grande valve est très-convexe, terminée par un crochet recourbé sans ouverture. La petite valve est operculiforme, concave et embrassée. La charnière est linéaire, droite, formée de deux dents sur la grande valve et d'une dent simple ou trifide sur la petite.

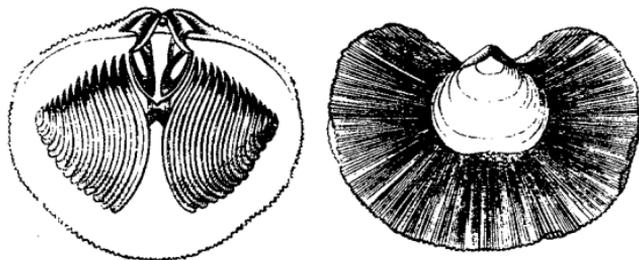


Fig. 16.

Les *spirifer* doivent leur nom à ce que la petite valve de leur coquille porte pour chacun des bras une armure compliquée for-

mée principalement d'une lame testacée enroulée en une longue spirale très-caractéristique (voy. figure 16). La coquille est fibreuse, souvent triangulaire, très-bombée; la charnière en est souvent longue et linéaire; elle est pourvue, de chaque côté de l'ouverture de la grande valve, d'une dent qui entre dans une fossette de la valve opposée.

Mill stone gritt.

Au point de vue lithologique, le *Mill stone gritt*, dont le nom signifie *Grès pierre à moulin*, nous offre des psammites et des arkoses dont les couches sont séparées de temps en temps par des lits plus ou moins épais de houille.

Les fossiles sont extrêmement peu nombreux et ne doivent pas nous arrêter.

Coal measures.

L'étage du *Coal measures*, ou terrain houiller proprement dit, doit ce nom à la présence de la houille qui y prédomine d'une manière très-considérable. Les couches de combustible alternent avec des strates plus ou moins puissantes de grès divers et de schistes parfois bitumineux et inflammables, comme à Muse près d'Autun, par exemple.

Les principales roches subordonnées sont la sidérose, ou carbonate de fer, le pséphite, l'argile, l'argilite, le calcaire et la pyrite blanche, dont la présence dans la houille nuit à la qualité du combustible. On observe aussi, dans le même terrain, de la galène, de la barytine, de l'alun de plume, tel que celui qui est exploité à Liège, enfin du bitume, qui transsude assez souvent de la surface des blocs de houille extraits récemment.

On peut considérer le fer carbonaté comme une roche constituante de cette formation. Il est néanmoins beaucoup plus sujet à manquer que la houille. En France, excepté dans les départements de l'Aveyron et du Gard, il est rarement assez abondant pour être exploité avec avantage; mais ce minerai est si répandu sur certains points de l'Angleterre, qu'il y alimente la plus grande partie des riches et nombreuses usines à fer de ce pays. Souvent il se

présente en rognons, à l'intérieur desquels il n'est pas rare de trouver des fossiles plus ou moins bien conservés.

Les dépôts houillers sont en général disposés par petits bassins isolés, dont nous étudierons la constitution dans le chapitre spécialement consacré à la houille. En Europe, ces bassins sont répandus surtout dans la région occidentale. La France seule en possède environ une soixantaine plus ou moins riches ; mais, dans d'autres pays, souvent les bassins ne sont pas ainsi indépendants les uns des autres : ainsi la longue bande houillère exploitée à Eschweiler, Aix-la-Chapelle, Liège, Charleroi, Mons, le Pas-de-Calais, les îles Britanniques, présente une continuité remarquable indiquant que les gisements appartiennent à un seul dépôt formé dans une même mer ou dans un même golfe, comme l'a judicieusement fait observer M. Élie de Beaumont.

Dans un même bassin le nombre des couches de houille est très-variable. On fixe à quatre-vingt-cinq celles qui existent dans le bassin de Liège. Quant à leur épaisseur, la moyenne ne dépasse guère 1 mètre. Cependant, sur quelques points, elles atteignent 4 à 5 mètres, et dans certains renflements, comme, par exemple, dans l'Aveyron, jusqu'à 50 mètres et plus.

Par suite de nombreuses dislocations, les couches de houille sont très-tourmentées ; elles se présentent fréquemment rompues par des failles, tantôt contournées, tantôt repliées sur elles-mêmes de manière à former des zig-zags, de sorte qu'un puits vertical peut traverser plusieurs fois la même couche (voy. figure 17.)

La puissance de l'étage houiller dépasse parfois 700 mètres, mais d'ordinaire elle n'en a que 200 à 300.

Parmi les fossiles que renferme ce terrain, il faut nommer en première ligne de très-nombreux végétaux, qui paraissent d'ail-

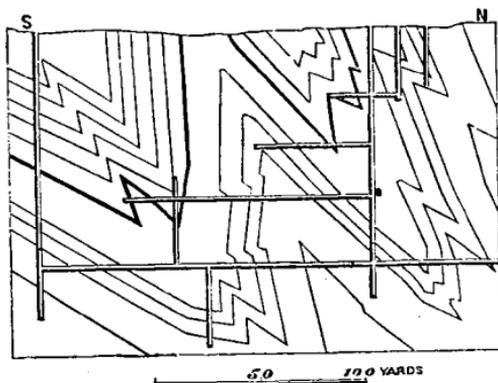


Fig. 17.

leurs avoir donné naissance au combustible par suite d'une décomposition spéciale.

Ce sont, pour ne parler que des plus importantes, des plantes appartenant aux familles des cycadées, des conifères, des fougères, des équisétacées et des lycopodiacées.

Parmi les cycadées, ou plutôt parmi des plantes très-voisines des cycadées, les *Sigillaria* occupent le premier rang. Ce sont, comme le montre la figure 18, de grands végétaux remarquables

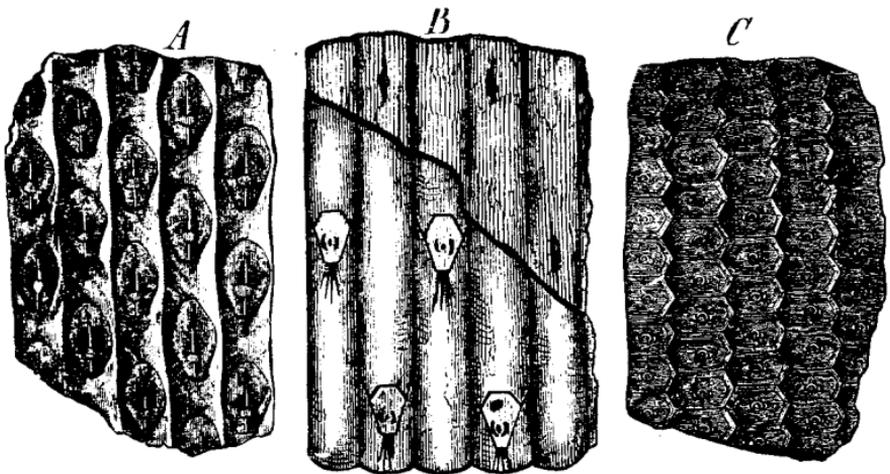


Fig. 18.

surtout par les impressions régulièrement distribuées que présentent leurs tiges. Ces impressions, dues à la présence de feuilles qui en portaient, rappellent l'empreinte d'un seau, et ont donné le nom à la plante.

Un autre végétal de la même famille est celui qu'on a désigné sous le nom de *Stigmaria* (voy. figure 19). Longtemps on a méconnu sa véritable nature, et on l'a regardée comme constituant le reste d'une sorte de cryptogame à fructification souterraine. Il est bien démontré aujourd'hui que les stigmaria ne sont autre chose que les racines des sigillaires. Toujours, lorsque le terrain n'a pas été remué postérieurement, elles gisent sous les végétaux en question. Tandis que ceux-ci entrent dans la constitution même des couches de houille, les *Stigmaria* sont localisées dans les cou-

ches d'argile sous-jacentes, appelées en anglais *under clay* (argile

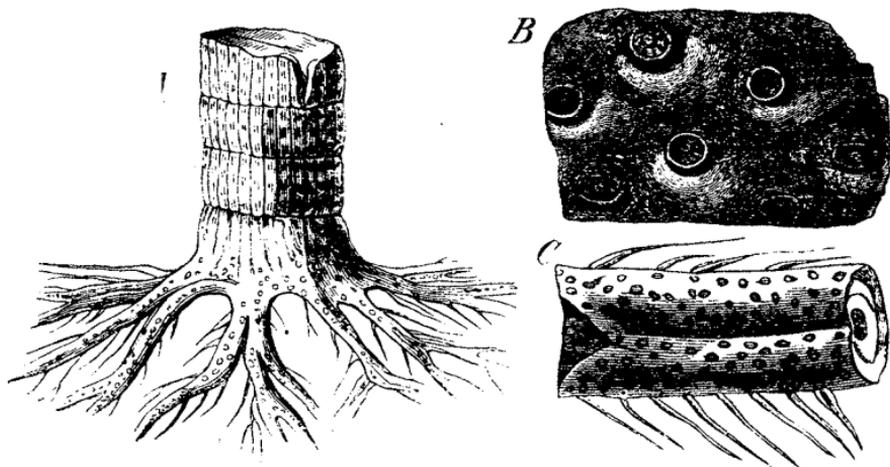


Fig. 19.

de dessous) à cause de cette circonstance. Les *Stigmaria* servent



Fig. 20.

même d'excellents indices aux mineurs pour reconnaître les allures des couches de combustibles qu'ils recherchent.

Les conifères du terrain houiller sont voisines de nos araucarias. Elles sont souvent remarquables par leurs très-grosses dimensions : certaines atteignent jusqu'à 15 mètres de hauteur. Citons comme exemples le *Dadoxylon* et le *Trigonocarpon*.

Les fougères houillères sont extrêmement nombreuses : on en compte plus de 500 espèces. Parmi les plus importantes, il faut citer d'une manière spéciale les *Sphenopteris* (fig. 20) et les *Ner-ropteris* (fig. 21). Ce sont des arbustes de la plus grande élégance,

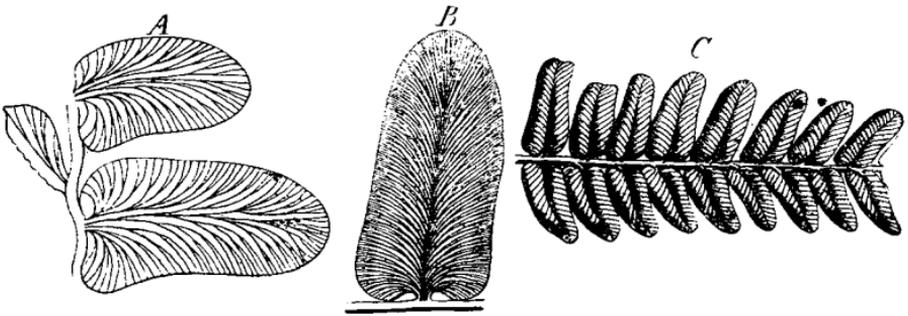


Fig. 21.

très-analogues entre eux et caractérisés surtout, soit par la forme de leurs feuilles, soit par la disposition ou la richesse de leurs nervures.

Les *calamites* (fig. 22 et 25) représentent les équisétacées de la période houillère. Ce sont des végétaux dont, à la dimension près, nos *prèles*, ou queue de cheval, peuvent donner l'idée. Comme chez ces dernières, leur tige creuse est réduite à une sorte de gaine très-mince articulée de distance en distance : souvent cette enveloppe, après avoir admis dans son intérieur des matières argileuses qui ont conservé sa forme, s'est transformée en véritable houille qui apparaît sous forme d'une couche d'une grande minceur. Plus ordinairement les troncs si frêles des *calamites* ont été aplatis et se présentent sous forme de plaques dont les dessins variés servent à caractériser les espèces diverses.

Le type des lycopodiacées est fourni dans le terrain que nous étudions par des *lepidodendron*, que nous n'avons pas à décrire, puisqu'il ne diffère que par des particularités de détail de l'ordre

du même genre signalé déjà dans la flore dévonienne (fig. 24).

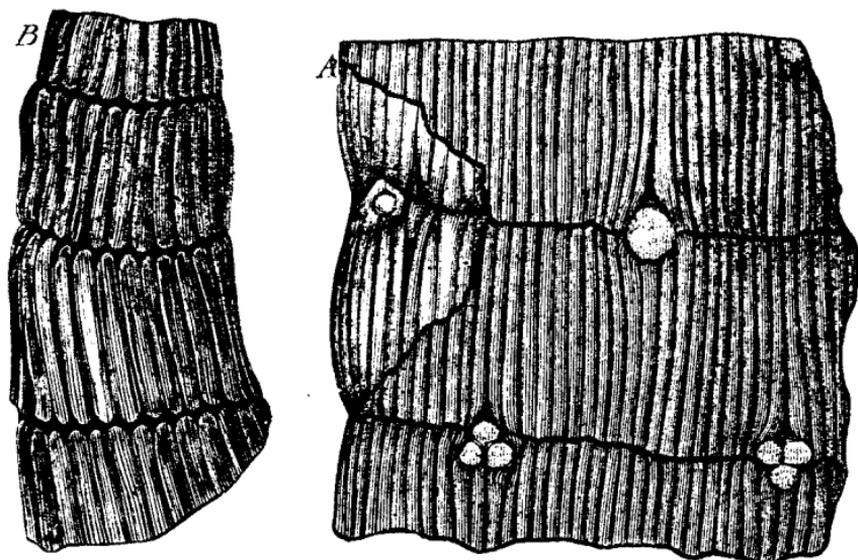


fig. 22.

Fig. 25.

La faune du terrain houiller n'est pas des plus nombreuses, mais on y remarque plusieurs animaux dignes d'intérêt.

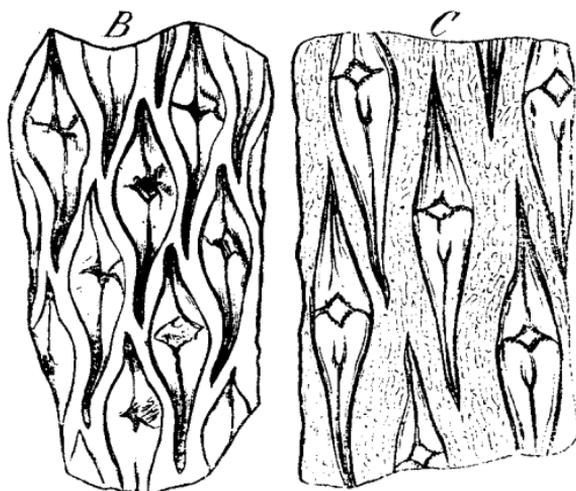


Fig. 21.

Les mollusques sont les uns d'eau douce et les autres marins.

Parmi ces derniers, on remarque des *spirifer* et des *productus*. Au nombre des premiers, nous citerons les *unios*, coquilles bivalves qui vivent actuellement encore dans nos étangs. Ils se rapprochent beaucoup des anodontes, dont ils diffèrent surtout par une charnière munie de dents.

Les articulés sont représentés par des insectes, des arachnides, tels que des *scorpions*, et des crustacés, comme les *cypris* et les *limules*. Nous aurons bientôt l'occasion de décrire les *cypris*. Quant aux *limules*, ce sont des animaux dont le genre n'est point éteint et qui se rapprochent, jusqu'à un certain point des *pterygotus*. Leur corps est divisé en trois parties, dont l'antérieure est de beaucoup la plus grande. Elle consiste en un bouclier céphalothoracique qui porte ordinairement en dessus deux yeux composés sessiles et deux yeux lisses. La seconde partie ou l'abdomen est moins longue et beaucoup moins large : elle a la forme d'un hexagone inéquilatéral denté sur les côtés. La troisième partie est une pièce styloforme très-allongée qui représente la queue.

La forme de la bouche constitue un des caractères les plus remarquables de ces singuliers animaux. La mastication s'opère par l'article basilaire des premières pattes, dont le bord est tranchant et denté. Ces pattes ont d'ailleurs, dans le reste de leur étendue, les caractères des membres ambulatoires et préhensiles ; on en compte six paires dont la première est la plus petite. Outre ces six paires de pattes proprement dites, qui sont didactyles, on en compte cinq converties en branchies.

Les poissons diffèrent peu de ceux du terrain précédent. Ce sont surtout des *Amblypterus* et des *Palæoniscus*.

Les *Amblypterus* sont fusiformes, à queue courte et proportionnellement très-grosse à nageoires larges et composées de nombreux rayons ; les écailles sont médiocres, lisses ou striées ; les mâchoires ont de fortes dents en brosse.

Les *Palæoniscus* ressemblent aux *amblypterus*, mais ont toutes les nageoires médiocres. La partie antérieure de la tête est ordinairement renflée ; les écailles sont presque toujours lisses.

Plusieurs reptiles figurent dans la faune houillère. Citons le *Cheirotherium* et l'*Archegosaurus*.

Le cheirothérium, ou labyrinthodon, sera décrit à l'époque triasique, où il était à son maximum.

Les *Archegosaurus* (fig. 25) ont une tête allongée, qui rappelle, dans quelques espèces, celle des crocodiles. Leur corps est couvert de petites écailles anguleuses; leurs pieds, assez semblables à ceux des protées, étaient terminés probablement par quatre doigts. Les côtes sont unies.

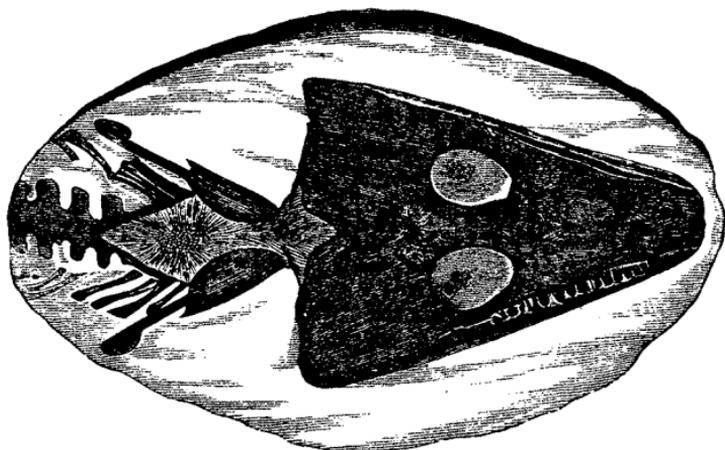


Fig. 25.

Il faut remarquer le système d'écailles très particulier qui recouvre leur corps. En arrière de la tête, sur la ligne médiane, on voit une grande plaque rhomboïdale allongée. De chaque côté de cette plaque, en est une autre terminée en arrière par une longue tige articulée dirigée en dehors et élargie à l'extrémité, que l'on a considérée comme la clavicule.

Les dents sont striées de profondes lignes longitudinales.

Terrain permien.

On donne le nom de terrain *permien* à des couches étudiées d'abord dans le pays de Perm, en Russie, mais qui existent dans une foule d'autres localités. Il est généralement divisé en trois étages, qui sont, en suivant l'ordre chronologique : le *nouveau grès rouge*, le *zechstein*, et le *grès vosgien*.

Nouveau grès rouge.

Le *nouveau grès rouge*, nommé ainsi pour le distinguer du vieux grès rouge dévonien, rappelle souvent l'étage des pséphites. Ces roches en sont, en effet, un élément dominant. Il atteint une puissance moyenne de 100 à 200 mètres.

Les fossiles y sont très-rares et presque exclusivement végétaux ; ils appartiennent surtout aux fougères et aux équisétacées et sont tellement analogues aux plantes houillères qu'il n'y aurait aucun intérêt pour nous à les décrire

Zechstein.

Le nom allemand de *zechstein* signifie en français pierre de mine, parce que cet étage est très-riche en minerais métalliques. Il renferme, notamment dans le Mansfeld, une couche peu épaisse, connue sous le nom de *kupferschiefer*, ou de schiste cuivreux, et remarquable par la présence simultanée de très-nombreux fossiles et de minerais cuprifères extrêmement variés.

Ces fossiles se rapportent surtout à des poissons appartenant à des genres qui nous sont déjà connus, tels que les *palæoniscus*.

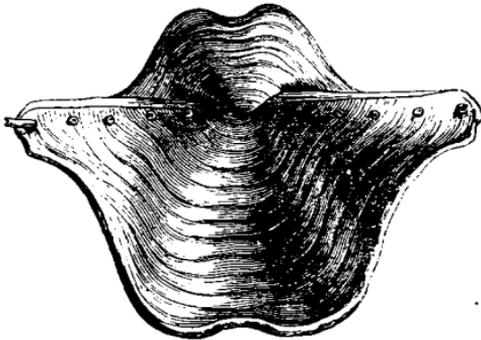


Fig. 26.

À part ces poissons, la faune du *zechstein* est fort peu riche et comprend quelques sauriens et des mollusques dont le principal est le *Productus horridus* (fig. 26).

La flore est fort analogue à celle de l'époque houillère, mais elle est moins riche. Les genres les plus caractéristiques appartiennent à la famille des conifères.

La *walchia* est du nombre. C'est un végétal dont la ressemblance générale avec les araucarias est frappante (fig. 27). Il a, comme eux, des tiges rameuses recouvertes d'écaillés pointues et

terminées souvent par le cône ; on a recueilli des spécimens de celui-ci à tous les états de développement.

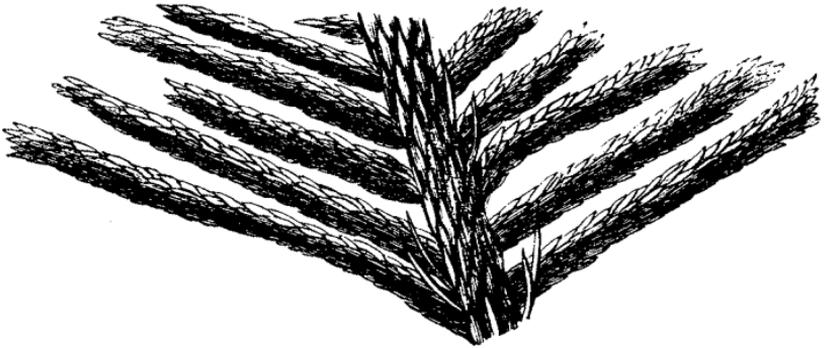


Fig. 27.

Une autre plante du même terrain est connue sous le nom de *næggerathia* et représentée surtout par des empreintes de feuilles fort larges et riches en nervures. Cette plante constitue une petite famille intermédiaire entre les cycadées et les conifères.

Grès des Vosges.

Le *grès vosgien* se compose de grès quartzeux généralement friable, à grains plus ou moins gros, faiblement liés par un ciment siliceux ou argileux et souvent coloré en rougeâtre par l'oxyde de fer. Il contient quelquefois des paillettes de cuivre et de petits grains de feldspath, soit intact, soit décomposé, et transformé ainsi en kaolin.

Ce terrain constitue toute la partie septentrionale des Vosges et présente une puissance qui dépasse quelquefois 150 mètres. Sur quelques points, et notamment dans les Vosges, il est traversé par des filons d'oxyde de fer assez riches pour être exploités. Ces filons sont accompagnés de carbonate, de phosphate et d'arséniate de plomb.

Jusqu'ici quelques débris de calamités constituent les seuls fossiles découverts dans le grès des Vosges.

Terrain du trias.

Le *trias*, qui fait suite au terrain permien, doit son nom à ce qu'on le divise habituellement en trois étages très-nettement caractérisés.

Ce sont le *grès bigarré*, le *muschelkalk* et les *marnes irisées*. Beaucoup de géologues réunissent les deux premiers en un seul, sous le nom de *conchylien*, et donnent à l'autre celui de *saliférien*; comme simplification, nous croyons devoir suivre cet exemple.

Étage conchylien.

L'étage *conchylien* doit ce nom à ce que beaucoup des roches qu'il contient sont riches en coquilles. Parmi ces roches il faut nommer le *muschelkalk*, dont le nom allemand a précisément la même étymologie. Remarquons toutefois que certaines parties de ce terrain sont privées de fossiles et que beaucoup d'autres étages sont tout aussi conchyliens que celui-ci.

Au point de vue lithologique, il nous offre des grès et des calcaires.

Les plus anciens fossiles consistent en simples empreintes physiologiques.

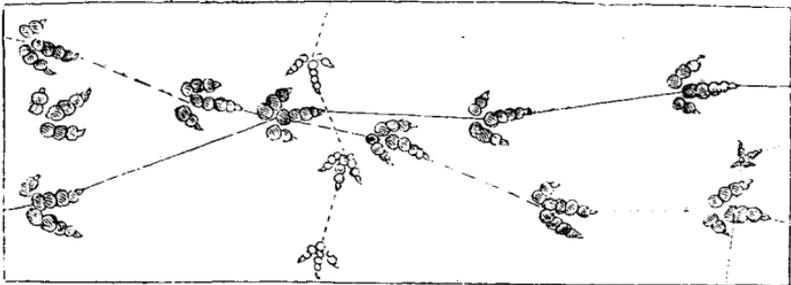


Fig. 28.

M. Hitchcock a signalé aux États-Unis, dans le grès bigarré, des empreintes de pas qu'il a nommés *ornithichnites*, parce qu'il les a rapportées à des oiseaux (voy. figure 28).

Dans les carrières de grès de Hildborghausen (Saxe), et dans des régions très-nombreuses offrant le même terrain, on a découvert des empreintes de pas appartenant à un animal inconnu, désigné d'abord sous le nom de *Cheirotherum*, déjà donné, comme on l'a vu, à un animal carbonifère.

Une circonstance qui rehausse l'intérêt de ces vestiges, c'est que le limon sur lequel marchait l'animal était assez plastique, non-seulement pour prendre et conserver la forme exacte des pattes avec leurs ongles, mais aussi pour saisir les inégalités de la peau avec autant de délicatesse qu'aurait pu le faire un mouleur habile (fig. 29).



Fig. 29.

On a d'abord pensé que le cheirotherum était un mammifère ; mais depuis, un certain nombre d'os ayant été découverts (la tête, le bassin et une partie de l'omoplate), M. Owen a émis l'opinion que cet animal était un batracien gigantesque. La structure compliquée de ses dents lui a fait donner le nom de *labyrinthodon*.

Le terrain conchylien contient divers poissons, dont le plus caractéristique a reçu le nom de *Placodus*. Il n'est connu que par sa dentiture. Les dents sont polygonales, à angles arrondis, et ont une surface aplatie et entièrement lisse.

Parmi les mollusques, les *cératites* et les *avicules* sont tout à fait caractéristiques.

Les *cératites* (voy. figure 11, n° 2) sont des animaux très-voisins des ammonites, mais dont les cloisons présentent des découpures plus ou moins profondes, obtuses et non ramifiées ; il est extrê-

mement difficile, peut-être impossible de les séparer nettement des goniatites. Leur coquille est toujours enroulée.

On appelle *avicules* (voy. figure 50, n° 5) des mollusques acéphales présentant une coquille nacrée à charnière linéaire formée par une ou deux dents calleuses très-souvent effacées. La valve supérieure est bombée, l'inférieure échancrée à sa base pour le passage du bysses.

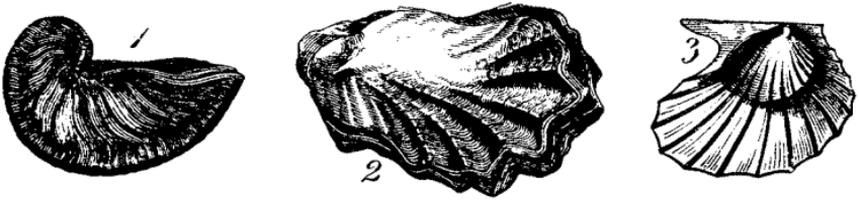


Fig. 50.

Les *encrines* sont les fossiles des plus remarquables du terrain conchylien. Ce sont des échinodermes qui présentent, sur une longue tige, composée d'anneaux nombreux, dont la face denticulaire est plus ou moins régulièrement rayonnée, un corps plus ou moins sphérique, pyriforme ou déprimé et des bras en relation avec les organes digestifs.

Les pièces de la tige ont été les premières connues, et on les désignait anciennement sous les noms de *trochites* et d'*entroques*, lorsqu'elles étaient isolées et ressemblaient à des disques

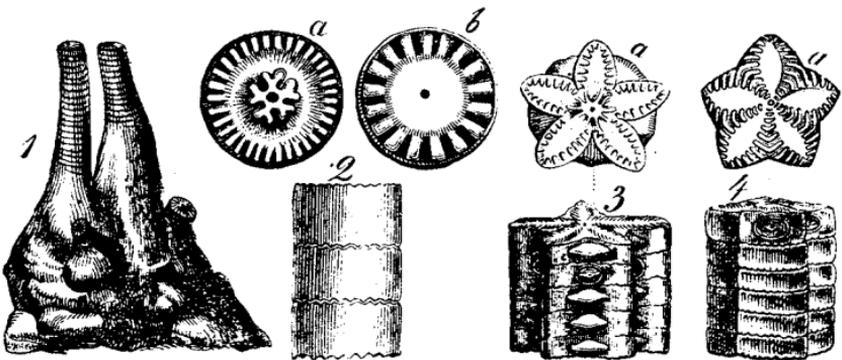


Fig. 51.

(voy. figure 51). Leur grande abondance dans certaines roches les avait fait remarquer de bonne heure ; mais leur véritable

signification fut longtemps inconnue. On les prit pour des vertèbres de poissons ou des polypiers, jusqu'à ce que Guettard eut décrit sous le nom de *palmier marin* l'échantillon célèbre de crinoïde vivant qui figure aujourd'hui au Muséum.

Les crinoïdes les plus complets sont composés de trois parties. La *racine* est destinée à fixer l'animal au sol ou aux corps marins, et doit nécessairement avoir une forme variable, suivant la nature de ces corps. La *tige* est plus ou moins allongée et composée, comme nous l'avons dit, d'articles empilés formant une colonne flexible. Ces articles sont ordinairement circulaires ou pentagones, et leur surface d'articulation présente des caractères utilisés dans la classification. Le *sommet* enfin, dont la forme rappelle souvent celle d'une fleur, est composé d'un calice, ou capsule, situé à l'extrémité supérieure de la tige, et revêtu de plaques articulées nombreuses et de bras qui partent en rayonnant des bords de cet organe. Le calice forme le vrai centre du corps, renferme les viscères et correspond à la partie centrale de l'étoile de mer. Il porte la bouche à sa face supérieure.

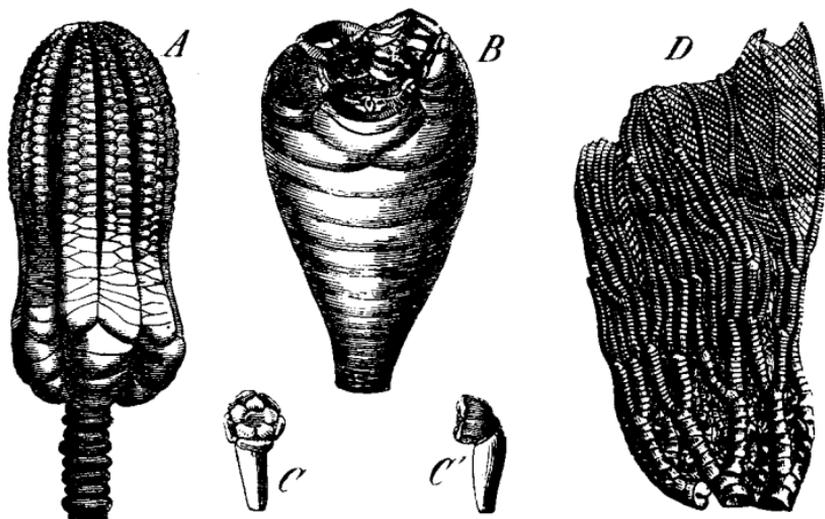


Fig. 52.

Les tiges et les bras sont formés d'une multitude de petites pièces articulées, et par conséquent l'animal total présente dans ses téguments une complication remarquable. Parkinson estime à

vingt-six mille le nombre des osselets de l'encrine lis (figure 52 A); M. Buckland a montré que dans une pentacrine briarée (figure 52 D), il y en a plus de cent cinquante mille, et M. de Koninck, qui a compté ceux d'un échantillon adulte de la même espèce, porte ce nombre à six cent quinze mille au moins!



Fig 55.

La flore conchylienne comprend des fougères, telles que l'*anomopteris*, des équisétacées comme le *calamodendron*, et des conifères, parmi lesquelles est une belle plante connue sous le nom de *voltzia* (figure 53).

Cette plante, qui formait la plus grande partie des forêts de cette époque, constitue un genre éteint de la famille des cupressinées. Les feuilles alternes, en spirale, formant cinq à huit rangs, sessiles et découvertes, ont beaucoup d'analogie avec celles des cryptogames. Les fruits sont des cônes oblongs à écailles lâchement imbriquées, cunéiformes et ordinairement à trois ou cinq lobes obtus.

Etage saliférien.

Le nom de l'étage *saliférien* est tiré de la présence du sel gemme, qui en constitue l'élément le plus caractéristique. On a vu qu'on le nomme aussi étage des marnes irisées, ce qui vient de ce qu'il est, en grande partie, formé d'argiles de nuances très-variées.

Sa puissance dépasse quelquefois 200 mètres.

Les principales roches subordonnées qu'il comprend sont du gypse, de l'anhydrite, des arkoses, de la houille maigre pyriteuse, des calcaires argileux, des dolomies, de la galène, du cuivre carbonaté; de la pyrite, de la limonite, etc.

Parmi les fossiles figurent des mammifères, les plus anciens de tous ceux qu'on ait signalés jusqu'à présent. Ils ont été découverts

dans le Wurtemberg, en 1847, par Plieninger, qui les a désignés sous le nom de *microlestes antiquus*. Avant cette époque, les plus anciens mammifères connus étaient ceux des schistes de Stonefield. On n'a jamais rencontré aucun individu de cette classe dans le fullers earth, ni dans l'oolithe inférieure, ni dans aucun membre du lias.

Le *microlestes* n'est jusqu'ici représenté que par quelques dents, et on a hésité quelque temps sur sa véritable place zoologique. M. Plieninger, considérant la double racine de cette dent, ses dimensions inégales, la forme et le nombre des protubérances qui garnissent les couronnes plates, émit l'opinion que ce devait être une molaire de mammifère, et qu'elle appartenait à un animal de proie, probablement à un insectivore ; c'est alors qu'il lui donna le nom qu'elle porte encore aujourd'hui et qui dérive de μικρός, petit, et ληστῆς, bête de proie. Quelque temps après, ce savant découvrit une seconde dent, qui présente six pointes, dont plusieurs sont d'ailleurs brisées. En examinant attentivement ses caractères, M. Waterhouse la rapporta à une molaire de la mâchoire inférieure ; du reste, elle n'offre, pas plus que l'autre, de particularités assez tranchées pour que l'on puisse dire à quel ordre appartient l'animal en question. M. Owen n'a pu lui-même lui reconnaître d'affinité avec aucun des genres nouveaux ou anciens qui lui sont connus.

Les reptiles sont nombreux dans l'étage saliférien : le *nothosaurus* et le *phytosaurus* peuvent être cités comme exemples. Les nothosaures ressemblent aux plésiosaures, que nous décrirons bientôt, par la longueur de leur cou, qui est composé d'au moins vingt vertèbres, par la forme de leurs membres et par la plupart des détails du squelette. Leur tête est étroite et les orbites sont rapprochés de la partie antérieure du museau. Leurs dents, nombreuses, sont minces, coniques, trois à cinq fois aussi longues que larges, toutes striées d'une trentaine de lignes qui se continuent jusqu'à la pointe.

Les phytosaures ne sont connus que par des fragments de mâchoires et des dents isolées. Les premiers montrent que l'animal avait un museau allongé comme ceux des gavials. Les dents, implantées dans des alvéoles complets, semblent démontrer que

la place de ce genre n'est pas loin de la famille des crocodiliens.

Parmi les poissons, le *Saurichthys* offre, comme son nom l'indique, des caractères qui le rapprochent des reptiles ; tels sont la forme et l'extrême développement des dents, tout à fait analogues à celles des sauriens. Ce sont des poissons hétérocercques, dont le régime était carnivore, et qui ont été évidemment des animaux extrêmement voraces et destructeurs.



Fig. 54.

Le *Gyrolepis* de M. Agassiz est caractérisé par des écailles ornées de stries concentriques (figure 54). Beaucoup de paléontologistes pensent que ce genre est formé, en réalité, d'espèces qui doivent être rapportées à l'*Amblypterus*, qui nous est connu, et au *Calabodus*.

A côté des *cératites*, que nous connaissons déjà, et qui continuent de prospérer dans la période saliférienne, apparaissent des céphalopodes peu différents connus sous le nom d'*ammonites* (figure 55). Ce sont des coquilles enroulées en spirale régulière dans



Fig. 55.

un plan et composée d'une série de chambres séparées par des cloisons et réunies par un long tube appelé syphon. L'animal habitait la dernière chambre et il pouvait injecter de l'eau dans les autres, de façon à devenir plus lourd que l'eau et à s'enfoncer. Ces coquilles ont été primitivement nommées cornes d'Ammon, du nom de Jupiter Ammon ; il paraît qu'on avait coutume de représenter ce dieu avec des cornes enroulées, et qu'on le révérait en Libye sous la figure

d'un bélier. La forme des ammonites et leur ressemblance approximative avec les cornes de cet animal auraient motivé cette comparaison. D'autres auteurs pensent que l'origine du mot de cornes d'Ammon vient de ce que les premières ammonites connues ont été trouvées dans le voisinage du temple de Jupiter Ammon. Quelques-uns enfin attribuent cette désignation à l'habitude que l'on avait de s'en servir dans le culte de ce dieu. Il paraît, d'après une lettre du père Calmette, qu'on l'emploie encore aujourd'hui dans l'Inde à des usages analogues, et que les sectateurs de Vichnou les considèrent comme des objets sacrés.

Les ammonites ne vivent plus aujourd'hui, de sorte qu'on ne connaît pas l'animal lui-même ; mais l'analogie des coquilles avec celles des nautilus permet d'admettre une ressemblance entre les animaux, et il est très-probable que les ammonites naviguaient à la surface des mers, comme le font aujourd'hui les nautilus et les argonautes.

Citons comme caractéristique un bivalve appelé *myophoria*, très-analogue aux trigonies, dont nous aurons bientôt à faire la description.

La flore saliférienne comprend surtout des fougères, des équisetacées, des cycadées et des conifères analogues à celles que nous connaissons déjà. Son caractère distinctif est d'offrir les premières monocotylédonées, d'ailleurs très-douteuses.

Terrain du lias.

Le *lias*, ainsi nommé du nom que donnent les ouvriers anglais à certaines de ses couches, s'est formé immédiatement après la période triasique. On le divise en quatre étages, qui portent les noms d'*infralias*, de *lias inférieur*, de *lias moyen* et de *lias supérieur*.

Nous les décrirons simultanément.

Au point de vue lithologique, ce terrain ne nous offre rien de caractéristique, mais il en est tout autrement en ce qui concerne les fossiles.

Le trait saillant de la faune liasique est l'énorme abondance de reptiles remarquables à la fois par leur grandes dimensions et l'étrangeté de leur organisation.

Les *Ichthyosaurus* étaient des reptiles éminemment aquatiques. Il est probable qu'ils ne quittaient jamais volontairement la mer, et, si un accident quelconque les rejetait sur la côte, ils devaient y rester échoués et immobiles comme les cétacés. Ils étaient admirablement organisés pour nager, et leurs mâchoires, fortement armées, indiquent qu'ils ont été des carnassiers d'autant plus redoutables que leur grande taille exigeait une nourriture abondante. Quelques espèces, en effet, ont dû atteindre une longueur de trente pieds. Une observation de M. S. Charring Peace d'un petit ichthyosaure compris dans un grand pourrait peut-être faire supposer que ces animaux étaient vivipares. D'après M. Pictet, les ichthyosaures sont caractérisés par la lourdeur de leurs formes. La tête est grande et allongée ; le museau est formé presque en entier par les intermaxillaires, les maxillaires sont relégués aux côtés de sa base ; les narines sont percées entre les naseaux ; les autres os ressemblent à ceux des lézards et des iguanes. L'œil est très-grand et protégé en avant par un cercle de pièces osseuses, qui rappellent ce qu'on trouve dans les oiseaux, les tortues et quelques sauriens. Il est probable que cet organe si développé a permis à l'ichthyosaure de voir clair la nuit ; de plus, sa longueur focale variant à la volonté de l'animal, il se transformait au gré de celui-ci en loupe ou en télescope.

Les dents sont coniques et ressemblent beaucoup à celles des crocodiles ; mais elles sont pleines à leur base, et, en outre, elles sont plus nombreuses, car on en trouve jusqu'à cent quatre-vingts. Elles sont assujetties dans un canal de l'os maxillaire, qui n'est point divisé en loges, mais qui est seulement marqué dans sa partie profonde de petites cavités alvéolaires rudimentaires. Les dents se remplacent comme chez les crocodiles : seulement, ces organes n'étant pas creux, la nouvelle dent ne se loge pas dans l'ancienne, mais y creuse simplement, par sa pression continue, une très-petite cavité.

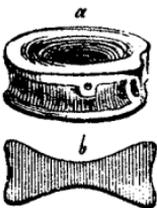


Fig. 56.

Les vertèbres sont nombreuses. Leurs corps sont fortement biconcaves et d'une forme discoïdale, étant courts par rapport à leur largeur (fig. 56). La queue est courte, presque toujours fracturée ou fortement dé-

viée, ce qui a fait penser à M. Owen qu'il y avait sur cet organe une nageoire tégumentaire. Les côtes sont minces et s'étendent depuis la vertèbre axis jusqu'aux deux premiers tiers des vertèbres caudales. Le sternum est très-développé et offre quelques-uns des caractères de celui des ornithorhynques et des monotères.

Les pattes sont au nombre de quatre et tout à fait en forme de nageoires. L'épaule, composée d'un omoplate, d'une clavicule et d'un os coracoïdien, a les caractères essentiels des lézards. L'humérus est court et solide ; les os de l'avant-bras sont aussi larges que longs et en forme de disques. Ceux de la main sont plats et disposés en séries qui correspondent aux doigts ; ils s'ajustent par leurs angles en forme de pavé et forment, comme dans les cétacés, une nageoire dont les parties ont dû avoir très-peu de mouvement les unes sur les autres. Le nombre de ces pièces est considérable ; les séries sont au nombre de cinq à sept, et chacune compte jusqu'à vingt osselets. On voit que la forme des pieds antérieurs des reptiles a été singulièrement modifiée. Les membres postérieurs sont organisés comme les antérieurs.

Le *Plesiosaurus* se distingue facilement de l'animal précédent par ses formes beaucoup plus élancées, son cou très-allongé, semblable au corps d'un serpent, et sa tête petite et moins fortement armée. Moins fort que l'ichthyosaure, il devait avoir plus de souplesse et d'agilité pour saisir sa proie, soit un peu au-dessus des eaux soit au-dessous de la surface, en plongeant sa tête et son cou long comme le font les cygnes aujourd'hui.

Encore plus que le genre précédent, le *Plesiosaurus* s'éloigne des formes actuelles de la création. Sa tête a des caractères de l'ichthyosaure, du crocodile et surtout du lézard. Ses dents sont grêles, pointues, un peu arquées et cannelées longitudinalement ; les postérieures sont les plus grandes, tant en haut qu'en bas ; elles sont implantées dans des alvéoles plus profonds que ceux de l'ichthyosaure.

Les vertèbres sont moins concaves et moins discoïdales que dans ce genre ; elles sont marquées en dessous de deux fossettes. Le cou égale presque en étendue le corps et la queue réunis : dans le *Plesiosaurus dolichodeirus*, il y a trente-trois vertèbres, nombre

supérieur à celui du cygne (qui en a vingt-trois), celui de tous les oiseaux dont le cou est le plus long. Les membres ressemblent beaucoup à ceux des ichthyosaures, mais ils sont encore plus grands à proportion ; les coracoïdiens sont très-développés et entraînent un allongement du sternum. Cette organisation prouve que les plésiosaures étaient aquatiques, et même qu'ils ont dû avoir beaucoup de peine à se traîner sur la terre.

Leur tête moins forte et leurs dents moins nombreuses peuvent faire penser qu'ils étaient moins carnassiers que les ichthyosaures. Ils ont dû rechercher les eaux plus tranquilles ; car, plus grêles et plus faibles qu'eux, ils étaient moins bien taillés pour résister aux vagues.

Les *ptérodactyles* présentent un rapprochement remarquable entre les caractères des sauriens et ceux des chauves-souris et des oiseaux ; aussi ont-ils été successivement classés avec les oiseaux, avec les mammifères et avec les reptiles. Un examen approfondi montre cependant jusqu'à l'évidence que leurs rapports avec les cheiroptères et les oiseaux sont plus apparents que réels.

Leurs dents, toutes égales et coniques, leur encéphale très-petit, leurs doigts à phalanges en nombre différent, leur sternum et leur épaule de reptile, etc., prouvent qu'il est impossible de les considérer comme des mammifères. L'existence même des dents, la brièveté de leur cou, la minceur de leurs côtes, la forme de leur sternum, la minceur de leur queue, le nombre de leurs doigts, etc., repoussent tout à fait l'idée de les réunir aux oiseaux.

Ces caractères, au contraire, les placent dans la classe des reptiles, dont ils ont tout à fait les pieds et en particulier le nombre de phalanges des doigts ; mais ils présentent le fait remarquable d'avoir eu de véritables ailes pour voler, circonstance qui ne se retrouve pas aujourd'hui dans cette classe. Les dragons seuls ont les membranes étendues, mais elles sont portées par leurs côtes, et dans aucun type actuel le membre antérieur ne prend une forme d'aile.

Celle qu'ils présentent est tout à fait nouvelle. Dans les oiseaux, les doigts, peu distincts et réunis, servent de base à des plumes. Dans les cheiroptères, quatre doigts s'allongent et portent des membranes, le pouce seul reste rudimentaire. Dans les ptérodac-

tyles, un seul doigt prend de très-grandes dimensions en longueur, et les autres restent courts et normaux.

Ces reptiles ont dû vivre à peu près à la manière des chauve-souris. La forme des dents et la grandeur de la mâchoire indiquent des animaux carnassiers, mais de force médiocre. Les plus petites espèces ont été sans doute insectivores ; les grandes ont pu saisir des poissons et de petits reptiles. La grandeur des yeux indique des animaux nocturnes. Les pieds postérieurs étaient assez forts pour que ces reptiles aient pu avoir une station analogue à celle des oiseaux et se percher sur les arbres. Les griffes de leurs pieds et les doigts courts de leurs mains ont dû leur donner la faculté de grimper le long des rochers.

Les poissons comprennent, entre autres, les *Lepidotus*. Ce sont de grands poissons, dont la forme générale rappelle celle des Cyprins. Ils sont épais, oblongs et corpulents ; leur tête est large et médiocrement longue ; leur dos et leur ventre sont bombés, et le pédicelle de leur queue a au moins le tiers de la largeur du tronc. Les mâchoires sont courtes et la bouche peu fendue. Les dents sont obtuses et étranglées à leur base.

Beaucoup d'insectes ont laissé leurs débris dans les roches liasiques. Les *libellules* sont trop connues par leurs genres actuellement vivants pour que nous croyions utile de les décrire en détail. Rappelons la forme allongée de leur corps, la grosseur de leurs yeux et la constitution de leur quatre ailes planes sans plis et soutenus par des nervures nombreuses.

Parmi les céphalopodes, nous retrouvons en grand nombre des ammonites. Elles sont accompagnées de restes d'animaux que nous n'avons pas encore rencontrés, et qu'on désigne sous le nom de *bélemnites* (fig. 57). M. Pictet fait à leur sujet un intéressant historique que nous croyons devoir résumer. Les bélemnites sont connues depuis fort longtemps, car on trouve déjà leur nom in

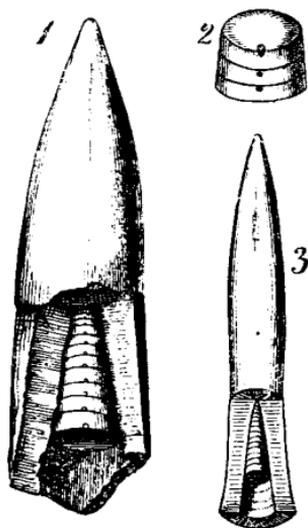


Fig. 57.

diqué en 1546 dans les ouvrages d'Agricola. Quelques auteurs font même remonter leur histoire jusqu'à Théophraste; mais la phrase de cet auteur qu'on invoque en faveur de cette manière de voir ne paraît pas se rapporter à ces fossiles.

Les opinions les plus bizarres ont été émises sur la nature et l'origine des bélemnites, et cela se comprend d'autant mieux que les fragments qui existent dans la plupart des collections ne représentent qu'une très-petite partie de l'animal. On ne trouve ordinairement qu'une portion du rostre, c'est-à-dire des corps cylindriques ou un peu aplatis, arrondis ou acuminés à une de leurs extrémités et fracturés à l'autre, qui présente souvent une cavité plus ou moins conique. Ces corps ont une teinte brune ou noirâtre et sont durs, pierreux et demi-transparents.

Voici, d'après le savant cité, les principales hypothèses qui furent avancées à leur sujet.

Quelques auteurs les ont attribués au règne minéral et n'ont pas su y reconnaître des corps organisés. En 1599, Imperato les décrivit comme des stalactites, Schutte, en 1761, Scheuzer, Woodward et Kuntmann, les envisagèrent comme des jeux de la nature ou des minéraux spéciaux; Rumph, en 1705, admit l'idée qu'elles étaient le produit de la foudre.

D'autres les placèrent dans le règne végétal. Vers la fin du seizième siècle, Mercati les regardait comme des dattes pétrifiées; Stobæus y voyait des débris végétaux; Libavius, en 1601, attribuait leur origine à du succin durci, opinion qui a été plus tard soutenue par Elsholtz.

La plupart des naturalistes reconnurent cependant, dans les bélemnites, des preuves d'une organisation animale. Déjà, en 1596, Césalpin soutint cette idée; mais les opinions les plus erronées furent successivement émises sur leur véritable nature.

Les uns les ont considérées comme des dents d'animaux vertébrés. Lwyd, en 1699, les décrivit comme des dents de narwall; Bourgnet, en 1742, et Formey comme des dents de cachalot; Cappeler, en 1740, crut plutôt y reconnaître celles des crocodiles. Lwyd, du reste, changea plus tard d'opinion, et les compara à des pinceaux de mer puis aux dentules.

Wolkmann, en 1720, les envisagea comme des épines ou des

vertèbres de poissons. Swedenborg, en 1722, prit leurs alvéoles pour des queues d'écrevisses. Klein, en 1731, Spada, en 1757, et Ritter, 1658, y virent des baguettes d'oursin. Lister, en 1678, paraît déjà avoir eu une idée analogue.

Bruckmann, en 1742, les compara aux mollusques perforants et en particulier aux pholades, et Tressau aux patelles. Titius crut y reconnaître des branches d'étoiles de mer. Wallerius, en 1747, y vit des holothuries pétrifiées ; cette idée fut soutenue plus tard par E. Bertrand. En 1765, Caret de la Tourette la combattit et s'efforça de prouver que les bélemnites étaient des polypes.

Quelques naturalistes ont cherché à rapprocher les bélemnites des vers. Cette opinion paraît avoir été celle de Linné, qui les inscrivit dans son *Systema naturæ* sous le nom de *Helmintholithus alcyonii lynceurii*. Helwing, en 1720, Erhard, Walch, Schrœter les ont comparés aux *tubulites* (dentales et serpules).

Ehrhard, en 1724, paraît être le premier qui ait vu dans les bélemnites des coquilles marines, voisines des nautilus et de la spirule, et qui ait conçu l'idée qu'elles s'accroissent par l'application de couches extérieures. Rosinus est probablement arrivé, de son côté, aux mêmes résultats, que Platt, en 1764, confirma et étendit. Breyn, en 1772, les réunit aux polythalamies, division qui comprenait alors les céphalopodes cloisonnés.

Quelques faits nouveaux ont été successivement ajoutés à leur histoire par Walch, en 1775, par Guettard, en 1785, et par Schnerter, en 1784. G. A. Deluc, en 1799, et Sage, en 1800, cherchèrent aussi à démontrer leur analogie avec les céphalopodes cloisonnés, mais en s'exagérant leur ressemblance avec les orthocères. Les travaux de Schlotheim, les monographies de Faure-Bignet et de Miller en firent mieux connaître les espèces. Faure-Bignet adopta les idées de Deluc ; Miller, en 1825, soutint l'idée que les bélemnites ont des coquilles externes seulement recouvertes par les replis ou lèvres du manteau.

Les recherches de de Blainville, en 1827, firent faire à la connaissance des bélemnites des progrès beaucoup plus importants. Ce savant zoologiste prouva le premier leur analogie avec les céphalopodes nus et décrivit une quantité considérable d'espèces. Les travaux de M. Raspail, en 1829, ne peuvent pas être mis en paral-

lèle avec ceux de de Blainville. Ceux de Voltz, en 1823, renferment de bonnes observations. On peut citer, depuis lui, des descriptions nombreuses dans les ouvrages de Rømer, Zieten, Quenstedt, Munster, Duval, etc.

Alcide d'Orbigny, dans sa *Paléontologie française*, a traité en détail de ces fossiles. Il a montré quelles devaient être les formes de l'animal, discuté ses caractères et ses habitudes probables, et a établi la connaissance des espèces sur une étude plus rigoureuse.

Enfin, M. Owen a publié, en 1844, un mémoire consacré à la description de quelques échantillons très-remarquables où l'animal tout entier est conservé.

Aujourd'hui, les bélemnites peuvent être considérées comme presque aussi bien connues que les céphalopodes vivants. Voici, toujours d'après le même auteur, les principaux faits acquis relativement à leur organisation.

L'osselet, ou coquille interne des bélemnites, était placé dans l'intérieur du corps comme ceux des seiches et des calmars, et s'étend aussi dans toute la longueur de la région dorsale. Les paléontologistes le subdivisent en trois parties, qui portent les noms de *rostre*, *d'alvéole* et *d'osselet corné*.

La première de ces parties, le rostre, est celle qu'on rencontre le plus souvent. Nous l'avons déjà décrite, et il n'y a plus à y revenir. Disons seulement qu'elle est formée d'une série de cônes emboîtés, dont les sommets ont été successivement la pointe postérieure de la coquille.

Le godet, ou cône alvéolaire, est le prolongement des bases. Il est corné, mais rempli par un appareil testacé qu'on a improprement appelé l'alvéole, et qui est un empilement de loges aériennes séparées par des cloisons en forme de verres de montre (voy. la fig. 57).

Chez les bélemnites, le corps était allongé comme dans les calmars. La tête portait huit tentacules qui avaient des crochets cornés sur une double série alternante. Chaque tentacule en portait quinze à vingt paires. Ils étaient peut-être munis aussi de ventouses et devaient former des organes de préhension redoutables. On a reconnu aussi les bases de deux longs tentacules qui ressemblaient vraisemblablement à ceux des calmars. La tête et les yeux paraissent avoir été semblables à ceux de ce genre. Les na-

geaires étaient semi-ovales et placées beaucoup plus en avant que dans ces mêmes mollusques.

Ils avaient à l'intérieur un sac à encre ovale, semblable à celui des céphalopodes vivants. L'encre est si bien conservée dans les échantillons décrits par M. Owen, que l'on peut s'en servir pour peindre. Elle a une teinte d'un brun très foncé.

« Si d'après l'étude de ces caractères, dit M. Pictet, on cherche à se faire une idée des habitudes des bélemnites, on arrivera aux conclusions suivantes : la forme des bras et des crochets indique des animaux qui ont dû saisir avec une grande puissance les poissons et les mollusques dont ils faisaient leur nourriture. La forme élancée du corps et la position des nageoires montrent qu'ils ont dû avoir une natation rapide, soit en avant soit en arrière. Les grandes espèces ont donc dû être de redoutables carnassiers ; car quelques-unes ont une taille considérable. On peut estimer que les plus grands bélemnites ont dû atteindre quatre pieds de longueur. Ces mollusques ont eu les mêmes moyens de défense que les céphalopodes nus actuels, c'est-à-dire que leur sac à encre leur permettait d'échapper à leurs ennemis par la faculté qu'il leur donnait de rendre, tout d'un coup, l'eau noire et opaque autour d'eau. »

Deux acéphales doivent nous arrêter un moment.

La *Gryphea arcuata* est tout à fait caractéristique ; elle présente une forme arquée très-remarquable. Les gryphées ne diffèrent des huîtres proprement dites que par la forme très-saillante et recourbée sur la ligne médiane des crochets de la charnière (voy. fig. 50, n° 1).

La *Lima gigantea* est une belle coquille qui ressemble beaucoup à certains *pecten*, dont elle diffère surtout par la charnière dépourvue de dents, et qui présente pour le ligament une grande fossette visible du dehors par suite de l'écartement des crochets.

Citons aussi l'*Avicula contorta*, qui ne diffère guère de l'avicule déjà décrite, et qui est tout à fait caractéristique de l'infralias.

Les encrines continuent de se montrer avec abondance dans ce terrain. Le *Pentacrinus bollensis* ou *Briareus* (fig. 52 D) est remarquable par des dimensions considérables, dont on peut juger par le splendide échantillon que possède la galerie de géologie du Muséum d'histoire naturelle.

Les fougères, les conifères et les cycadées constituent presque seules la flore liasique. .

Terrain jurassique.

On désigne sous le nom de *jurassique* un terrain très-développé dans le Jura, mais qui n'appartient pas exclusivement à ce pays, tant s'en faut. Il est très-puissant et en même temps très-complexe, ce qui a conduit à établir parmi les couches qui le composent un très-grand nombre de subdivisions.

Les géologues s'accordent tous à y distinguer trois grands étages principaux, désignés sous les noms d'*oolithe inférieure*, d'*oolithe moyenne* et d'*oolithe supérieure*. Ce nom commun d'*oolithe* est dû à la structure globulaire de la plupart des roches de ce terrain ; mais il faut bien remarquer que toutes les roches jurassiques ne sont pas oolithiques, et, d'autre part, qu'on trouve cette même structure dans les masses appartenant à des terrains différents.

Oolithe inférieure.

L'*oolithe inférieure* peut être considérée comme renfermant quatre grandes assises, qui sont ; la *grande oolithe*, formée surtout de calcaires madréporiques ; le *Bradford clay* (argile de Bradford), qui présente des argiles de nuances diverses ; le *forest marble*, composé de couches alternatives de sables et de calcaires coquilliers ; enfin le *corn brash*, ou terre à blé, consistant en argile et en grès calcarifères.

L'*oolithe inférieure* contient un très-grand nombre de fossiles, dont les plus remarquables sont des ossements de mammifères. Déjà nous avons rencontré un animal de cette classe, et cela dès le trias. Ceux auxquels nous arrivons maintenant sont, comme le précédent, des didelphes. On les désigne sous les noms d'*Amphitherium*, de *Thylacotherium* et de *Phascotherium*. Ils sont trop peu connus pour que nous pensions devoir nous y arrêter.

Parmi les reptiles, nous retrouvons le *Pterodactylus*, et nous voyons apparaître les *Teleosaurus*. Ce sont de grands animaux qui offrent beaucoup d'analogie avec les gavials modernes. Toutefois,

la forme biconcave des vertèbres et quelques autres caractères les en distinguent. Leur corps était recouvert par une armure plus solide que celle des crocodiles actuels, car elle était composée de plaques plus grandes, disposées de manière que le bord postérieur de chaque écusson recouvrait la base du suivant.

On peut conclure de ces caractères que les téléosaures avaient des mœurs à peu près analogues à celles des gavials, et que, comme eux, ils étaient aquatiques et vivaient de poissons.

L'*Acrodus* est le plus remarquable des poissons de l'oolithe inférieure. On n'en connaît que des dents, dont la surface est entièrement couverte de rides transversales. Ces dents ont été prises, par quelques anciens auteurs, pour des insectes et des vers.

Les mollusques sont très-nombrables. Outre les ammonites, les céphalopodes comptent des *Nautilus* (fig. 58), dont le genre figure dans la faune actuelle. Ils sont caractérisés par la position à peu près centrale de leur siphon, et surtout par la ligne simple ou ondulée, jamais découpée, suivant laquelle les cloisons rencontrent la coquille.

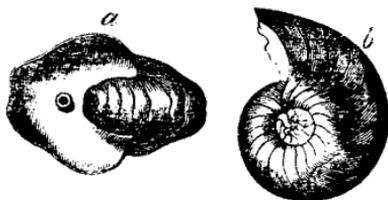


Fig. 58.

Les brachiopodes sont représentés entre autres par des *térébra-tules*, qui sont ici extrêmement abondantes. Leur coquille, régulière, présente une perforation de la grande valve. Les bras sont coudés et soutenus par un appareil calcaire fixé à la petite valve.

Les *Trigonia* doivent être citées parmi les lamellibranches. Elles sont caractérisées par leur charnière composée de dents cardinales oblongues, divergentes, souvent sillonnées. Les impressions musculaires sont doubles de chaque côté ; il y en a, en outre, une autre sous les crochets. La coquille est équivalve, inéquilatérale et parfaitement fermée.

Les animaux les plus abondants de l'oolithe inférieure sont les zoophytes, et parmi eux les *Eumonia*, qui constituent des massifs madréporiques identiques aux *Atolls* modernes.

Les atolls sont des îles remarquables avant tout par leur forme

annulaire, et qui doivent leur origine aux polypiers. Ces zoophytes retirent des eaux de la mer la chaux et la silice qui s'y trouvent à l'état de sels solubles. Pour s'accroître et se développer ils ont besoin d'être constamment baignés par les flots. Ils produisent sans cesse des dépôts calcaires : ces dépôts s'entassent rapidement et finissent par s'élever jusqu'à fleur d'eau. C'est alors que les épaves et les débris de toute espèce que la mer charrie, arrêtés par ces masses émergées, retenus sur ces îlots naissants, s'y déposent et les recouvrent d'une couche de terreau fertile sur lequel la végétation ne tarde pas à se développer, grâce aux semences que la mer et les oiseaux y transportent plus tard. Un très-grand nombre des îles de l'Océanie sont d'origine madréporique.

La flore de l'oolithe inférieure contient des fougères, des conifères, des cycadées, sur lesquelles nous n'avons rien à dire. On y voit aussi des *Pandanées*, qui doivent être citées d'une manière spéciale en raison de la singularité que présentent leurs racines, en grande partie aériennes ; elles portent l'arbre sur une sorte de piédestal, et lui donnent un aspect tel qu'on l'on pourrait croire qu'il a été déchaussé.

Oolithe moyenne.

L'*oolithe moyenne* comprend trois étages distincts : l'*argile de Kelloway* ; l'*Oxford clay*, appelé souvent *terrain à chailles*, à cause des nodules calcaires (chailles) qu'il contient en abondance dans certaines localités, et le *coral rag*, ainsi nommé de l'énorme quantité de coralliaires qu'il renferme.

En tête de la faune de ce terrain, figurent encore les reptiles.

L'*Hyleosaurus* paraît être plus voisin des caméléons et des scinques que des crocodiles et des varans. Il a été trouvé dans la forêt de Tilgate et devait atteindre une longueur de 25 pieds. Sa peau était recouverte par des écussons elliptiques ou circulaires sans imbrication.

Les *Ramphorynchus* diffèrent des ptérodactyles, dont les rapprochaient leurs ailes, par leurs mâchoires dépourvues de dents vers leurs extrémités antérieures, qui étaient probablement recouvertes par un bec corné.

Parmi les articulés, nous trouvons un grand nombre de crustacés.

Les *Eryons* se rapprochent beaucoup de la langouste actuelle. Ils sont remarquables par leur carapace très-élargie, presque carrée, plus longue que l'abdomen et fortement dentée en avant. Les antennes externes et internes sont petites; les premières recouvertes par une écaille. Les pattes antérieures sont aussi larges que la carapace, de grosseur médiocre et terminées par une pince à doigts grêles et arqués; les autres paires plus minces, plus courtes et également didactyles, sauf la dernière, qui n'a qu'un doigt. L'abdomen est aplati et terminé par une nageoire caudale.

De nombreux insectes pourraient être cités: ce sont des névroptères (*Libellula*), des hyménoptères (*Apis*), des lépidoptères et des hémiptères (*Cymex*).

Les ammonites et les bélemnites continuent de représenter les céphalopodes.

Les lamellibranches comprennent des *Gryphea dilatata*, qui ne diffèrent que par des caractères secondaires, et spécialement par une plus grande largeur de la gryphée arquée, déjà décrite.

On observe aussi une coquille très-remarquable par sa forme; c'est le *Diceras arietina*, dont le nom vient de ce que, par suite de la forme des deux valves, la coquille ressemble assez à une tête de bélier.

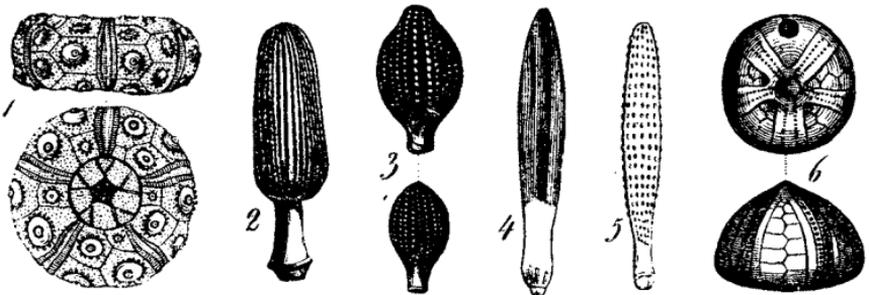


Fig. 59.

Parmi les échinodermes, mentionnons, outre les encrines, un très-grand nombre d'*Oursins* (fig. 59).

Des polypes et des spongiaires complètent cette faune, très-nombreuse.

La flore comprend surtout des cycadées et des conifères. On y a signalé aussi des fruits qui paraissent pouvoir être rapportés à des palmiers.

Oolithe supérieure.

L'*oolithe supérieure* comprend, pour la plupart des géologues : 1° l'*assise kimméridgienne*, formée d'argiles souvent bitumineuses, qui passent parfois au schiste et qui renferment çà et là de la houille impure ; 2° l'*assise de Portland*, surtout composée de calcaires suboolithiques ; et 3° l'*assise de Purbeck*, que beaucoup de savants subdivisent en trois étages.

Le fossile le plus remarquable de l'*oolithe supérieure* est, sans contredit, un oiseau qui constitue le plus antique membre de la seconde classe des vertébrés, et dont on a trouvé les restes dans les célèbres carrières de calcaires lithographiques de Solenhofen, en Bavière. C'est l'*Archeopteryx*, connu par un bel échantillon que le British Museum a acquis pour une somme de vingt-cinq mille francs.

Les premiers naturalistes qui l'étudièrent, et spécialement M. André Wagner, crurent avoir affaire à une sorte de ptérodactyle emplumé, et lui donnèrent le nom de *Gryphosaurus*. Mais le tibia, le fémur, le métatarse, les doigts, présentent bien le caractère ornithologique. Il en est de même des pièces des membres antérieurs, sauf que deux des doigts de l'aile sont pourvus d'ongles, tandis que chez les oiseaux actuels il n'y en a jamais plus d'un qui soit dans ce cas. Les côtes, plus grêles que chez la plupart des oiseaux, paraissent ne pas avoir eu d'apophyse récurrente, ce qui rappelle les reptiles et indique une respiration relativement peu active. Par sa longueur, la queue est d'un reptile ; elle est d'un oiseau par les plumes. Peut-être, au contraire, celles-ci manquaient-elles au tronc ; du moins, on ne trouve aucune trace de leur présence, ce qui, joint à la gracilité des côtes, indiquerait un animal dont la température propre n'aurait pas été beaucoup plus élevée que celle des reptiles.

D'autres animaux vertébrés appartiennent à la même formation.

Ce sont des mammifères didelphes, tels que le *Sphalacotherium*, qui ne diffèrent pas essentiellement des animaux du terrain précédent ; ce sont aussi des reptiles.

Ces derniers sont excessivement nombreux : le *Plesiosaurus*, le *Teleosaurus*, l'*Hyleosaurus*, que nous connaissons déjà, s'y mêlent à des sauriens nouveaux et à des tortues.

Les sauriens sont, entre autres, le *Macrorynchus*, qui paraît se rapprocher beaucoup des téléosauriens, et présente comme ceux-ci la tête allongée qui caractérise les gavials, et le *Pæcilopleuron*, l'un des êtres les plus redoutables de la création d'alors. C'est un animal de 25 pieds de long, trouvé en 1855 dans les environs de Caen. Les pattes, armées de 5 doigts, sont garnies d'ongles crochus d'une solidité extrême et construits évidemment pour retenir une proie.

Les tortues appartiennent surtout aux genres *Emys* et *Platemys* dont les représentants vivent encore aujourd'hui et qui sont essentiellement des animaux d'eau douce.

Parmi les articulés, nous devons citer tout spécialement les *Cypris* (fig. 40), petits crustacés remarquables par leur extrême abondance dans les couches du Purbeck.

Ils présentent ce caractère que leur corps est renfermé en entier dans une carapace bivalve, ovoïde ou oviforme, munie d'une charnière dorsale. Cette carapace peut se fermer complètement ; ouverte, elle laisse sortir l'extrémité des antennes et des pieds. Les *Cypris* n'ont qu'un œil qui est médian et seulement deux paires de pattes. Ils vivent dans les eaux douces. Les cythérées, animaux marins, en sont fort voisins et ne s'en distinguent pas toujours.

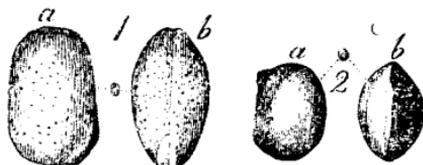


Fig. 40.

Les mollusques sont fort nombreux.

L'*Ostrea deltoidea* est tout à fait caractéristique des couches kimmeridgiennes. C'est une coquille grande comme la paume de la main et remarquable par sa forme très-nettement triangulaire. Elle est extrêmement voisine de l'huitre comestible d'aujourd'hui.

On appelle *Ostrea* ou *gryphæa virgula* une toute petite huitre

très-recourbée, de façon à ressembler à une virgule. Son abondance est extrême dans certaines couches.

Beaucoup de *Pheladomya* se rencontrent aussi dans cette formation. On les reconnaît à leur coquille oblongue et très-bâillante et à leur charnière dépourvue de dents. Le nombre des espèces est extrêmement considérable.

Ajoutons que les brachiopodes sont nombreux encore et surtout les térébratules.

Parmi les plantes, nous devons citer tout spécialement, outre des cycadées et des conifères, les premières monocotylédonées bien certaines. Elles appartiennent au genre *zostera*, de la famille des naïadées.

Terrain crétacé.

Au-dessus du terrain jurassique se trouve le terrain *crétacé*, que l'on peut diviser en deux grandes parties principales. L'inférieure a reçu le nom de *terrain néocomien*; l'autre s'appelle simplement le *terrain crétacé supérieur*.

Le nom de *crétacé* vient du nom latin *creta*, de la roche appelée *craie* en français, et qui est le plus caractéristique des terrains qui nous occupent. Elle ne se trouve que dans la partie supérieure du système, mais présente une grande épaisseur et s'étend sur de très-vastes étendues de pays.

Terrain crétacé inférieur ou néocomien.

On a donné à ce terrain le nom de *néocomien*, pour rappeler que le type en est parfaitement représenté aux environs de Neuchâtel en Suisse, ancienne *Neocomum*.

Les géologues y distinguent deux étages bien nets : 1° la formation wealdienne, formée de roches argileuses essentiellement grasses, et devenant marines sur quelques points restreints ; 2° le grès vert inférieur, constitué par des matériaux arénacés que la présence fréquente de la glauconie teint d'une nuance verte caractéristique.

Au point de vue paléontologique, le terrain néocomien fournit des faits abondants et variés.

Parmi les animaux, les reptiles frappent d'abord par leur très-grande fréquence. A côté d'êtres tels que le ptérodactyle, le plésiosaure et l'hyléosaure, apparaissent des sauriens nouveaux dont les plus remarquables sont l'*Iguanodon* et le *Mégalosauve*.

Le premier de ces animaux est connu principalement par une grande plaque qui fait maintenant partie de la collection du British Museum. M. Mantell estime que l'individu auquel elle a appartenu avait plus de 60 pieds de longueur, avec une circonférence de 14 pieds et demi. Ce reptile a dû être terrestre et herbivore. Ses dents présentent un caractère tout à fait spécial; elles s'usaient par la mastication en une surface plane, tandis que chez tous les autres reptiles elles conservent leur forme première, vu qu'elles ne servent ordinairement qu'à retenir la proie et non à la triturer. Ces dents ont une surface externe plate, couverte d'émail et ornée de trois carènes mousses longitudinales. Leur diamètre transversal ou leur épaisseur est un peu moins forte que leur largeur, et leur coupe horizontale forme un triangle, dont l'angle le plus obtus est dirigé en dedans. Leur couronne a des bords tranchants, fortement dentelés, qui rappellent un peu l'organisation des iguanes vivants, ainsi du reste que le rappelle le nom du reptile qui nous occupe.

Le *Megalosaurus* appartient à la même famille que l'iguanodon, mais sa denture l'en distingue complètement. M. Buckland a figuré une portion de mâchoire qui montre que la tête se terminait probablement en avant par un museau droit, mince et comprimé latéralement. Les dents, à leur naissance, sont droites, comprimées, dentées en scie sur leurs bords et en forme de pointe de sabre; à mesure qu'elles croissent, elles prennent une courbure en arrière, qui leur donne la forme d'une serpette, et l'émail dentelé se continue le long de l'arête postérieure ou tranchante de la dent, tandis que, du côté opposé, il ne descend qu'à une petite distance du sommet. Ces dents sont donc, comme celles de plusieurs reptiles et poissons, disposées de manière que la proie une fois saisie ne puisse plus s'échapper. Le mégalosauve paraît avoir été terrestre; il avait de 30 à 40 pieds de long.

Le terrain qui nous occupe renferme des poissons. Nous les connaissons déjà pour la plupart. Un *Lepidotus*, par exemple, qui est très-abondant ici, ne diffère que par des détails de l'animal du même genre signalé dans le lias.

Les crustacés, parmi lesquels abondent les *Cypris*, ne fournissent non plus rien de nouveau.

Les mollusques sont, les uns d'eau douce et les autres marins. Des *Paludina* et des *Melania* représentent les premiers.

Les *Paludina* sont caractérisés par une coquille mince, roulée en spirale, munie d'un opercule, c'est-à-dire d'une petite pièce habituellement cornée, qui en ferme l'entrée à la volonté de l'animal. Les *Melania* leur ressemblent beaucoup, mais la forme de la bouche est un peu différente, le lobe étant tranchant et les bords de l'ouverture buccale étant désunis. A la partie antérieure, on remarque ordinairement une dépression, qui est très-faible chez quelques espèces, et devient chez d'autres une profonde échancrure.

Parmi les mollusques marins signalons en première ligne les céphalopodes. Les ammonites nous sont déjà connus, mais les *Ancycloceras* constituent, pour nous, un genre nouveau. Ils ont une coquille enroulée d'abord en spire disjointe, puis se prolongeant en une longue crosse, toujours sans cloison. Sans doute qu'à toutes les époques de sa vie l'animal était logé dans un prolongement de cette nature, qu'il détruisait au fur et à mesure de son accroissement, sans cela il faudrait admettre des différences de formes entre l'animal adulte et le jeune, ce qui est peu probable.

Les acéphales nous offrent la *Perna mulleti*. Les pernes ont une coquille dont les deux valves sont un peu inégales ; leur charnière est linéaire, allongée, formée d'une surface plane, régulièrement divisée, et de dents sulciformes transverses, parallèles, non intrantes, sur lesquelles s'insère un ligament multiple.

Signalons aussi, dans ce même groupe, la *Gervillia anceps*, qui est extrêmement voisine de la *Perna* ; elle en diffère par sa charnière qui présente, outre les dents parallèles, des dents très-allongées et très-obliques, qui se recouvrent mutuellement.

La flore du terrain néocomien est peu connue ; on y remarque

surtout des végétaux terrestres, tels que les *Sphænopteris*, qui appartiennent à des genres représentés déjà dans les terrains précédents.

Terrain crétacé supérieur.

On distingue, dans le terrain crétacé supérieur, cinq ou six étages, suivant que l'on y laisse ou qu'on en retire le calcaire pisolithique, que beaucoup de géologues regardent comme étant tertiaire : nous adoptons aussi cette manière de voir.

Ces cinq étages sont, en allant toujours de bas en haut : 1° le *gault*, formé surtout de marnes d'un bleu foncé, qui n'a que 50 mètres environ d'épaisseur, mais qui s'étend sur des étendues considérables ; 2° la *craie chloritée*, appelée aussi *grès vert supérieur*, et qui doit sa nuance à de la glauconie ; 3° la *craie tuffeau*, plus ou moins marneuse ; 4° la *craie blanche*, qui a donné son nom au terrain crétacé tout entier, et qui, en Europe, se retrouve avec une épaisseur de 180 mètres de la Suède à Bordeaux et de l'Irlande à la Crimée ; 5° enfin, la *craie de Maestricht*, grisâtre, qui forme, sur les rives de la Meuse par exemple, une couche de 50 mètres de puissance.

Parmi les roches subordonnées nous devons citer la phosphorite, qui existe très-abondamment dans le *gault* et les *silex* qui forment, dans la *craie*, des lits dont l'étude est fort instructive.

Les mammifères sont représentés par une dent de *Stenorhynchus vetus*, découverte dans le New-Jersey.

Les reptiles offrent un *ptérodactyle*, trouvé dans le comté de Kent en Angleterre, et remarquable par ses grandes dimensions. L'envergure de ses ailes n'a pas moins de 5 mètres. Des tortues, appartenant surtout au genre *trionyx*, accompagnent ces fossiles avec lesquels se trouvent aussi les restes d'un très-gros animal, appartenant à la *craie de Maestricht*, et qui porte le nom de *Mosasaurus Camperi*.

On trouve, dans la *Terre avant le Déluge*, de M. Figuier, le récit curieux de la découverte et de la détermination de ce fossile. C'est en 1780 que l'on découvrit, dans les carrières de Maestricht, la tête du grand saurien que chacun peut voir aujourd'hui dans la galerie de géologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris. Cette pièce

célèbre dérouta toute la science des naturalistes, à une époque où la connaissance des êtres anciens était encore dans son enfance. Les uns y voyaient la tête d'un crocodile, d'autres celle d'une baleine : les mémoires et les brochures pleuvaient sans faire jaillir la lumière. Il fallut tous les efforts d'Adrien Camper, joints à ceux de Cuvier, pour assigner sa véritable place zoologique à l'*animal de Maestricht*.

La controverse sur ce beau fossile a trop occupé les savants de la fin du siècle dernier et du commencement du nôtre pour que nous ne la rappelions pas ici.

On sait que Maestricht est une ville de la Hollande, bâtie aux bords de la Meuse. Aux portes de cette ville, dans les collines qui bordent le côté gauche ou occidental de la Meuse, au milieu d'un massif calcaire qui correspond à l'étage de notre craie de Meudon, et renferme les mêmes fossiles, il existe une carrière de pierre à bâtir qui s'étend jusqu'à la ville de Liège. Cette carrière est remplie de produits marins fossiles, souvent d'un grand volume.

De tous ces débris fossiles, ceux qui durent attirer le plus les yeux des ouvriers occupés à l'extraction de la pierre et mériter l'attention des étrangers, ce furent assurément les os du gigantesque animal dont il va être question. L'un des curieux qu'attiraient habituellement dans cette carrière la vue et la découverte de ces étranges vestiges était un officier de la garnison de Maestricht, nommé Drouin. Il achetait aux ouvriers les ossements, à mesure que la pioche les dégageait de la carrière, et il finit par se former ainsi une collection que l'on citait avec admiration dans la ville. En 1766, le *Musée britannique*, ayant eu vent de cette curiosité, l'acheta et la fit transporter à Londres.

Excité par la bonne fortune de Drouin, le chirurgien de la garnison, nommé Hoffmann, se mit en devoir de recueillir à son tour un musée semblable, et il eut bientôt formé une collection beaucoup plus riche encore que celle de Drouin. C'est en 1780 que notre officier acheta aux ouvriers la magnifique tête fossile longue à elle seule de près de 2 mètres qui devait tant exciter la sagacité des naturalistes.

Hoffmann, toutefois, ne jouit pas longtemps de sa précieuse trouvaille ; le chapitre de l'église de Maestricht fit valoir, avec plus ou

moins de fondements, certains droits de propriété et, en dépit de toutes réclamations, la tête du *grand crocodile de Maestricht*, comme on l'appelait déjà, passa aux mains du doyen du chapitre nommé Godin.

Ce dernier jouissait en paix de son triomphe antédiluvien lorsqu'un incident imprévu vint bientôt changer l'état des choses. Cet incident n'était rien moins que le bombardement de Maestricht en 1793, suivi, en 1794, de la prise de cette ville par Kléber à la tête de l'armée du Nord.

L'armée de la république ne s'était pas mise en campagne pour conquérir des crânes de crocodiles, mais il y avait dans son état-major un savant qui s'était réservé cette conquête. Ce savant, c'était Faujas de Saint-Fond, le prédécesseur de Cordier dans la chaire de géologie du Muséum ; il s'était fait attacher à l'armée du Nord en qualité de *commissaire des sciences* ; et l'on peut croire qu'en sollicitant cette mission, notre naturaliste couchait quelque peu en joue la fameuse tête du crocodile de la Meuse.

Quoi qu'il en soit, Maestricht étant tombé aux mains des Français, Faujas n'eut rien de plus pressé que de réclamer, pour la France, le précieux fossile, qui fut emballé avec tous les soins dus à une relique de cet âge et expédié à Paris. Dès l'arrivée du fossile, Faujas s'en empara, et entreprit sur le crocodile de Maestricht un travail qui, dans sa pensée, devait le couvrir de gloire. Il commença la publication d'un ouvrage intitulé : *la Montagne de Saint-Pierre de Maestricht*, contenant la description de tous les objets fossiles trouvés dans la carrière flamande, et surtout celle du *grand animal de Maestricht*. Il voulait à toute force prouver que cet animal était bien un crocodile.

Malheureusement pour la gloire de Faujas, un savant de la Hollande avait pris les devants dans la même étude. C'était Adrien Camper, fils du grand anatomiste de Leyde, Pierre Camper, mort en 1789. Avant la prise de Maestricht et l'enlèvement du fossile par le commissaire français, Pierre Camper avait acheté aux héritiers du chirurgien Hoffmann diverses parties du squelette de l'animal retiré de la montagne de Saint-Pierre. Il avait même publié, en 1786, dans les *Transactions philosophiques de Londres*, un mémoire dans lequel il classait cet animal parmi les baleines ; mais

comme on le rangeait alors d'un avis unanime parmi les crocodiles, et qu'aucun doute ne s'était élevé sur cette origine, l'assertion du célèbre anatomiste parut une étrangeté et ne convainquit personne.

A la mort de son père, Adrien Camper reprit l'examen du squelette de l'animal de Maestricht, et dans un travail que Cuvier cite avec admiration, il fixa les idées restées jusqu'alors si flottantes. Il prouva que ces pièces ne provenaient ni d'un poisson, ni d'une baleine, ni d'un crocodile, mais bien d'un genre particulier de reptiles sauriens, qui avaient de grands rapports avec l'iguane d'une part et le monitor de l'autre ; si bien qu'avant que Faujas eût achevé la publication de son ouvrage sur *la Montagne de Saint-Pierre*, le travail d'Adrien Camper avait paru et changé toutes les idées à cet égard.

Cuvier, dans un *Mémoire sur l'animal de Maestricht*, a confirmé toutes les vues d'Adrien Camper et a restitué d'une manière invariable l'individualité de cet être remarquable qui a reçu plus tard le nom de *Mosasaurus*, ou *Lézard de la Meuse*.

La longueur totale de cet animal était de 8 mètres ; sa mâchoire seule mesure 1 mètre. L'ensemble de son squelette est celui d'un monitor, mais les caractères ostéologiques se sont modifiés pour constituer un animal marin.

Les vertèbres du *Mosasaurus* sont concaves en avant et convexes en arrière ; elles s'adaptent entre elles au moyen d'une articulation orbiculaire qui leur permet d'exécuter aisément des mouvements de flexion dans tous les sens. Depuis le milieu du dos jusqu'à l'extrémité de la queue, ces vertèbres sont dépourvues de ces apophyses articulaires, qui sont indispensables pour assurer la solidité du tronc chez les animaux terrestres : elles ressemblent, sous ce rapport, aux vertèbres des dauphins. Cette organisation était tout à fait propre à rendre la natation facile. La queue, comprimée dans le sens latéral en même temps qu'épaissie dans le sens vertical, constituait un aviron droit, court et solide d'une grande puissance. Un *os en chevron* était solidement fixé au corps de chaque vertèbre caudale, de la même manière que dans les poissons, ce qui avait pour but de donner une plus grande vigueur à la queue. Enfin les extrémités de l'animal n'étaient pas conformées en façon de pattes,

mais en rames pareilles à celles de l'ichthyosaure, du plésiosaure et de la baleine. Les mâchoires étaient armées de dents nombreuses, pleines et soudées à leurs alvéoles par une base osseuse large et solide; de plus, un appareil dentaire particulier, quoique de même organisation, occupait la voûte palatine, comme cela a lieu chez certains serpents et chez certains poissons, où ces dents, dirigées en arrière comme les barbes d'une flèche, s'opposent à ce que la proie puisse leur échapper.

Les poissons ont laissé, dans le crétacé supérieur, des dents et des excréments qui, réduits maintenant à l'état de phosphate de chaux, constituent la plupart de ces nodules de phosphorite ou *coprolithes* que nous avons cités. Parmi les dents on en cite surtout qui appartiennent au genre *Ptychodus*, voisin des cestraciens actuels. Ces dents sont anguleuses, plus ou moins carrées; leur couronne est plus haute que la racine, qui est obtuse, tronquée, et plus ou moins échancrée dans son milieu. Les *Ptychodus* sont aussi connus par des rayons épineux très-gros et formés de larges lames soudées ensemble, de façon à laisser entre elles des sillons longitudinaux.

Outre les bélemnites et les ammonites, les céphalopodes présentent plusieurs formes tout à fait nouvelles. Nous citerons les plus remarquables.

Les *Turritites* ont une coquille enroulée obliquement, et qui forme une hélice de tours apparents, arrondis ou anguleux. La forme de ces coquilles pourrait les faire confondre avec des gastéropodes, mais leur cloison les en distingue facilement.

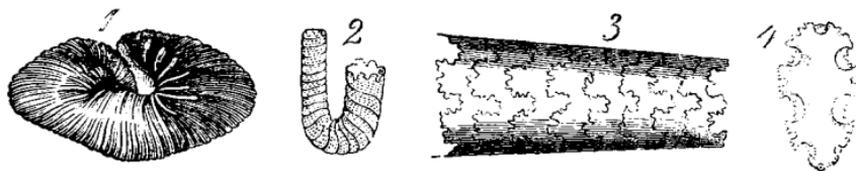


Fig. 41.

Les *Baculites* (fig. 41, nos 3 et 4) ont des coquilles coniques rondes, comprimées ou anguleuses, et remarquables surtout en ce qu'elles sont parfaitement droites et sans courbures.

Les *Scaphites* (fig. 41, n° 1) se rapprochent beaucoup de l'*Ancycloceras*, que nous avons décrit.

Enfin, les *Hamites* (fig. 41, n° 2) ont une coquille qui forme une spire irrégulière, très-elliptique, formée de coudes placés aux extrémités du grand axe de l'ellipse et d'intervalles droits ou plus ou moins arqués.

Les acéphales sont représentés, entre autres, par les inocérames et les spondyles.

Les *Inoceramus* ont des coquilles gryphoïdes, à test lamelleux, inéquivalves mais subéquilatérales, dont les crochets sont opposés, pointus et fortement recourbés. La charnière est courte, droite, et présente une série de crénelures graduellement plus petites, destinées sans doute à recevoir un ligament multiple.

Les *Spondylus* sont des coquilles ayant des représentants dans la faune actuelle, où elles se font remarquer par leurs belles couleurs et les épines variées qui les ornent.

C'est parmi les brachiopodes que nous trouvons, dans ce terrain, les animaux les plus remarquables pour la nouveauté de leurs formes. C'est ici, en effet, qu'apparaissent, à côté des brachiopodes réguliers, tels que les térébratules, les rhyconelles, etc., des brachiopodes tout à fait différents de ceux-là et auxquels on donne le nom de *Rudistes*.

Leur forme est tellement particulière qu'on a été fort longtemps avant de reconnaître leurs véritables affinités zoologiques. Il est reconnu maintenant, grâce à M. Deshayes, que les rudistes sont de véritables coquilles bivalves, et non point des céphalopodes cloisonnés comme le pensaient Picot de Lapeyrouse, Cuvier, Ferrussac et de Haan, et encore moins des ascidies comme le voulait Des Moulins.

Mais, ce point essentiel établi, deux opinions que M. Pictet examine avec soin sont restées en présence. L'une adoptée par MM. Deshayes, Rolland, Davidson, Bayle, etc., place les rudistes dans le groupe des mollusques lamelibranches dimyaires, l'autre, soutenue d'abord par Goldfuss, puis appuyée par M. d'Orbigny, à la suite d'études importantes et adoptée par M. Philippi, etc., les associe aux brachiopodes. Cette dernière manière de voir paraît de beaucoup la plus vraisemblable et est aujourd'hui généralement adoptée.

Les rudistes les plus remarquables sont désignés sous les noms d'*Hippurites* et de *Radiolites*.

Les premières ont une coquille irrégulière formée d'une valve inférieure conique droite ou arquée, fixée aux corps sous-marins par l'extrémité du cône et d'une valve operculaire plane en dessus ou légèrement convexe à sommet subcentral. L'intérieur forme une grande cavité conique échancrée par des côtes internes qui le découpent en trèfle. La valve supérieure présente de grandes apophyses qui s'engrènent dans les cavités de l'inférieure.

Ces coquilles étaient fixées par le côté. Elles vivaient souvent en grandes familles, et leur forme varie suivant la place que les individus ont occupée. Il est arrivé ordinairement que l'animal grandissant, avançait dans la partie antérieure de la coquille et sécrétait des cloisons successives. C'est cette large organisation qui les avait fait prendre, à tort, pour des orthocératites. M. d'Orbigny a montré que ce sont plutôt les équivalents des cloisons analogues que forment les huîtres.

Les radiolites ont beaucoup de rapport avec les hippurites, dont elles diffèrent surtout en ce que leurs valves ne sont pas perforées d'une infinité de petits canaux ramifiés. Leur valve inférieure est plus ou moins conique, fixée par son crochet ou par toute sa surface. La valve supérieure est plus petite, conique ou plane, à sommet subcentral marquée d'un sillon rayonnant. Le moule est remarquable. Il est formé de deux cônes inégaux et opposés par leur base, de laquelle partent des pointes correspondant aux cavités et aux dents. Lamarck, qui avait méconnu ses rapports avec la coquille, en a fait le genre *Birostrites*.

Beaucoup de bryozoaires se rencontrent dans la fau-

ne crétacée. Citons les *Eschara* (fig. 42, n^{os} 4 et 5), qui sont formées de colonies testacées fixées par leur base, composées de lames ou de rameaux comprimés, formant un ensemble labyrin-

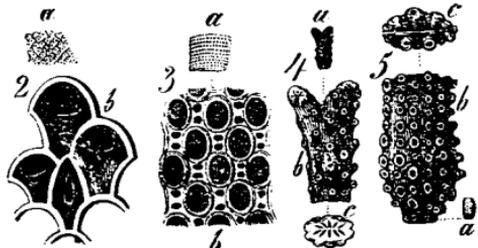


Fig. 42.

thiforme ou dendroïde. Les cellules sont juxtaposées sur des plans opposés disposés en quinconces.

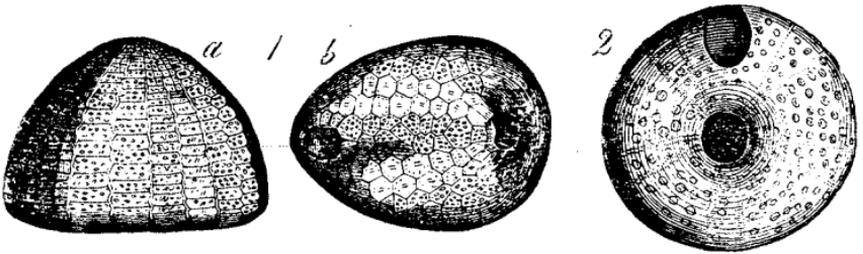


Fig. 45.

L'*Ananchytes ovata* (fig. 45, n° 1), zoophytes des plus remarquables, est un oursin qu'on distingue facilement à son test très-épais, régulièrement ovale et fort élevé. La bouche est située en avant du milieu, et l'anus est à la face inférieure.

Les amorphozoaires, et surtout les spongiaires, ont laissé de

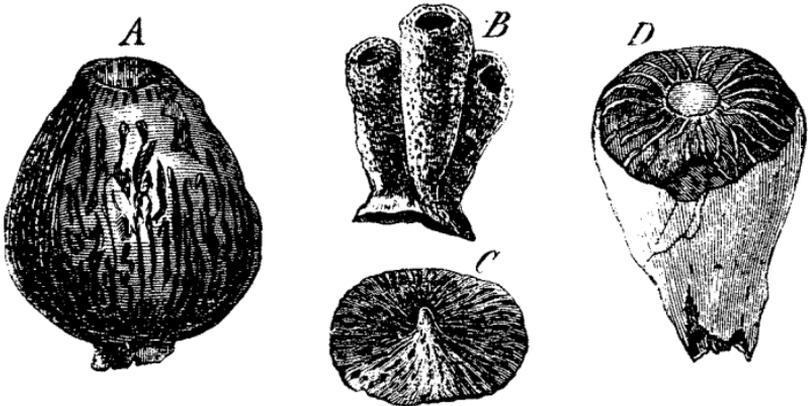


Fig. 44.

nombreux restes fossiles. Les *Syphonia* (fig. 44, A), par exemple, se présentent en grand nombre sous l'aspect d'une masse pyriforme portée sur une longue racine.

Pour terminer ce qui se rapporte à cette faune, il faut dire quelques mots des innombrables *foraminifères* (fig. 45) dont la craie blanche, par exemple, est en partie formée. Ces foraminifères, appelés aussi rhizopodes, sont revêtus d'une coquille ou

d'une enveloppe calcaire perforée d'un plus ou moins grand nombre d'ouvertures donnant passage aux pseudopodes. Ces animaux sont remarquables par l'extrême élégance et la variété in-



Fig. 45.

finie de leurs formes, coïncidant avec l'organisation interne la plus élémentaire.

Les plantes du terrain crétacé sont surtout des *cycadées* et des *palmiers*.

Terrain tertiaire.

On appelle du nom collectif de *terrain tertiaire* toutes les couches plus récentes que la craie, dont le dépôt a précédé la période actuelle. Ces couches ont été rangées en trois grands groupes, auxquels, en allant du plus ancien au plus récent, on donne les noms d'*éocène*, de *miocène* et de *pliocène*, imaginés par M. Lyell dans un système d'idées qui ne répond plus exactement aux faits actuellement connus. Voici l'étymologie de ces mots. Le premier, qui vient du grec $\xi\omega\varsigma$, aurore, et $\chi\alpha\iota\nu\acute{\omicron}\varsigma$ récent, signifie que, dans le terrain éocène, on assiste à la première apparition des êtres actuels. Le nom de pliocène ($\pi\lambda\epsilon\iota\omicron\nu$, plus), donné à l'étage supérieur, signifie qu'il contient proportionnellement plus d'espèces vivantes que le moyen ou miocène ($\mu\epsilon\iota\omicron\nu$, moins).

Terrain éocène.

Le terrain *éocène* est particulièrement bien représenté aux environs de Paris. On peut le diviser en trois assises principales : 1^o l'*argile plastique* et les *sables inférieurs* ; 2^o le *calcaire grossier* ; 3^o la *formation gypseuse*. Ces trois formations sont caractérisées

chacune par un minéral spécial, l'argile, le calcaire et le gypse, sur lesquels nous reviendrons, et que nous n'avons pas, par conséquent, à décrire ici. Elles renferment des fossiles spéciaux qui, tout en permettant de les distinguer les unes des autres, constituent cependant un ensemble fort homogène.

Parmi les mammifères comptent surtout les pachydermes, dont plusieurs sont célèbres comme ayant fourni à Cuvier les faits fondamentaux d'où la paléontologie est sortie. A cet égard, le *Palæotherium*, l'*Anoplotherium*, le *Xiphodon*, doivent être cités d'une manière spéciale.

Le palæotherium était un des animaux les plus répandus à l'époque où se déposaient les plâtrières des environs de Paris. Il ressemblait aux tapirs par la forme générale, par celle de la tête, notamment par la brièveté des os du nez, qui annonce que cet animal avait, comme les tapirs, une petite trompe; enfin par les six incisives et les deux canines à chaque mâchoire; mais il ressemblait aux rhinocéros par ses dents mâchelières, dont les supérieures étaient carrées, avec des crêtes saillantes diversement configurées, et par les pieds, tous les quatre divisés en trois doigts, tandis que, dans les tapirs, ceux de devant en ont quatre.

L'anoplotherium, que Cuvier considérait comme ayant à la fois des affinités avec les rhinocéros, les chevaux, les hippopotames, les cochons et les chameaux, est extrêmement abondant dans les gisements du palæotherium. On a tiré des plâtrières de Paris des squelettes presque entiers. On a même été assez heureux pour trouver le moule en plâtre du cerveau d'un anoplotherium; ce cerveau est dépourvu de circonvolutions.

Comme Cuvier le fit remarquer à l'origine, les anoplotheriums ont deux caractères qui ne s'observent dans aucun autre animal: des pieds à deux doigts, dont les métacarpes et les métatarses demeurent distincts et ne se soudent pas en canons comme ceux des ruminants, et des dents en série continue que n'interrompt aucune lacune. L'homme seul a comme lui des dents contiguës les unes aux autres, sans intervalle vide. Celles des anoplotheriums consistent en dix incisives à chaque mâchoire, une canine et sept molaires de chaque côté, tant en haut qu'en bas; les canines

sont courtes et semblables aux incisives externes. Les trois premières molaires sont comprimées; les quatre autres sont à la mâchoire supérieure, carrées avec des crêtes transversales et un petit cône transverse et à la mâchoire inférieure en double croissant, mais sans collet à la base. La dernière a trois croissants. Leur tête est de forme oblongue, et n'annonce pas que le museau se soit terminé ni en trompe ni en boutoir.

Le *Xiphodon gracile*, grand comme un chamois, était aussi svelte, aussi léger que la plus jolie gazelle. « Sa course, dit Cuvier, n'était point embarrassée par une longue queue; mais, comme tous les herbivores agiles, il était probablement un animal craintif, et de grandes oreilles, très-mobiles, comme celles du cerf, l'avertissaient du moindre danger. Nul doute que son corps ne fût couvert de poils ras, et, par conséquent, il ne manque que sa couleur pour le peindre tel qu'il animait jadis cette contrée, où il a fallu en déterrer après tant de siècles de si faibles vestiges. »

Des oiseaux existaient en grand nombre à l'époque éocène. Un des plus remarquables à tous égards est connu sous le nom de *Gastornis parisiensis*.

Ses ossements ont été découverts à la partie la plus inférieure du terrain éocène, dans un conglomérat qui repose immédiatement sur la craie et remplit les anfractuosités de sa surface. Cet oiseau était un géant. Grand comme l'autruche, gros comme un cheval, il nageait comme un cygne et dormait debout sur une patte comme la cigogne.

Le gastornis a été découvert en 1855 au bas Meudon, près Paris, à l'endroit dit *les Moulineaux*. Son nom lui a été donné par M. Constant Prévost, en l'honneur de M. Gaston Planté, alors préparateur du cours de physique au Conservatoire des arts et métiers et premier auteur de la découverte.

On trouva d'abord un tibia. Ce tibia, mesuré par M. Hébert, avait : longueur, 450 millimètres; largeur à la partie moyenne, 80 millimètres, et à la partie supérieure, qui est écrasée, 95 millimètres. Quelques jours après, dans le même lieu, à trois mètres de distance horizontale du point où avait été ramassé le tibia, on trouva un fémur.

Les poissons sont très-abondamment représentés à cette époque, et spécialement par des *Pleuronectes*, poissons plats non symétriques, dont les soles et les limandes sont des représentants contemporains.

On connaît dans ce terrain plusieurs reptiles parmi lesquels divers chéloniens.

Les mollusques y sont extrêmement abondants. L'un des plus caractéristiques est le cerithe, dont une espèce, le *Cerithium giganteum*, propre aux assises inférieures du calcaire grossier, se fait remarquer par sa grande taille.



Fig. 46.

Les *Nummulites* (fig. 46) sont si nombreuses dans certaines couches éocènes, qu'on désigne souvent sous le nom d'*étage nummulitique* une certaine portion de ce terrain. Ce sont des foraminifères, dont le nom indique la forme discoïde, analogue à celle d'une pièce de monnaie (*nummus*), et qui comprennent diverses espèces de taille très-différente, depuis celle d'une lentille jusqu'à celle d'une pièce de cinq francs. Elles présentent à l'intérieur un système régulier de concamération qui rappelle jusqu'à un certain point les chambres analogues des nautilus, des ammonites et d'autres mollusques céphalopodes.

Les végétaux du terrain éocène sont fort nombreux, et l'ensemble de la végétation rappelle entièrement, suivant les très-justes remarques du savant M. Henri Lecoq, les paysages tropicaux de l'époque actuelle, dans les lieux où l'eau et la chaleur impriment ensemble à la végétation une force et une majesté inconnue dans nos climats. Les algues (fig. 47), qui, déjà, à la fin de la période crayeuse, peuplaient les mers, se montrent

sous des formes encore plus variées au commencement des dépôts tertiaires, quand ils ont lieu sous les eaux marines. Des hépatiques et des mousses croissent dans les lieux humides ; de jolies fougères vivent encore dans les lieux frais et humides. Les eaux douces sont remplies de naïades, de chara, de potamogeton, de caulinites, de zostérites et d'halochloris. Ces feuilles nageantes ou submergées recèlent des légions de mollusques, dont les débris sont aussi arrivés jusqu'à nous.

De très-nombreuses conifères vivaient pendant cette période.



Fig. 47.

M. Brongniart en énumère 41 espèces, qui, pour la plupart, nous ramènent aux formes actuelles des pins, des cyprès, des thuyas, des genévriers, des sapins, des ifs et des éphedras.

Des palmiers se mêlaient à ces groupes d'arbres verts ; ils étalaient leurs larges couronnes près de magnifiques malvacées arborescentes, comme le sont de nos jours, dans les climats chauds, plusieurs plantes de la même famille.

Des plantes grimpantes, appartenant à la famille des cucurbitacées et à la famille des sapindacées, enlaçaient leurs tiges autour des troncs, sans doute ligneux, de légumineuses variées.

Les familles des bétulacées, des cupulifères, montraient la forme alors nouvelle des chênes ; des noyers, des ormes se mêlaient aux protécéacés, relégués aujourd'hui dans l'hémisphère austral.

Cette flore nombreuse comprend plus de 200 espèces, dont 145 appartiennent aux dicotylédones, 55 aux monocotylédones, et 55 aux cryptogames.

Les arbres y dominent comme dans la période précédente ; mais

le grand nombre des plantes aquatiques s'accorde avec les faits géologiques qui placent à cette période des lacs étendus qui divisaient les continents, et la présence de vastes baies marines qui pénétraient dans les terres.

Terrain miocène.

Dans le bassin de Paris, les roches qui ont pris naissance par les dépôts de mer pendant l'époque miocène ne sont que très-incomplètement représentés. Les couches de ces terrains changent suivant les localités, et les géologues sont d'accord pour les diviser sous les noms de molasse et de faluns, en deux grands étages.

La *molasse* présente à sa base, dans le bassin parisien, des sables quartzeux d'une grande épaisseur, tantôt purs, tantôt un peu argileux ou micacés. Ils renferment des bancs de grès parfois mêlés de calcaire, qu'on exploite dans les carrières de Fontainebleau, d'Orsay, de Montmorency, et qui servent au pavage de Paris et des villes environnantes. Cette dernière formation est toute marine. A ces sables et grès succède un dépôt d'eau douce formé d'un calcaire blanchâtre, en partie siliceux, qui forme le sol du plateau de la Beauce, entre la vallée de la Seine et celle de la Loire : c'est le calcaire de Beauce. Il s'y mêle une argile roussâtre, plus ou moins sableuse, renfermant de petits blocs de silex meulier, très-reconnaissable à leur couleur jaune ocracée et aux nombreuses cavités ou anfractuosités qui creusent leur tissu. Ce *silex meulier* est très-employé à Paris pour la construction des voûtes de caves, des conduits souterrains, des égouts, etc.

On donne le nom de *faluns* à diverses couches formées de coquilles et de polypiers presque entièrement brisés. On les exploite en beaucoup de pays, notamment aux environs de Tours et de Bordeaux par le marnage des terres.

Au point de vue paléontologique, l'un des caractères les plus importants de ce terrain est de contenir les premiers vestiges, les premiers jusqu'ici, de la présence de l'homme. Cette importante découverte, due à M. l'abbé Bourgeois, a été faite près de

Pontlevoy (Loir-et-Cher) sur le territoire de la commune de Thenay.

On trouve, à la surface du sol, l'alluvion quaternaire des plateaux. Cette première couche enlevée, on a en vue le terrain tertiaire moyen (le terrain pliocène manque), et d'abord les faluns de Touraine, puis, plus bas, les sables fluviatiles de l'Orléanais avec des ossements de *Dinotherium Cuvieri*, de *Rhinoceros brachyurus*, de deux Mastodontes, celui à dents étroites (*M. angustidens*) et celui à dents de tapir (*M. tapiroides*) d'un carnassier voisin du raton, l'*Amphysia*, d'un singe anthropomorphe de petite taille, le *Pliopithecus antiquus*, etc., tous animaux sur lesquels nous allons revenir.

Continuons de creuser et, sous les sables de l'Orléanais, nous trouvons un calcaire lacustre compacte à la partie supérieure, marneux à la partie inférieure, c'est le calcaire de Beauce.

Ce calcaire a fourni à M. l'abbé Bourgeois quelques ossements d'un quadrupède dont le genre n'existe plus, et qui, intermédiaire au rhinocéros et aux autres pachydermes, a comblé en partie la distance qui les séparait. C'est l'*Acerotherium*, espèce de rhinocéros à membres grêles, et qui avait quatre doigts aux pieds de devant.

La couche même qui contenait ces débris d'*Acerotherium* a fourni de plus des silex taillés.

Ces silex y sont rares, mais, au-dessous de la couche à *acerotherium*, et sans sortir du calcaire de Beauce, nous trouvons trois couches qui sont de haut en bas : 1° une marne renfermant des nodules de calcaire ; 2° une argile jaune verdâtre, contenant des nodules de calcaires décomposés et de petits cailloux roulés d'origine crétacée ; 3° une marne formant l'assise la plus inférieure du calcaire de Beauce. Or, si la première de ces couches contient des silex travaillés qui, quelquefois, se montrent au sein même des nodules calcaires, la seconde en contient plus encore, et c'est là qu'est le principal gisement ; enfin on en trouve quelques-uns à la partie inférieure de la troisième couche et ils s'arrêtent là. Peu à peu cette dernière conduit à une formation sur laquelle repose le calcaire de Beauce, à l'argile ou craie à silex (zone du *Spondilus spinosus*), dont les nodules sont généralement intacts, ont même

leur croûte primitive et, par conséquent, ne présentent aucune trace de l'action de l'homme.

C'est donc à la base du calcaire de Beauce que gisaient les silex recueillis par M. Bourgeois, et l'homme aurait habité les bords du grand lac où se déposait ce calcaire ! « Fait étrange, inouï, de haute gravité ! » s'écrie notre auteur, et ces expressions n'ont rien d'exagéré. Par les changements qui se sont opérés depuis lors dans la nature vivante, qu'on juge de l'immensité des temps écoulés : la faune au milieu de laquelle vivaient ces Beaucerons, avant la Beauce, fut remplacée, à l'époque des sables fluviatiles de l'Orléanais, par une seconde faune à son tour remplacée, lors de l'époque quaternaire, par une troisième faune qu'a remplacée la faune contemporaine.

Quant aux outils, ils appartiennent tous à des types qui étaient déjà connus comme ayant été rencontrés fréquemment dans des terrains plus récents. Ce sont, comme toujours, des instruments pour couper, percer, râcler, frapper. Nous sommes ici bien loin du jour où fut inventé l'art de polir la pierre. M. Bourgeois fait d'ailleurs remarquer que l'homme de cette lointaine époque n'eut pas à sa disposition ces silex à pâte fine et homogène qui furent si habilement travaillés pendant l'âge de la pierre polie. Ces derniers n'existaient pas alors dans le pays ; enlevés à la craie turonienne à inocérames, ils ne furent amenés, par les eaux du Cher, sur les plateaux du pays que pendant la période quaternaire. Les riverains du lac de Beauce n'eurent à mettre en œuvre que des nodules caverneux à cassure esquilleuse empruntés aux couches supérieures du terrain crétaé. Les fines retouches dont leurs œuvres ont conservé la trace témoignent qu'ils ne furent pas dépourvus d'habileté. Et comme beaucoup d'instruments ont été déformés par l'action du feu, il est à croire que cet élément était déjà connu ; car on ne peut attribuer à la foudre un phénomène qui se présente avec des caractères toujours identiques en nombre de localités distantes les unes des autres de 50 à 40 kilomètres.

« On dirait, écrit M. Bourgeois, que des habitations lacustres semblables à celles de la Suisse ont été détruites par un incendie. »

Le nombre des animaux fossiles du terrain miocène est immense. C'est parmi les mammifères que se trouvent les plus inté-

ressants. En tête se placent les singes, dont quelques vestiges douteux figurent d'ailleurs déjà dans la faune éocène.

Le plus remarquable est sans doute le *Mesopithecus Pentelici*, découvert par M. Albert Gaudry dans le célèbre gisement de Pikermi, en Grèce. Son intérêt principal vient des transitions qu'il établit entre diverses espèces de singes et de la restriction qu'il apporte au grand principe de Cuvier, d'après qui « la moindre facette d'os, la moindre apophyse, ont un caractère déterminé relatif à la classe, à l'ordre, au genre et à l'espèce auxquels elles appartiennent, au point que toutes les fois que l'on a seulement une extrémité d'os bien conservé on peut, avec de l'application, et en s'aidant, avec un peu d'adresse, de l'analogie et de la comparaison effective, déterminer toutes ces choses aussi sûrement que si l'on possédait l'animal entier. »

En 1854, M. Wagner, étudiant, d'après ce principe, des fragments du crâne du singe de Pikermi, pièces probablement déformées, avait cru y voir un mélange des caractères distinctifs du semnopithèque avec ceux du gibbon qui, comme on sait, est un anthropomorphe. La vérité est que l'animal du Pentélique n'a aucun rapport avec ce dernier. Mais, pour avoir d'autres affinités que celles qu'on lui supposait, il n'en est pas moins un singe *intermédiaire*, c'est-à-dire un mésopithèque, ainsi qu'on va le voir.

C'est en 1856 que M. Gaudry découvre les premiers crânes normaux; ils étaient munis de leurs dents. D'accord avec M. Lartet, il rattacha au genre Semnopithèque le singe de l'Attique. L'année suivante, M. Wagner, réformant sa première détermination pour se rapprocher de la manière de voir des deux paléontologistes français, proposa de faire du genre en question un sous-genre de Semnopithèque. Enfin, en 1860, M. Beyrich, se basant sur l'examen d'un crâne complet, identifia le fossile dont il s'agit avec le semnopithèque, et lui donna le nom de *Semnopithecus Pentelici*. Ainsi, à ne considérer que son crâne, le singe de l'Attique est un semnopithèque.

Les choses en étaient là quand en cette même année 1860, M. Gaudry reprit ses fouilles, interrompues depuis quatre années. Rarement un paléontologiste a eu le bonheur de faire des fouilles sur une aussi grande échelle. Elles furent si productives que, outre

vingt crânes et des mâchoires isolées, M. Gaudry se trouva en possession d'un assez grand nombre de pièces osseuses, appartenant à toutes les régions du corps, pour pouvoir reconstruire presque en entier le squelette du mésopithèque.

Il put donc se rendre compte des proportions des membres, éléments de détermination dont on comprendra l'importance si on réfléchit aux variations que ces appendices éprouvent dans une même famille parmi les singes actuellement vivants.

Or, étudié à ce point de vue, le singe de Pikermi se sépare tout à fait du semnopithèque. Tandis, en effet, que chez celui-ci les membres postérieurs sont bien plus longs que les membres de devant, l'inégalité est beaucoup moindre entre ceux du mésopithèque qui se trouve, à cet égard, exactement dans le cas du macaque.

Semnopithèque par la tête, il est donc macaque par les membres, et même avec des nuances qui, jusque dans les parties par lesquelles il tient le plus étroitement à l'un ou à l'autre de ces deux genres, rappellent encore le genre dont il s'éloigne. Ainsi, sa tête est un peu plus massive, ses dents sont un peu plus fortes que celles du semnopithèque, en quoi il se rapproche un peu du macaque; et ses membres sont un peu moins lourds que ceux du macaque, en quoi il se rapproche un peu du semnopithèque.

Nous avons donc, dans le mésopithèque, un fossile qui emprunte ses traits à deux genres distincts dans la nature vivante, et qui s'intercale exactement entre eux; et son histoire nous prouve que, pour reconnaître la place qu'un vertébré occupe dans la série zoologique, bien loin qu'une extrémité d'os suffise toujours, la tête entière n'est pas toujours assez, il faut encore connaître les membres.

Pour nous borner aux mammifères les plus importants du terrain miocène, nous ne parlerons que des colosses connus sous les noms de *Mastodon* et de *Dinotherium*.

Le *Mastodon*, en français Mastodonte [ce qui signifie que ses dents portent des mamelons], présente un ensemble de caractères fort analogues à ceux des éléphants actuels. Sa taille, ses défenses, sa trompe, sont autant de traits de ressemblance. Il en diffère surtout par la forme de ses dents, hérissés de pointes, qui ont fait croire qu'il se nourrissait de chair.

Les espèces de mastodontes connues aujourd'hui sont nombreuses. Cuvier n'en a décrit que deux, qui sont le mastodonte à dents étroites et le grand mastodonte.

Le mastodonte à dents étroites, semblable à l'éléphant, orné, comme lui, d'énormes défenses, mais de défenses revêtues d'émail, plus bas sur jambes, et dont les machelières mamelonnées et revêtues d'un émail épais et brillant, ont fourni pendant longtemps ce que l'on appelait la turquoise occidentale, était répandu dans l'ancien et le nouveau continent. Il abonde en Europe, dans le val d'Arno, en Amérique, dans les Cordillères. Près de Santa-Fé de Bogota est un lieu décoré du nom de *Camp des géants*, à cause des ossements de cet animal qui y sont enfouis et qu'on a pris pour des restes humains. Le grand nombre de débris de mastodontes qu'on trouve dans les Cordillères a donné de même naissance aux traditions espagnoles sur des hommes d'une taille colossale qui auraient anciennement habité le Pérou.

Le grand mastodonte, espèce plus grande que les précédentes, aussi haute à proportion que l'éléphant, offre des défenses moins énormes. Ses ossements sont répandus en nombre immense sur une foule de points de l'Amérique, et ces restes ne consistent pas toujours en quelques os épars : on trouve des squelettes entiers ; on a même trouvé plus que des os.

Les dimensions gigantesques de ces os et leur abondance ont naturellement frappé l'imagination des Indiens. Les Chavanais prétendent que des hommes, dont la taille ne le cédait pas à celle des mastodontes, ont vécu en même temps que ces colosses. Ceux du Canada et de la Louisiane nomment le mastodonte *père aux bœufs*. « Ces pères aux bœufs, disent-ils, faisaient d'affreux ravages parmi les bœufs et les daims destinés par le Grand-Esprit à l'usage des hommes. » Lorsque le grand Manitou, dit un chant indien, lorsque le grand Manitou descendit sur la terre pour voir si les êtres qu'il avait créés étaient heureux, il interrogea tous les animaux. Le bison (aurochs) lui répondit qu'il serait content de son sort dans les grasses prairies dont l'herbe lui venait jusqu'au ventre, s'il n'avait sans cesse les yeux tournés vers les montagnes pour apercevoir le *père aux bœufs* en descendre avec furie pour dévorer lui et les siens. « Le grand Manitou résolut de les détruire

et les foudroya tous, à l'exception d'un mâle, le plus grand et le plus vigoureux de tous, qui, présentant sa tête à la foudre, la faisait voler loin de lui. Il fut blessé ; c'est alors qu'il s'enfuit vers les grands lacs, où il est encore caché. »

Les ossements se rencontrent souvent dans les endroits marécageux, à une très-faible profondeur (4^m, 25 environ), parfaitement conservés, non roulés, ce qui prouve que les animaux ont péri à l'endroit où on trouve leurs restes. Quelquefois même ces squelettes sont placés verticalement comme si les mastodontes étaient morts debout en s'enfonçant dans la vase. Aujourd'hui encore ces eaux saumâtres altèrent les animaux, surtout les cerfs qui viennent s'y désaltérer.

Les gisements les plus célèbres sont dans le bassin de l'Ohio ; de là les noms de *Grand animal de l'Ohio*, *Eléphant de l'Ohio*, *Mammouth de l'Ohio*, donnés dans le siècle dernier au mastodonte.

Le *Dinotherium*, dont le nom veut dire *bête terrible*, n'a été, pendant bien longtemps, connu que par sa tête. Les analogies rapprochent celle-ci du crâne du lamantin, qui est un cétacé herbivore. La mâchoire inférieure est terminée par deux énormes défenses qui se dirigent en bas. Une tête presque entière, découverte en 1856 dans la Hesse-Darmstadt à Uppelsheim, et qui fut exposée l'année suivante à Paris, avait 1^m, 415 de long (depuis l'extrémité de l'os de la tempe jusqu'aux condyles) et 1 mètre de large.

On resta jusqu'en 1856 sans en connaître les membres. Ils furent découverts par M. Gaudry qui, d'accord avec M. Lartet, conclut de leur étude que le dinothérium doit être rangé parmi les proboscidiens. De façon que cet animal donne une preuve nouvelle, irrécusable de la justesse de cette remarque, que les animaux fossiles empruntent souvent leurs caractères à des genres bien différents.

En effet, tandis que, pour son crâne, le dinothérium s'éloigne moins des lamantins que des éléphants, par ses membres il s'écarte extrêmement des premiers pour se rapprocher des seconds. En résumé, c'est avec l'éléphant et le mastodonte qu'il a le plus de rapports, quoiqu'il soit plus loin d'eux que ces animaux ne le sont l'un de l'autre.

La hauteur du dinotherium prise au garrot paraît avoir été de 4^m,50; sa taille dépassait notablement celle des éléphants actuels. Chose étrange, son bassin, récemment découvert par M. Sanna Solaro, présente des analogies avec celui des animaux marsupiaux.

Le nombre des animaux invertébrés que renferme le terrain miocène est extrêmement considérable, mais il ne présente pas de genre saillant en dehors de ceux qui nous ont occupés précédemment. Ce sont, parmi les crustacés, des crabes divers, tels que *Cancer macrocheilus*; et, parmi les mollusques, des Cônes, des Cérithes, des Huitres (*Ostrea longirostris*); parmi les échinodermes, des Oursins (*Scutellus subrotunda*), etc.

Beaucoup de plantes appartiennent à l'époque miocène. M. Le-coq, dans sa *Géographie botanique*, a donné une description pittoresque de cette végétation.

Les algues et les monocotylédones marines deviennent moins abondantes que dans la période précédente; les fougères diminuent encore; la masse des conifères s'affaiblit et les palmiers multiplient leurs espèces. Quelques-unes déjà citées à l'époque précédente semblent appartenir encore à celle-ci, et de magnifiques *Flabelleria* animent le paysage avec de beaux *Phœnicètes* qui se montrent pour la première fois. On remarque dans les conifères des genres nouveaux, parmi lesquels on distingue le *Podocarpeus*, cette forme australe du monde actuel. Presque toutes les familles arborescentes ont des représentants qui composent les forêts de cette époque, où, pour la première fois, des types si différents sont réunis. Les eaux se couvrent de *Nymphæa clættinæa* et des *Myriophyllites capellifolius*. Le *Culmites animalus* et le *C. Gœpperti* naissent à profusion sur leurs bords et le grand *Bambusinites sepultum* les ombre de ses longues tiges articulées; des espèces analogues décorent de nos jours les grandes rivières du nouveau monde.

De cette époque datent les couches puissantes de lignites, résultat de l'accumulation séculaire de tous ces arbres différents. Il semble que la végétation arborescente atteigne alors à son apogée. Des *Smilacites* enlaçaient comme des lianes les grands végétaux qui tombaient sur place de vétusté. Quelques parties de la terre

nous offrent encore ces grandes scènes de végétation. Elles ont été décrites par les voyageurs qui ont parcouru les régions tropicales, où souvent la nature déploie le luxe le plus grandiose sous des rideaux de nuages qui ne permettent pas aux rayons du soleil de venir éclairer la terre.

Aujourd'hui, le nombre des espèces végétales miocènes s'élève à cent trente-trois et se rapproche déjà de celles qui embellissent nos paysages. Déjà les plantes équatoriales sont mélangées de végétaux des climats tempérés, mais ce ne sont pas encore nos espèces. Les chênes croissent à côté des palmiers, les bouleaux avec les bambous, les ormes près des laurinéés, les érables sont unis aux combrétacées, aux légumineuses et aux rubiacées tropicales. Les formes des espèces appartenant aux climats tempérés sont plutôt américaines qu'européennes.

Terrain pliocène.

Les dépôts formés pendant la période pliocène n'existent pas dans le bassin de Paris ; on les désigne en Angleterre sous le nom de *crag*, et en Italie sous celui de *terrain subapennin*. Ils consistent en une série de couches marines de sables diversement colorés et très-riches en fossiles, d'argiles et de calcaires.

L'homme déjà apparu, comme on l'a vu depuis la période miocène, a laissé beaucoup plus de vestiges à l'époque qui nous occupe maintenant. C'est à M. J. Desnoyers, de l'Institut, que revient l'honneur d'avoir mis hors de doute l'existence de l'homme pliocène.

Au mois d'avril 1865, le savant que nous venons de nommer visitait la sablonnière pliocène de Saint-Priest (Eure), et, au moment de son arrivée, la pioche des terrassiers venait de rencontrer un gîte d'ossements.

Une partie de ces ossements était encore engagée sous plusieurs lits de gravier, à dix mètres environ au-dessous de la terre végétale ; on acheva de les dégager en présence du géologue ; c'étaient surtout des restes de rhinocéros.

Leur gisement ne laissait pas la moindre incertitude ; dans le voisinage, aucun puits naturel de dépôt de terrain de transport par lequel ils eussent pu s'introduire frauduleusement dans la sa-

blonnaire plus ancienne, et le niveau qu'ils occupaient était précisément un des deux niveaux où, constamment, depuis quinze années, on avait trouvé les grands mammifères fournis par ce terrain et que nous citerons tout à l'heure.

Parmi les os ramassés par M. Desnoyers était une moitié de tibia de rhinocéros. Ayant débarrassé ce tibia du sable qui l'enrobait, l'observateur fut surpris de le voir tout sillonné de stries fort nettes, quelques-unes très-fines et très-lisses, les autres plus larges et plus obtuses, coupant l'os suivant sa longueur en passant même par dessus ses arêtes. D'où pouvaient provenir ces incisions? Leur ressemblance avec celles qu'on a constatées sur les os de mammifères fossiles des cavernes, des terrains de transport, des tourbières, etc., étaient si frappantes, qu'elles attirèrent immédiatement l'attention de M. J. Desnoyers.

De l'identité des effets fallait-il conclure à l'identité de la cause? L'auteur ne se hâta pas de conclure, mais il se mit en devoir de multiplier les faits d'observation.

Les nombreux ossements recueillis depuis 1848 dans les sables de Saint-Priest sont disséminés dans plusieurs collections. Accompagné de M. Lartet, M. Desnoyers entreprit de visiter ces collections, et il eut tant d'occasions d'y constater le fait rencontré pour la première fois à Saint-Priest, qu'on en est à se demander comment un phénomène si remarquable et aussi fréquent avait pu échapper jusque-là aux observateurs.

Ce n'est pas tout. Les collections étudiées par M. J. Desnoyers possèdent plusieurs crânes de très-grands cerfs. Or tous ces crânes paraissent avoir été brisés par un coup violent donné sur l'os frontal près du point d'inversion des deux bois. En outre, on voit à la base de ces bois des trous dirigés latéralement et de haut en bas, analogues à ceux qu'eût laissés un outil tranchant employé pour enlever les chairs et détacher les tendons.

Les bois séparés sont brisés de la même manière; la plupart à peu de distance de la couronne, et quand les parties du bois inférieures à la couronne sont isolées, elles sont toujours cassées de la même façon et rappellent par leur forme ces fragments de bois de cerfs destinés à emmancher les instruments en silex trouvés dans les rochers de la Picardie et les habitations lacustres de la

Suisse. Enfin il y a des os de ruminants brisés en long ou en travers, dans le but apparent d'en retirer la moelle.

Malgré tous ces faits, beaucoup de géologues refusaient d'admettre l'existence de l'homme pliocène, lorsqu'en 1867, M. l'abbé Bourgeois répondit à toutes les objections en extrayant des sablonnières de Saint-Priest les silex taillés au moyen desquels les incisions avaient été faites.

Ces silex sont très-grossiers et présentent la plus grande ressemblance avec ceux que renferme le diluvium de Vendôme.

Nous venons de nommer en passant quelques-uns des mammifères de l'époque pliocène. Il convient de donner un peu plus de détails sur les deux plus importants d'entre eux : le rhinocéros à narines cloisonnées et le sivatherium.

Le *Rhinocéros tichorhynchus* est ainsi nommé à cause de la disposition de ses narines qui étaient séparées l'une de l'autre par une cloison osseuse. Il avait des cornes comme le rhinocéros actuel d'Afrique, était couvert de poils abondants et n'avait point une peau ridée comme ses congénères vivants.

L'une des découvertes les plus étonnantes qu'on ait faite, est celle d'un rhinocéros de cette espèce qui fut trouvé en chair et en os en Sibérie. Cette trouvaille n'est pas restée isolée, mais ce rhinocéros est le premier mammifère d'espèce éteinte qui soit à la connaissance des savants, parvenu jusqu'à nous d'une manière si inattendue.

Dans les premiers jours de décembre 1774, des Yakoutes chassaient aux environs du bourg de Vilnoï, près de l'endroit où la rivière du même nom se jette dans la Léna. La scène, comme on voit, se passe au nord de Yakoutsk, par le 60^{me} degré de latitude. Sous une roche escarpée, à moitié ensevelie dans le sable et dans l'eau, ils aperçurent le cadavre énorme d'un animal inconnu dans le pays. Ils le mesurèrent, la bête avait trois aunes trois quarts de long ; ils estimèrent sa hauteur à trois aunes et demi, à part les pieds et la tête. Tout le corps était dans un état de corruption très-avancée. La découverte fit du bruit et, sur l'ordre du général Adam de Bril, gouverneur de la province, la tête et deux pieds lui furent envoyés. Un autre pied fut envoyé à la préfecture d'Irkoutsk, le reste acheva de se décomposer sur place. Dans une re-

lation rédigée dans le mois même de la découverte par le préfet Jean Argounof, il est dit que « ni les habitants russes du pays, ni aucune personne interrogée à ce sujet, n'ont reconnu cet animal pour avoir existé sur cette plage. Cette trouvaille paraissait extraordinaire et tout à fait prodigieuse aux rustiques habitants du pays. »

Au mois de mars de l'année suivante, Pallas arrivait à Irkoutsk ; les restes de l'animal trouvé près de Vilnoï furent la première chose qu'on lui montra ; il reconnut sur-le-champ qu'ils avaient appartenu au rhinocéros.

Le *Sivatherium* était un cerf grand comme un éléphant. Il avait quatre bois : deux naissaient entre les orbites et s'écartaient l'un de l'autre, et les deux autres, plus courts et plus massifs, ont dû être posés sur des protubérances très-saillantes que présente le crâne dans sa partie postérieure. En somme, et suivant la remarque d'Alcide d'Orbigny, ce genre forme un passage assez naturel entre les grands pachydermes et les ruminants ; tout en présentant les cornes qui caractérisent les animaux de ce dernier ordre, la tête était probablement munie d'une trompe comme celle des proboscidiens, si l'on en juge du moins par la forme des os du nez, ceux-ci se relevant et se prolongeant en une voûte pointue au-dessus des narines externes.

Beaucoup d'autres mammifères existaient à cette époque, et il faut spécialement mentionner les cétacés, tels que la baleine fossile découverte, en 1779, dans la cave d'un marchand de vin de la rue Dauphine, à Paris.

Des oiseaux pourraient être cités en grand nombre.

Parmi les reptiles, la gigantesque salamandre d'œningen en Suisse, est célèbre à cause des erreurs auxquelles elle donna lieu.

C'est en 1725 qu'on trouva, dans la localité dont il s'agit, un squelette remarquablement conservé et incrusté dans le calcaire schisteux. Scheuchzer, qui fut appelé à prononcer sur la nature de cette relique, crut y voir la dépouille d'un homme et consacra à la description du fossile un travail spécial ayant pour titre *Homo diluvii testis* (l'Homme témoin du déluge).

« Il est certain, dit-il, que ce schiste contient une moitié ou peu s'en faut, du squelette d'un homme ; que la substance même

des os, et, qui plus est, des chairs et des parties encore plus molles que les chairs, y sont incorporées dans la pierre ; en un mot, que c'est une des reliques les plus rares que nous ayons de cette *race maudite* qui fut ensevelie sous les eaux. La figure nous montre le contour de l'os frontal, les orbites avec les ouvertures qui livrent passage aux gros nerfs de la cinquième paire. On y voit des débris du cerveau, du sphénoïde, de la racine du nez, un fragment notable de l'os maxillaire et des vestiges du foie. »

Après de longues discussions, bien naturelles sur un sujet aussi brûlant, Cuvier montra l'identité absolue, sauf le volume, du fossile d'Æningen avec le squelette d'une salamandre, et « l'homme témoin du déluge » fut définitivement inscrit dans la science sous le nom moins pittoresque d'*Andryas scheuchzeri*.

Chose très-curieuse, il paraît bien que cet animal dont les restes sont conservés, à l'état fossile, dans les schistes d'Æningen, est le même qui existe, à l'état vivant, en Chine et au Japon, et qu'on désigne sous les noms de *Sieboldia maxima* et de *Sieboldia Davidiana*. L'espèce, jadis européenne, a donc émigré à travers les âges géologiques, comme faisaient, déjà à l'époque silurienne les membres de ces intéressantes associations animales que M. Barande a découvertes et qu'il désigne sous le nom de *colonies*.

Les poissons abondaient. Il en est de même des mollusques, et l'on est frappé de l'analogie extrême de ceux-ci avec les mollusques actuels.

Cette même analogie se retrouve en ce qui concerne la végétation, et voici à peu près comment M. Lecoq trace le tableau de la nature botanique du pays pliocène.

Deux cents espèces composent cette flore, où les fougères du monde primitif sont à peine indiquées, d'où les palmiers peut-être ont disparu tout à fait, et où l'on voit les formes se rapprocher bien davantage de celles que nous avons constamment sous les yeux. Le *Culmites arundinaceus* abonde autour des eaux, où croît aussi le *Cyperites tertiaris*, où nage le *Potamogeton geniculatus*, et où l'on voit sans doute submergé l'*Isocrites brunnii*. De grands conifères forment toujours des forêts. Cette belle famille a, comme on voit, traversé toutes les époques pour venir nous offrir son port élégant et sa verdure persistante, les *Taxodetes*, les *Thuyoxylon*, les *Abie-*

tites, les *Pinites*, les *Eleoxylon*, les *Taxites*, sont les formes les plus abondantes.

Le caractère dominant de cette époque est l'abondance du groupe des Amentacées; tandis que les conifères sont au nombre de trente-deux, le groupe précédent a cinquante-deux espèces, parmi lesquelles nous retrouvons en abondance les genres européens, tels que *Alnus*, *Quercus*, *Salix*, *Fagus*, *Betula*, *Carpinus*. Les familles suivantes constituent la flore arborescente de cette époque, outre celles que nous venons d'indiquer : Balsamiflorées, Laurinées, Thymélées, Santalacées, Cornées, Myrtacées, Calycanthacées, Pomacées, Rosacées, Amygdalées, Légumineuses, Anacardiées, Juglandées, Rhamnées, Célastrinées, Sapindacées, Milacinéés, Acérinées, Tiliacées, Magnoliacées, Capparidées, Sapotées, Styracées, Oléacées, Ébénacées, Ilicinées, Éricinées.

Terrain quaternaire.

Dans la plupart des localités, on trouve, sur les terrains stratifiés, et sans ordre bien évident, des matériaux clastiques formant des couches souvent peu épaisses mais extrêmement étendues. On leur donne le nom de *terrains de transport*, parce qu'ils résultent de charriages de matériaux arrachés à d'autres régions, et on rapporte leur formation à une période plus récente que celle où se formaient les terrains tertiaires : c'est la période quaternaire.

La composition des alluvions de cette période varie selon la nature minérale des contrées qui en ont fourni les matériaux. En général, elles se composent de couches meubles de fragments roulés de toutes sortes de roches mêlés à des sables, à des argiles ou à des marnes. Ces couches, d'une épaisseur variable, sont placées plus ou moins profondément au-dessous de la terre végétale, quelquefois même à la surface du sol. Leur principal caractère est d'être fréquemment accompagnés d'énormes fragments de roches nommés *blocs erratiques*.

Il existe dans la vallée de la Seine, au-dessous du niveau de la rivière, une zone d'alluvions anciennes dont la largeur atteint sur quelques points plus d'une lieue (Saint-Germain, Boulogne, Sablonville, etc.). En examinant avec soin ce dépôt, on reconnaît

qu'il contient, non-seulement des blocs de grès provenant de l'assise de l'argile plastique des environs de Montereau, et des fragments de presque toutes les roches du plateau tertiaire parisien, mais encore du calcaire jurassique qui vient évidemment de la Bourgogne, et même des détritrus de granite, de syénite, de porphyre et de gneiss identiques avec ceux des montagnes du Morvan, d'où ils ont été charriés.

Ailleurs, dans le nord de l'Europe, les blocs erratiques sont répandus par myriades. Ils forment des traînées longitudinales, affectant généralement une direction à peu près nord-sud. Ils sont ordinairement en granite, en gneiss, en porphyre, plus rarement en calcaire. En étudiant la nature minérale de ces masses, enfouies souvent dans les alluvions qui nous occupent, on a pu sans peine leur reconnaître des caractères identiques à ceux des roches qui constituent les montagnes de la Péninsule scandinave, et constater ainsi leur point de départ.

Dans l'Amérique septentrionale, particulièrement aux États-Unis, on a également observé que les traînées de blocs erratiques présentent une direction à peu près nord-sud. Le rapprochement de ces faits semble indiquer l'action d'une cause puissante et générale qui, du nord, aura transporté ces masses vers le sud, conjointement avec une grande quantité de sédiments et de fragments plus ou moins arrondis.

Quant au mode de transport, il a été l'objet de très-nombreuses discussions, et aujourd'hui on est assez généralement d'accord pour l'attribuer à d'immenses bancs de glaces détachées des glaciers et poussées jusqu'à la mer, où un courant du nord les portait vers le sud avec une très-grande vitesse qui leur permettait quelquefois d'entraîner ces blocs jusque dans les régions où la température était relativement élevée. Quand la fonte avait lieu, les roches, devenues libres, se précipitaient au fond des eaux, sur les plaines, les vallées, ou même les montagnes sous-marines.

Cette hypothèse se trouve absolument confirmée par les études récentes dont les glaciers actuels ont été l'objet de la part de plusieurs géologues très-distingués, et il est indispensable de les résumer d'une manière succincte.

Il tombe sur le sommet des hautes montagnes, pendant tous le cours

de l'hiver, du printemps et de l'automne, des quantités énormes de neige. La hauteur de la neige tombée au Grimsel, dans les Alpes, à 1,880 mètres au-dessus du niveau de la mer, a été de plus de 16 mètres depuis le mois de novembre 1845 jusqu'au mois d'avril 1846. La couche d'eau résultant de la fusion de cette neige aurait près d'un mètre et demi d'épaisseur. Ces neiges, chassées par le vent, emportées par les tourbillons, s'accumulent surtout dans les grandes dépressions qui avoisinent les hautes cimes. Ces dépressions sont connues sous le nom de *cirques*, car elles se terminent ordinairement par une enceinte demi-circulaire, couronnée de sommets élevés. Les neiges qui s'accumulent dans les cirques ne restent pas immobiles ; elles sont animées d'un mouvement de progression qui les entraîne vers la vallée. A mesure que cette neige descend dans les régions plus tempérées, elle subit, surtout dans la belle saison, des modifications importantes qui en changent complètement la nature et l'aspect : elle se transforme en glace. Voici comment s'opère cette transformation :

A la chaleur des rayons du soleil, la surface de la neige commence à fondre ; l'eau résultant de cette fusion s'infiltré dans les couches inférieures, qui se changent sous l'influence des gelées nocturnes, en une masse granuleuse, composé de petits glaçons désagrégés, mais plus adhérents entre eux que les flocons qui leur ont donné naissance. Cet état de neige a été désigné par les physiiciens suisses sous le nom de *névé*. Pendant tout l'été, ce névé s'infiltré de nouvelles quantités d'eau, provenant toujours de la fonte superficielle ou de celle des neiges environnantes, dont les eaux viennent se réunir dans la dépression qui forme le berceau du glacier. Dans ces régions, le thermomètre tombant chaque nuit au-dessous de zéro, même au cœur de l'été, ce névé se congèle à plusieurs reprises. A la suite de ces fusions et de ces congélations successives, il offre l'apparence d'une glace blanche, compacte, mais remplie d'une infinité de petites bulles d'air sphériques ou sphéroïdales : c'est la *glace bulleuse* des auteurs qui ont écrit sur ce sujet. L'infiltration et la congélation de la masse devenant de plus en plus parfaite, à mesure que le glacier descend vers les régions habitables, l'eau finit par remplacer toutes les bulles d'air : alors la transformation est complète, la glace paraît homogène et

présente ces belles teintes azurées qui font l'admiration des voyageurs.

Telle est, en peu de mots, l'histoire de la formation d'un glacier : en réalité il se compose, comme on voit, de toutes les couches de neige accumulées pendant une longue série d'année et qui, peu à peu, se sont converties en glace de plus en plus compacte.

Si la chaleur de l'été ne limitait pas l'accroissement des glaciers, ils grandiraient indéfiniment en longueur et en puissance ; mais chaque été voit disparaître une épaisseur considérable de la surface glaciaire, 5 mètres environ : c'est le phénomène que M. Agassiz a désigné sous le nom d'*ablation des glaciers*. En même temps l'extrémité inférieure fond rapidement et le glacier diminuerait chaque année sans un phénomène extrêmement remarquable, la *progression des glaciers*.

En effet, les glaciers se meuvent dans le sens de la pente des vallées où ils sont encaissés, en émoussant les aspérités des roches, et polissant leurs surfaces dures ; et la couche inférieure de ce puissant polissoir est aussi creusée et sillonnée par les roches sur lesquelles elle passe. Aussi, et malgré la différence d'état physique, les glaciers peuvent-ils être comparés à des fleuves : non-seulement ils se meuvent comme ceux-ci, mais, dans leur masse, les vitesses relatives sont distribuées comme dans l'intérieur d'un cours d'eau, la ligne de plus grande vitesse, s'infléchissant comme la vallée, mais plus vite qu'elle, de façon à venir à chaque inflexion couper l'axe de celle-ci. En outre, les glaciers comme les fleuves ont leurs affluents.

Mais une fois le mouvement des glaciers bien constaté, il s'agit de l'expliquer : en vertu de quelle propriété la glace, malgré son apparence de rigidité et de fragilité, peut-elle se courber, se comprimer et changer de forme de manière à se mouler exactement sur le fond des vallées qui l'encaissent ? Des hommes éminents et à leur tête, M. J.-D. Forbes, ont admis que cette propriété n'est autre qu'une sorte de *viscosité*. Certes, il y a quelque analogie entre la progression d'un glacier et le mouvement d'une masse visqueuse abandonnée sur un plan incliné ; mais les expériences les plus délicates sur la propriété qu'aurait la glace de céder à la traction, de s'étendre comme la mélasse, le miel ou le goudron, n'ont pas

réussi à la montrer douée de cette faculté d'extension. Est-il donc une autre qualité physique à laquelle on puisse rapporter le pouvoir d'accommodation de la glace ?

Or, on sait que lorsque la température d'une masse de glace s'élève uniformément, les particules les premières à atteindre leur liberté à l'état liquide sont celle de la surface : en supposant deux morceaux de glace à zéro et entrant en fusion à la surface, à cette température, si on place en contact réciproque les surfaces fondantes on transporte virtuellement ces surfaces au centre du bloc et les deux morceaux se soudent ensemble par la congélation du liquide que les inonde. C'est le phénomène découvert en 1850 par Faraday, et qu'on connaît sous le nom de *regel* : il a lieu, même au milieu de l'eau chaude, où deux fragments de glace serrés l'un contre l'autre ne tardent pas à se souder.

Si, deux morceaux étant ainsi soudés, on cherche à les courber vers leur point de jonction, les points gelés se séparent soudainement par fracture ; mais, au même moment, le contact se rétablit sur d'autres points et le *regel* recommence. Grâce à cette propriété remarquable, la glace est propre à subir des manipulations réservées jusqu'ici aux matières plastiques, et M. Tyndall a fait à cet égard une série très-longue d'expériences des plus frappantes.

En prenant une barre droite de glace, on peut, en la faisant passer successivement dans une série de moules de plus en plus courbes, l'amener enfin à l'état d'un demi-anneau : la barre droite comprimée dans le moule courbe se brise d'abord, mais si l'on continue la pression, de nouvelles surfaces arrivent en contact et la continuité de la masse est rétablie par *regel*. Quand les enfants font une boule de neige ils appliquent à leur insu le même principe, et le physicien anglais l'a utilisé élégamment pour mouler véritablement en glace, les objets les plus variés. Il suffit de comprimer de la glace pilée dans un moule en bois disposé sous une presse hydraulique pour obtenir, avec l'apparence du cristal le plus limpide des coupes, des statuettes et des ornements de toutes sortes. « Si l'expérience en valait la peine, dit M. Tyndall, je me ferais fort de transformer ce bloc *en une corde de glace* avec laquelle je ferais ensuite un nœud. »

Il est aisé de comprendre comment une substance ainsi douée

peut passer, en se comprimant, à travers les gorges étroites des montagnes ; s'infléchir pour s'ajuster à tous les plis des vallées, se prêter au mouvement varié de ses diverses parties, sans présenter cependant aucune trace de viscosité.

Comme nous le disions tout à l'heure, le frottement que le glacier exerce sur son fond et sur ses parois laisse des traces sur les roches avec lesquelles il se trouve en contact ; mais son action est différente suivant la nature minéralogique de ces roches et la configuration du lit qu'il occupe. Si l'on pénètre entre le sol et la surface inférieure d'un glacier, on rampe sur une couche de cailloux et de sable fin imprégné d'eau. Si l'on enlève cette couche, on reconnaît que la roche sous-jacente est nivelée, polie, usée par le frottement et recouverte de stries rectilignes ressemblant tantôt à de petits sillons, plus souvent à des rayures parfaitement droites qui auraient été gravées à l'aide d'un burin ou même d'une aiguille très-fine. Ces stries sont toujours dirigées dans le sens de la marche du glacier ; mais, comme celui-ci est sujet à de petites variations latérales, les stries se croisent quelquefois en formant entre elles des angles très-aigus. En général, elles sont horizontales et parallèles ; toutefois, aux rétrécissements des vallées elles se redressent et se rapprochent de la verticale : forcé de franchir un détroit, le glacier se relève sur ses bords et remonte le long des flancs de la montagne qui lui barre le passage. En outre, le glacier imprime souvent à tous les roches une forme particulière et caractéristique : en détruisant toutes leurs aspérités il en nivelle la surface et les arrondit en amont, tandis que, en aval, il leur laisse quelquefois leurs formes inégales, abruptes et raboteuses. Vu de loin, un groupe de roches ainsi arrondies rappelle l'aspect d'un troupeau de moutons : de là nom de *roches moutonnées* que de Saussure leur a donné et qui leur est resté.

La pluie, la foudre, les alternatives de gelée et de dégel, les avalanches, détachent des montagnes qui encaissent un glacier des débris de tout volume, depuis le grain de sable, jusqu'à des blocs de 10 à 15 mètres en tout sens. Ces débris forment au bord du glacier une traînée, cheminant comme un immense convoi avec la glace qui les supporte ; c'est à cette accumulation de débris que l'on donne le nom de *moraine latérale*. Lorsque deux glaciers se

réunissent, la moraine gauche de l'un se confond avec la moraine droite de l'autre pour n'en constituer qu'une seule, que, vu sa situation, on appelle *moraine médiane* du glacier résultant. Celui-ci a évidemment autant de moraines médianes qu'il a d'affluents. Les moraines latérales et médianes sont désignées d'une manière collective, sous le nom de *moraines superficielles* par opposition aux *moraines profondes* constituées par la réunion de tous les débris accumulés entre les glaciers et le sol sous-jacent. Les matériaux dont se composent les moraines superficielles finissent par atteindre l'escarpement terminant le glacier; ils tombent au pied de cet escarpement, et, par leur accumulation, amènent la formation de la *moraine terminale* ou *frontale*.

Maintenant, suivons le glacier dans ses mouvements d'extension et de retraite. S'il est stationnaire, sa moraine terminale le sera également et croîtra en dimension. S'il avance, il poussera devant lui sa moraine terminale, s'il recule, son mouvement de retrait pourra s'effectuer par saccade, et chacune de ses stations sera marquée par la formation d'une moraine. D'autres fois, ce mouvement de retrait, aura lieu d'une manière continue; dans ce cas, le sol qu'il aura délaissé, au lieu de présenter une série de moraines, sera uniformément jonché de blocs erratiques, de graviers et de cailloux striés. Il déterminera ce qu'on nomme un *terrain glaciaire éparpillé*, se distinguant par de nombreux caractères des alluvions et des terrains de transport proprement dits. Dans les deux cas qui viennent d'être examinés, les moraines latérales donneront origine à une traînée de blocs disposés, à différents niveaux, de chaque côté de la vallée qui renfermait le glacier disparu. La partie la plus fine de ces matériaux porte le nom de *boue glaciaire*.

Il résulte de ces faits, que les glaciers, en cessant d'exister laissent, comme les animaux et les végétaux, des vestiges auxquels on les reconnaît sans hésitation. Or le terrain quaternaire offre de toutes parts des moraines, des blocs erratiques et des dépôts glaciaires éparpillés. A l'époque où ce terrain se déposait, la température de la surface du globe était, sans conteste, beaucoup plus basse qu'aujourd'hui, et, par exemple, nos montagnes les moins élevées, comme les Vosges, étaient couvertes de glaciers. Nous

renverrons à cette occasion aux belles études, dont on est redevable à M. Ed. Collomb, et, à l'importante collection de documents, dont M. Dolfus-Ausset, de regrettable mémoire, n'a pas eu le temps de terminer la publication. Ces divers travaux et d'autres qu'on pourrait citer, ont amené à reconnaître qu'il y a eu au moins deux époques glaciaires distinctes pendant la période quaternaire.

On s'est demandé à quelle cause devait être attribué le refroidissement qui a donné naissance à cette vaste extension des glaciers, et jusqu'ici on ne paraît pas avoir trouvé une explication évidente. Il faut, d'ailleurs, remarquer que la température, à l'époque que nous occupé, n'était pas aussi basse qu'on pourrait le supposer ; ainsi, le mécanisme qui détermine la formation des glaciers et leur imprime leur mouvement ne saurait fonctionner avec un climat rigoureux comme celui de la Sibérie. Voici, d'après M. Vézian, le calcul fort simple qui a été fait par M. Charles Martins, pour donner une idée du climat, qui a pu amener les glaciers jusqu'aux bords du lac de Genève où ils ont laissé tant de traces.

La température moyenne de Genève est de $9^{\circ},56$; sur les montagnes environnantes, la limite des neiges perpétuelles se trouve à 2,700 mètres au-dessus de la mer. Les grands glaciers de la vallée de Chamonix descendent à 1,550 mètres au-dessous de cette ligne. Cela posé, supposons que la température moyenne de Genève s'abaisse de 5 degrés seulement, et devienne, par conséquent, $4^{\circ},56$, le décroissement de la température avec la hauteur, étant de 1 degré pour 188 mètres, la limite des neiges perpétuelles s'abaisserait de 940 mètres et ne sera plus qu'à 1760 mètres au-dessus du niveau de la mer. On accordera sans difficulté que les glaciers de Chamonix, descendraient au-dessous de cette nouvelle limite d'une quantité au moins égale à celle qui existe entre la limite actuelle et leur extrémité inférieure. Or, actuellement, le pied de ces glaciers est à 1,150 mètres au-dessus de l'Océan ; avec un climat plus froid de 5 degrés, il sera de 940 mètres plus bas ; c'est-à-dire au-dessous du niveau de la plaine suisse. Avec un abaissement de 5 degrés, les glaciers alpins viendraient donc buter contre le Jura.

C'est aux alluvions quaternaires qu'on rapporte les gîtes stannifères des Cornouailles, dont le gisement originaire est le terrain

granitique. On rapporte aussi à ces mêmes dépôts : les sables auro-platinifères qu'on exploite sur le versant occidental des monts Oural, les dépôts si renommés du Brésil, de la Colombie, de la Californie, et enfin tous les dépôts gemmifères formés de cailloux roulés, parmi lesquels on trouve divers métaux précieux.

C'est encore à l'époque quaternaire que se rapportent les *dépôts des cavernes* et les *brèches osseuses* auxquels la paléontologie est redevable de tant de découvertes.

En effet les cavernes, les grottes et les fentes des roches, à quelque terrain et à quelques pays du globe qu'elles appartiennent, sont restées vides pendant des milliers de siècles ; car les causes qui les ont produites ont pu agir dans tous les temps ; et voilà que toutes, à un moment donné, ou dans une période très-courte, géologiquement parlant, ont été plus ou moins remplies par des alluvions locales, sableuses ou argileuses, enveloppant les débris de la faune contemporaine qui y furent entraînés en même temps. C'est là, sans doute, suivant l'expression de M. d'Archiac, un phénomène bien remarquable, qui ne s'était jamais produit avec ce caractère de généralité et qui ne s'est pas renouvelé depuis. Il est donc bien propre à distinguer l'époque où il s'est manifesté de celle qui l'a précédée, comme de celle qui l'a suivie.

Quoi qu'il en soit, le terrain quaternaire, sous ses formes les plus variées, a offert un nombre immense de fossiles. Les premiers dont nous devons nous occuper sont évidemment ceux qui ont trait à notre propre espèce.

Pour comprendre la valeur relative des diverses trouvailles faites dans ce terrain, rappelons que M. Lartet divise la période quaternaire en quatre âges paléontologiques, qui sont, par rang d'ancienneté : 1° l'âge de l'ours des cavernes ; 2° l'âge de l'éléphant primitif ou mammoth ; 3° l'âge du renne ; 4° enfin, l'âge de l'aurochs.

Personne, et depuis longtemps, ne met en doute que, dans le midi de la France, l'homme ait vécu en même temps que l'aurochs, qui ne se trouve plus aujourd'hui que dans quelques forêts de la Lithuanie, de la Russie et du Caucase, et qu'il y ait vécu, plus anciennement encore, en même temps que le renne qui ne se trouve plus que dans les régions polaires.

Or l'une des preuves les plus décisives de la coexistence de l'homme et du renne dans nos régions méditerranéennes est fournie par l'état des os de ce ruminant, trouvés dans les cavernes, pêle-mêle avec des objets d'industrie humaine ou même avec des os humains. Tous ces os, en effet, du moins les os longs, ont été brisés de la même manière, dans le but bien évident d'en extraire la moelle. Ce qui prouve que, dès cette époque reculée, l'homme faisait ce que font aujourd'hui les peuples des contrées arctiques.

Cela posé, il est évident qu'il suffira de trouver des os d'*Ursus spelæus* ou ours des cavernes, cassés à l'état frais de la même manière que l'ont été tous les os de renne, pour prouver que l'homme a vécu en même temps que cet ours. Or cette preuve a été fournie d'abord par MM. Filhol et Garrigou, puis, par d'autres savants et par M. Lartet, à qui l'on doit l'étude de la grotte d'Aurignac, près Saint-Gaudens (Haute-Garonne).

Le hasard avait révélé l'existence de cette grotte à l'entrepreneur chargé de l'entretien de la route voisine. Quand les abords de la grotte, encombrés de fragments de roches et de terre végétale, furent déblayés, on se trouva en présence d'une grande dalle verticale de quelques centimètres d'épaisseur qui en fermait l'entrée. La dalle enlevée, on aperçut une grande quantité d'ossements et de crânes humains. Examen fait, il se trouva qu'il y avait dix-sept squelettes, dont quelques-uns de femmes et d'enfants. La découverte, comme on pense bien, fit du bruit; elle donna lieu aux suppositions les plus sinistres, mais aucune d'elles ne put soutenir la critique. Il devint évident que cette grotte était tout simplement une sépulture et on dut admettre que, semblable à nos caveaux de famille, elle avait reçu successivement les cadavres de ceux dont elle renfermait les restes. Mais à quelle époque? C'est ce que les auteurs et les témoins de la découverte, point archéologues, pas du tout paléontologistes, n'étaient pas en état de dire. Les ossements furent ensevelis dans le cimetière de la paroisse.

En 1860, M. Lartet se transporta sur les lieux. Son premier soin fut de se renseigner sur les observations faites antérieurement; puis il procéda à une fouille méthodique dont le résultat certain, fut que les hommes dont les restes avaient été trouvés à Aurignac étaient contemporains du grand ours des cavernes.

Ceci admis, il va de soi que l'homme a été contemporain du mammoth. Mais c'est en effet ce que M. Boucher de Perthes avait démontré antérieurement par la découverte des silex taillés du diluvium de Picardie. Voici un fait qui mène à la même conséquence.

En 1864, M. Lartet, visitant avec le docteur Falconer les grottes osseuses de la Dordogne, arriva au gisement de la Madelaine, au moment où les ouvriers venaient de mettre à découvert cinq fragments d'une lame d'ivoire anciennement détachée d'une assez grosse défense d'éléphant.

« Après avoir rejoint ces morceaux par les points de repère que fournissaient les anfractuosités des cassures, je montrai au docteur Falconer, dit M. Lartet, de nombreuses lignes ou traits de gravures peu profonds dont l'ensemble ainsi rapproché, paraissaient accuser des formes animales. L'œil exercé du célèbre paléontologiste, qui a le mieux étudié les proboscidiens, y reconnut aussitôt une tête d'éléphant. Il y signale ensuite d'autres parties du corps et principalement dans la région du cou un faisceau de lignes descendantes qui rappelait la crinière, les longs poils caractéristiques du mammoth ou éléphant glaciaire. » Cette précieuse pièce est aujourd'hui déposée dans la collection de géologie du Muséum d'histoire naturelle.

Parmi les localités où l'homme est associé aux restes du renne, nous devons citer la grotte des Eyzies (Dordogne) explorée par MM. Lartet et Christy. Une brèche formée d'os fragmentés, de cendres, de charbons, d'éclats et de lames de silex taillés, d'armes et d'outils en bois de renne, en recouvre entièrement le sol. « Tout cela, disent les auteurs, a dû être saisi et consolidé en brèche dans l'état originel du dépôt et avant tout remaniement, puisque des séries de plusieurs vertèbres de rennes et des assemblages d'articulations à pièces multiples se trouvent maintenus et conservés exactement dans leurs connexions anatomiques ; les os longs, à cavité médullaire, sont seuls détachés et fendus ou cassés dans un plan uniforme, c'est-à-dire évidemment dans l'intention d'en extraire la moelle. Ce que nous avançons peut d'ailleurs être constaté par tous les observateurs compétents, car nous avons eu soin de faire extraire cette brèche par grandes plaques, et après avoir déposé les plus beaux spécimens au musée de Périgueux et

dans les collections du Jardin des Plantes de Paris, nous avons adressé à divers musées de France et de l'étranger des blocs assez considérables pour que l'on puisse y vérifier l'exactitude des observations que nous consignons ici. » A la base d'un grand nombre des os longs, on voit les entailles que le couteau de pierre y a faites en détachant et en coupant les tendons.

Après l'époque caractérisée par l'abondance des os et des bois de rennes enfouis pêle-mêle avec les humbles produits de l'industrie humaine dans les lieux alors habités par l'homme, est venu, dans nos provinces méridionales, l'âge de l'aurochs : les cavernes de Massat (Ariège), des Espelagues et surtout celle de Lourdes (Hautes-Pyrénées) en témoignent. Comme ceux du renne, de l'âge antérieur, tous les os d'aurochs sont brisés.

Ceci nous conduit à la frontière des âges paléontologiques : les âges archéologiques commencent et nous n'avons pas à nous y engager.

Nous venons de nommer quelques-uns des mammifères du terrain quaternaire ; donnons maintenant des renseignements sur les principaux d'entre eux.

L'*ours des cavernes*, dit aussi ours à front bombé, était d'un quart au moins plus grand que le plus grand des ours bruns actuels ; il était aussi plus trapu. Les squelettes que nous en avons mesurent 2 mètres de haut et 3 mètres de long.

Suivant la description qu'en a donné Cuvier, le mammoth ou *Elephas primigenius* était haut de 15 à 18 pieds. Il était couvert d'une laine grossière et rousse, et de longs poils roides et noirs lui formaient une crinière le long du dos. Ses énormes défenses étaient implantées dans des alvéoles plus longs que ceux des éléphants de nos jours ; mais, du reste, il ressemblait assez à l'éléphant des Indes. On trouve ses restes en abondance, depuis l'Espagne jusqu'aux rivages de la Sibérie, et l'on en trouve dans toute l'Amérique septentrionale. Chacun sait que dans les pays froids ses défenses sont encore si bien conservées, qu'on les emploie aux mêmes usages que l'ivoire frais.

Un des animaux les plus remarquable du terrain quaternaire est le cerf à bois gigantesques (*Cervus megaceros*). Ses bois n'avaient pas moins de 3 mètres d'envergure ; les perches en étaient

palmées et dirigées horizontalement vers leurs extrémités. Les dimensions de la tête n'étaient point en rapport avec celles de ce gigantesque ornement ; la plus grande qu'on connaisse est moins grande que celle de l'élan. Ce ruminant est plus commun en Irlande que partout ailleurs. Un squelette entier découvert dans une marnière de l'île de Man, marnière remplie de coquillage d'eau douce à 5 ou 6 mètres de profondeur a montré que le cerf à bois gigantesques avait plutôt les proportions du cerf que celles de l'élan.

Il faut citer dans le terrain quaternaire du Nouveau-Monde les édentés et particulièrement le glyptodon, le megatherium et le mylodon.

Le *Glyptodon* se rapproche du tatou qui en est comme une reproduction en miniature : comme lui, il était protégé par une carapace solide, osseuse, mais elle n'était pas disposée par bandes. Les plaques qui la composent ont, vues en dessus, la forme hexagonale, et sont unies entre elles par des sutures dentées. La queue et le crâne étaient couverts d'écailles tout aussi bien que le tronc. D'ailleurs, un squelette presque entier du glyptodon a été monté au Muséum d'histoire naturelle de Paris, par M. Serres, et qui a 3^m,50 de longueur, sa hauteur du sol au sommet des crêtes iliaques qui portaient la carapace est de 1^m,20.

Le *Megatherium*, dont le nom signifie grand animal, a en effet plus de 5 mètres de haut et plus de 4 mètres de long. On ne le trouve qu'en Amérique ; il abonde dans les terrains d'alluvion du Paraguay. Cet animal fut la plus énorme et la plus puissante machine à fouir le sol, à broyer et à digérer les racines qui ait jamais existé, à la connaissance du moins des naturalistes. Les pattes antérieures devaient avoir 1 mètre de long et 55 centimètres de large. Trois doigts étaient armés d'ongles énormes (la peau recouvrait les deux autres restés rudimentaires) et constituaient un appareil de fouissage irrésistible.

Enfin, le *Mylodon* est extrêmement intéressant en ce qu'il constitue un intermédiaire entre les animaux onguiculés et les animaux ongulés. Il présente, en effet, à chacune de ses pattes des ongles comme les premiers et des sabots comme les seconds.

Des oiseaux gigantesques ont laissés leurs débris dans les couches quaternaires. Le *Dinornis* est le mieux connu. On aura une

idée de la dimension extraordinaire de cet oiseau quand nous aurons rappelé que son tibia seul mesure 1 mètre. Le *dinornis* présente d'ailleurs des traits analogues avec l'autruche actuelle. Le *Palapterix*, animal voisin, avait 2^m,50 à 2^m,40 de haut. L'*Epiornis* n'est connu que par quelques débris d'os et par ses œufs : ceux-ci sont énormes ; on en cite dont la capacité n'est pas inférieure à 8 litres 1/4, ce qui est près de six fois celle d'un œuf d'autruche, cent quarante-huit fois celle d'un œuf de poule et cinquante mille fois celle d'un œuf d'oiseau-mouche. De ces oiseaux les deux premiers sont originaires de la Nouvelle-Zélande ; l'*Epiornis* est de Madagascar.

La végétation du pays quaternaire était fort analogue sans doute à la végétation actuelle.

Terre végétale.

Il nous reste à décrire un terrain stratiforme qui, malgré sa très-faible épaisseur comparable à celle d'une sorte d'épiderme du globe, est, pour nous, de première importance par les services qu'il nous rend. Nous voulons parler de la *terre végétale*, support universel des plantes et, par conséquent, réservoir de toutes les matières solides et liquides dont se nourrissent les êtres vivants. Elle résulte du mélange de débris extrêmement ténus provenant de la décomposition et de la trituration des roches avec les restes organiques dérivant des végétaux.

La terre végétale se forme tous les jours aux dépens des masses minérales solides par l'action des agents érosifs. Il en a été ainsi à toutes les époques. On trouve des traces de terre végétale dans les plus anciens terrains sédimentaires, et il est évident que les végétaux qu'ils renferment n'ont pu s'y développer sans le secours de la terre végétale.

Ainsi, dans l'île de Portland, on observe au-dessus de l'assise dite de Portland, formation d'origine marine (voy. ci-dessus, p. 66), un calcaire lacustre ayant 2 mètres de puissance. Ce calcaire supporte une couche appelée *lit de boue* (*dirt-bed*), qui a 50 à 45 centimètres d'épaisseur. Le lit de boue est brun noirâtre. Il renferme du lignite terreux, des cailloux roulés atteignant jusqu'à 22 cen-

timètres de diamètre et des troncs silicifiés de conifères et de cy-cadés. Quelques-uns de ces troncs sont couchés dans le lit de boue, et leurs fragments, rattachés les uns aux autres, indiquent des arbres dont l'élévation était de 7 mètres environ : leur partie inférieure restée en place, a une élévation qui varie de 50 à 40 centimètres, et qui, quelquefois, atteint 2 mètres. Les racines sont encore fixées à la roche où elles pénétraient jadis.

Il résulte de là que la terre végétale se compose des substances minérales les plus répandues à la surface du globe. Quelquefois elle est presque homogène comme dans les sols crayeux, siliceux ou argileux ; le plus souvent, au contraire, elle est hétérogène et contient alors, dans des proportions diverses, la plupart des éléments pierreux.

La désagrégation des roches, même les plus solides, est facile à concevoir : en effet, l'eau s'infiltré dans ces roches par les fissures qu'elle y rencontre. En se congelant l'hiver, elle augmente de volume, dilate les parties et finit, à la longue, par faire éclater les masses, dont les débris sont emportés par les torrents.

D'un autre côté, les eaux pluviales, en tombant sur la cime dénudée des points élevés du globe et sur les escarpements, entraînent les matières pulvérulentes qui s'en détachent. Dans les temps de sécheresse, le vent disperse une partie de ces matières minérales sous forme de poussières. Ces actions incessantes tendent à augmenter continuellement l'épaisseur de la terre végétale vers les parties basses des continents et des îles.

Les eaux se rassemblent dans les ravins, y forment des torrents qui roulent des fragments de roches diverses, au point de les réduire souvent en galets, en sables et en particules fines qu'elles entraînent dans leur cours. Les eaux arrivent ainsi au fond des vallées. Là, un plus large espace, une pente moins rapide, ralentissent leur vitesse et leur permettent de déposer le sédiment dont elles sont chargées. Des milliers de petits cours d'eau apportent, tous les ans, des montagnes, cette espèce de tribut dont on sait l'importance.

En général, la terre végétale est de même nature que les masses minérales solides qui lui servent de base et avec lesquelles le sous-sol lui ménage une transition insensible ; mais il faut admettre

de nombreuses exceptions à cette règle, souvent elle n'a aucun rapport avec les roches qui l'avoisinent ou sur lesquelles elle repose, et, dans ce cas, il faut bien conclure qu'elle vient de plus ou moins loin. Il y a donc *terre locale* et *terre de transport*, suivant les expressions de MM. Ch. d'Orbigny et Gente.

§ 3. — TERRAINS ÉRUPTIFS ET MANIFESTATIONS DIVERSES DE L'ACTIVITÉ INTERNE DU GLOBE.

Notre troisième classe de terrains est celle des *terrains éruptifs*. Les roches qui les constituent se trouvent mêlées avec les masses stratifiées de toutes les époques et particulièrement des époques anciennes ou intercalées entre elles. Elles portent tous les caractères de masses émanées du sein de la terre à l'état de fusion ignée. On les trouve enclavées dans le sol primitif et dans les terrains sédimentaires, soit sous la forme d'amas transversaux formés par injection à travers les fentes provenant des dislocations de l'écorce terrestre, soit en accumulations indépendantes résultant d'éruptions plus ou moins répétées à la surface.

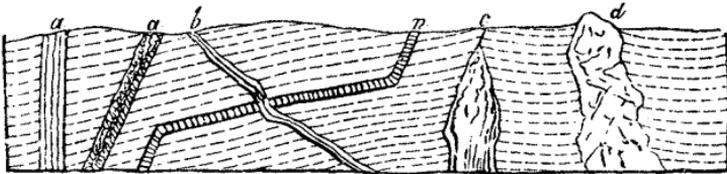


Fig. 48.

La figure 48 représente la plupart des variétés de forme que peuvent présenter les roches éruptives, et que l'on désigne sous les noms principaux de *filons*, de *culots* et de *dykes*.

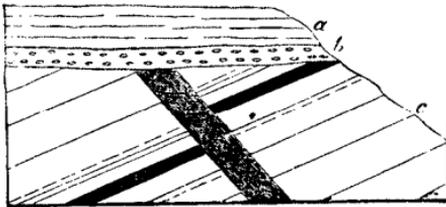


Fig. 49.

Quand ces diverses variétés de filons traversent des terrains stratifiés, il n'est pas rare qu'ils soient accompagnés d'un *rejet* des couches,

c'est-à-dire que ces couches ne se continuent plus des deux côtés du minéral adventif (fig. 49). Enfin, dans beaucoup de cas, les roches poussées en filons se sont épanchées à la surface sous forme de nappes, comme on le voit dans la figure 50.



Fg. 50.

Nous aurons à revenir avec détail sur la nature des diverses roches éruptives ; c'est pourquoi nous n'avons réellement ici qu'à en marquer la place. Ajoutons cependant que, au point de vue géologique, on les divise quelquefois en quatre groupes distincts, d'après leur ordre chronologique, sous les noms de terrains *porphyroïde*, *trachytique*, *basaltique* et *lavique*.

Le terrain *porphyroïde*, assez répandu dans la nature, comprend plusieurs roches distinctes parmi lesquelles dominent les porphyres. L'état actuel des connaissances ne permet pas d'établir des données chronologiques bien rigoureuses sur l'apparition de ces diverses roches ; nous dirons seulement d'une manière générale qu'elles ont commencé à s'épancher postérieurement à la formation du terrain primitif, et que les enclaves transversaux ou produits éruptifs qu'elles ont formés dans les terrains sédimentaires, appartiennent surtout aux époques silurienne, dévonienne et carbonifère. Le terrain porphyroïde contient diverses substances métallifères : on y trouve du mercure, du manganèse, des sulfures de fer et divers oxydes de ce métal, tels que la magnétite. L'or et l'argent s'y rencontrent également comme en Transylvanie, en Hongrie et au Mexique.

Le terrain *trachytique* résulte d'éruptions volcaniques ayant eu lieu pendant la période supercrétacée. Les roches qui le constituent ont une texture cristalline, moins apparente que celle du groupe précédent. La rudesse de leur cassure a conduit Haüy à leur imposer le nom de *trachyte*. Ces roches forment des dykes, des filons et surtout des coulées d'une certaine épaisseur, circonstance indiquant que, lors de leur sortie, elles se trouvaient dans

un certain état pâteux et consistant, qui ne leur a pas permis de s'étendre aussi loin que d'autres coulées du même âge et de nature différente.

Il résulte de cette circonstance que les roches trachytiques présentent des ondulations et des aspérités sur les pentes où elles se sont déversées. La plupart des volcans éteints ou en activité sont établis sur des massifs trachytiques, comme dans le centre de la France, aux îles du Cap-Vert et surtout en Amérique, dans la grande chaîne des Andes.

Le *terrain basaltique*, de même origine et de même âge que le précédent, s'en distingue par la nature pyroxénique des roches qui le constituent. Il se présente, en France, dans les départements de l'Aveyron, du Cantal, du Puy-de-Dôme, de l'Ardèche; en Saxe, en Bohême, dans la Hesse; en Écosse et en Irlande. La structure prismatique si caractéristique à 3, 4, 5, 6, 7 et 8 côtés

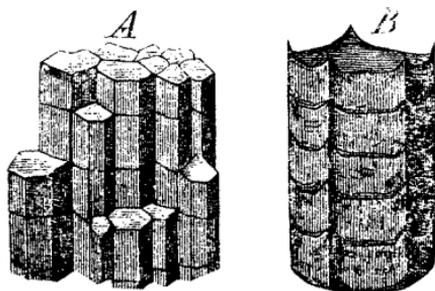


Fig. 51.

qu'affectent presque constamment les masses basaltiques, paraît provenir du retrait de la matière produit par le refroidissement (voy. fig. 51).

Chaque prisme est en outre divisé, d'ordinaire, en nombreux tronçons par des plans perpendiculaires à son axe (A). Parfois, ces plans sont

remplacés par des surfaces courbes, qui réalisent entre les tronçons successifs de véritables articulations (B).

Enfin, le *terrain lavique* ou volcanique, proprement dit, comprend l'ensemble des dépôts *volcaniques*, résultant des éruptions survenues depuis le commencement de l'époque actuelle ou historique jusqu'à nos jours. Il ne présente d'ailleurs aucun caractère particulier qui le distingue du groupe précédent. L'actualité de son dépôt permet de préciser les conditions, sans doute identiques, dans lesquelles se sont consolidés les terrains analogues plus anciens.

Ceci nous oblige à dire quelle idée on doit se faire du phénomène volcanique.

Le caractère essentiel d'un volcan est d'établir une communication permanente entre les régions profondes et chaudes du globe et l'atmosphère.

Un volcan se compose toujours de deux parties : 1° le *conduit* ou *cheminée volcanique*, c'est-à-dire le canal qui traverse l'écorce terrestre dans le sens vertical, et que la lave parcourt en se dirigeant vers la surface du globe ; 2° le *cratère*, ou orifice, par où se termine le conduit volcanique.

En général, une éruption volcanique est annoncée et précédée par des bruits souterrains et par des tremblements de terre. L'approche de la lave détermine un afflux de chaleur dont les conséquences se produisent de diverses manières. D'après Humboldt, par exemple, la fonte subite des neiges qui recouvrent le sommet du Cotopaxi annonce une éruption prochaine ; avant que la fumée ne monte dans l'air raréfié, qui baigne le sommet et l'ouverture du cratère, les parois du cône de cendres deviennent incandescentes et brillent d'une lueur rougeâtre, tandis que la montagne apparaît comme une énorme masse noire d'une lueur sinistre. Enfin, lorsque la lave arrive près du cratère, l'éruption proprement dite commence. Des fragments de roches, détachés des parois du conduit volcanique, sont projetés dans l'atmosphère, avec ces blocs de roches se trouvent fréquemment des lambeaux de lave qui retombent sous forme de scories ou de bombes volcaniques ; enfin, des cendres s'échappent du cratère et forment, seules ou mêlées à de la vapeur d'eau, d'immenses nuages, quelquefois assez épais pour obscurcir l'atmosphère pendant des heures et même pendant des jours entiers. L'apparition des cendres volcaniques marque ordinairement le moment où l'éruption volcanique est à son paroxysme. Certains volcans ne présentent pas d'autre manifestation de leur activité que les phénomènes qui viennent d'être décrits ; mais il en est d'autres où l'éruption atteint une dernière période qui coïncide avec l'arrivée de la lave. Les petits volcans, tels que le Stromboli, le Vésuve rejettent la lave par leur cratère. Sur dix éruptions de l'Etna, neuf se font par les flancs, jamais le pic de Ténériffe et les grands volcans des Andes n'ont versé la lave par leur cratère.

Quant au mécanisme du phénomène volcanique, il paraît bien

qu'on doit en chercher l'explication dans la réaction de l'eau qui s'infiltré dans les roches, arrivant au contact des matières très-chaudes. La vapeur ainsi produite exerce une pression très-considérable qui pousse de bas en haut, suivant les fissures, les matières fondues profondes.

A l'appui de cette explication des phénomènes volcaniques par l'action de l'eau, il faut remarquer que, sauf des exceptions extrêmement rares, toutes les montagnes volcaniques sont situées dans des îles ou sur le littoral des continents. Il y a même, en grand nombre, des volcans sous-marins, qui ont donné naissance à diverses reprises à des îles soudainement apparues. Du nombre est l'île Julia qui ne tarda pas à disparaître sous l'action destructrice de la mer, et surtout l'île de Santorin beaucoup plus stable, et que représente la figure 52.



Fig. 52.

Un fait très-important à constater c'est que l'arrivée des roches éruptives au travers des roches stratifiées a fait souvent subir à celles-ci une transformation profonde et, d'amorphe qu'elles étaient, les a rendues cristallines. Cette modification se rattache au grand phénomène du *métamorphisme*. Un tel changement de texture et d'aspect dans quelques roches sédimentaires n'a rien de surpre-

nant, si l'on considère que, en chauffant de la craie, par exemple, dans un tube de fer fermé aux deux extrémités, de manière à ce que l'acide carbonique ne puisse s'échapper, la matière change d'état, cristallise par le refroidissement et offre l'apparence d'un calcaire saccharoïde ou marbre statuaire. Cette belle expérience de Hall a beaucoup servi pour établir des principes de métamorphisme et l'on conçoit, en effet, que la même opération ait pu se reproduire quelquefois dans l'intérieur de la terre. On observe, par exemple, en Irlande, dans les environs d'Antrim, que les couches de craie blanche, très-puissantes en cet endroit, sont transformées en marbre blanc très-cristallin dans le voisinage de filons de basalte qui le traversent. La figure 55 représente ce

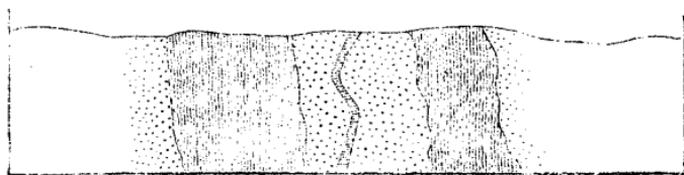


Fig. 55.

fait remarquable : la partie pointillée correspond aux régions de la craie devenues cristallines par métamorphisme. Les faits de ce genre sont très-fréquents, mais on en a beaucoup exagéré les conséquences et certains géologues ont étendu le domaine du métamorphisme jusque dans des régions qui n'ont certainement rien de commun avec lui.

C'est par un mécanisme tout à fait analogue à celui qui détermine le feu des volcans, que se produit le jaillissement des sources thermales : ce sont des sources dont la température élevée est fournie par les régions profondes. L'eau de ces sources tient en dissolution des principes minéraux dont beaucoup se déposent le long des fissures qui livrent passage au liquide et les tapisse d'incrustations variées.

La plus célèbre et certainement l'une des plus belles de toutes ces fontaines est le grand Geyser d'Islande. De loin, de légères vapeurs rampant sur la plaine basse, au pied de la montagne de Blafell, indiquent l'emplacement du jet d'eau et des sources voisines. La vasque de pierre siliceuse que le Geyser s'est lui-même

formée pendant le cours des siècles, n'a pas moins de 16 mètres de largeur et sert de bassin extérieur à un entonnoir de 25 mètres, du fond duquel s'élèvent les eaux et la vapeur. Une mince nappe liquide s'épanche par-dessus les bords de la vasque et descend en cascates sur la pente extérieure. L'air froid fait baisser la température de l'eau à la surface, mais en même temps la chaleur augmente de plus en plus dans les couches inférieures; en certains endroits, des bulles se forment au fond de l'eau et viennent éclater dans l'air. Bientôt des couches de vapeur s'élèvent en nuages dans l'eau verte et transparente; mais, rencontrant les masses plus froides de la surface, elles se dissolvent de nouveau. Enfin, elles arrivent presque dans la vasque et soulèvent les eaux en bouillonnant; les vapeurs jaillissent çà et là dans la nappe liquide, la température du bassin tout entier s'élève au point d'ébullition, la surface se gonfle en masses écumeuses, le sol tremble et mugit sourdement. La chaudière laisse échapper sans cesse des nuages de fumée, qui tantôt s'accumulent sur le bassin, tantôt sont balayés par le vent. Quelques moments de silence succèdent de temps en temps au sifflement des vapeurs. Tout à coup la résistance est vaincue, l'énorme jet s'élance avec fracas, et comme un pilier de marbre éblouissant surgit à plus de 50 mètres dans les airs. Un deuxième, puis un troisième jet se succèdent rapidement; mais le magnifique spectacle ne dure qu'un petit nombre de minutes. La vapeur s'échappe; l'eau refroidie, tombe dans la vasque et sur le pourtour du bassin, et, pendant des heures ou même des jours, on attend vainement une nouvelle explosion. En se penchant au-dessus de l'entonnoir, duquel sortait un tel orage d'écume et de bruit, et où on ne voit plus alors qu'une eau bleue, transparente, faiblement ridée, on peut à peine croire, dit le chimiste Bunsen, au changement soudain qui vient de s'opérer. Les minces dépôts de matières siliceuses que laissent en s'évaporant les eaux bouillonnantes, ont déjà formé un monticule conique autour de la source, et tôt ou tard, la margelle de pierre grandissante aura tellement accru la pression de la masse liquide dans la fontaine, que les eaux s'ouvriront à la fin une nouvelle issue en dehors du cône.

L'étude des dépôts des sources thermales dévoile de la manière

la plus complète le mode de formation des filons métallifères et montre qu'ils sont dus sans aucun doute à l'existence d'anciennes sources thermales douées de propriétés plus énergiques que celles des sources actuelles.

Les autres dépôts métallifères doivent aussi être attribués à des actions hydrothermales et nous aurons à revenir sur ce point en traitant des roches.

C'est à cette même chaleur interne que doivent être attribués les bossellements ou *mouvements généraux* de l'écorce du globe. Ce sont, comme on sait, des oscillations que la croûte terrestre manifeste dans diverses régions et qui témoignent à la fois de la minceur de cette croûte et de l'existence dans la profondeur d'un noyau entièrement fluide. On constate actuellement de ces oscillations dans une foule de localités, comme au Chili et en Suède, et nous aurons l'occasion d'y revenir. L'un des points les plus célèbres à cet égard, est le

temple de Sérapis (fig. 54) dont les colonnes ont gardé, dans les empreintes qu'y ont laissé les mollusques lithophages, le témoignage d'un séjour temporaire dans la mer, qui, aujourd'hui, ne saurait les atteindre même lors des plus grandes eaux.

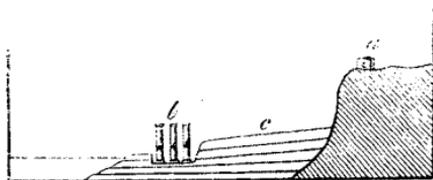


Fig. 54.

C'est à ces bossellements que sont dues les formations de chaînes de montagnes qui sont venues, à toutes les époques, modifier les dispositions relatives des continents et des mers.

On reconnaît, en effet, que, dans la plupart des chaînes de montagnes, conformément à ce que montre la figure 55,



Fig. 55.

l'axe (a) est formé par des roches cristallines qui, poussées de la profondeur, sont venues redresser les couches stratifiées (b), qui se trouvaient au-dessus. L'existence de couches horizontales (c) par-dessus les précédentes, permet, dans beaucoup de cas, de préciser l'époque géologique du soulèvement.

Quant à la cause des soulèvements, M. Élie de Beaumont, dans un travail qui a fait époque, la voit dans le refroidissement même de la Terre. L'écorce terrestre, suivant lui, porte en elle la loi suivant laquelle, les directions des différents systèmes de montagnes se sont coordonnées entre elles et commandé successivement les unes aux autres. Chaque grand cercle médian d'un système de montagnes aurait été astreint, au moment de l'apparition de ce système, à coïncider avec un de ceux dont se compose le réseau pentagonal qu'on peut tracer sur la sphère. En outre, le grand cercle du réseau pentagonal, *choisi* sur le nouveau système de montagnes, aurait dû se trouver, relativement aux grands cercles des systèmes antérieurs, dans une situation déterminée. Il aurait dû, par exemple, être perpendiculaire à l'un d'eux, ou former avec lui un angle d'une valeur égale à celle d'un des angles existants dans le réseau pentagonal. Lorsque les combinaisons susceptibles de satisfaire à ces conditions auraient été épuisées, chaque nouveau système de montagnes aurait reproduit la direction d'un des systèmes antérieurs, ou, en d'autres termes, aurait coïncidé avec lui ; de là les systèmes récurrents. L'apparition de chaque système aurait ajouté un nouveau cercle et de nouvelles mailles au réseau pentagonal. Celui-ci se serait peu à peu accentué à la surface du globe, après n'avoir eu, pendant les premiers temps géologiques, qu'une existence virtuelle.

CHAPITRE III

VIE DE LA TERRE

Dans les deux chapitres qui précèdent, nous avons considéré le globe terrestre sous deux points de vue très-différents.

Un premier coup d'œil d'ensemble nous a permis de préciser jusqu'à un certain point les phases par lesquelles notre planète a passé pour arriver à l'état qu'elle présente aujourd'hui : nous avons pu nous faire une idée de sa naissance et de son développement et, si l'on veut, en suivre l'*embryogénie*. Et, comme conclusion de cette première étude, nous avons reconnu que le soleil paraît présenter actuellement des conditions analogues à celles où se trouva la terre à une époque fort reculée, tandis que, à l'inverse, la lune semble nous offrir l'image de ce que la terre sera après sa mort, avant sa désagrégation.

Nous avons fait ensuite l'*anatomie* de l'astre auquel notre existence est liée. Nous avons reconnu différents tissus : les terrains ; nous y avons observé divers organes : les volcans, les sources, les glaciers, etc.

Il reste à montrer comment fonctionnent ces organes ou, pour suivre notre comparaison à étudier la *physiologie* du globe terrestre.

Ces mots, *embryogénie*, *anatomie*, *physiologie*, bien qu'inusités dans le sens où nous les employons ici, ne sont cependant pas im-

propres ; car, le globe considéré dans son ensemble est assimilable, à un certain point de vue, et dans une large mesure, à un être vivant.

Ce qui caractérise la vie en un être quelconque, c'est l'exercice de certaines fonctions dont le résultat est de faire décrire à des molécules matérielles un cercle dans lequel elles peuvent être ou non soumises à des modifications chimiques : c'est, par exemple, chez les animaux le fait de faire transformer les matières nutritives en tissus ; c'est le fait de parcourir, aux globules du sang leur long trajet, etc.

Or, des phénomènes de même genre se manifestent à la surface et dans les profondeurs de la terre et cela en très-grand nombre. Ici, comme chez les animaux, chaque fois que nous verrons une certaine cause déterminer un certain effet, nous trouverons à côté une cause antagoniste développant l'effet inverse ; de façon que la terre, tout en suivant les phases de son développement, tend, comme un être organisé à conserver son état primitif d'équilibre.

Un exemple fera bien comprendre cette statistique du globe. Je choisirai le double fait de la destruction et de la production des montagnes.

Plusieurs causes concourent à la destruction des montagnes.

La *pluie* constitue à ce point de vue, le plus grand agent géologique de la surface. Il suffit de jeter les yeux sur la carte d'un pays un peu accidenté pour se rendre compte de l'énergie d'action de la pluie : c'est elle qui creuse les crevasses qui, s'élargissant sans cesse, se transforment en ravins puis en vallées. L'île de la Réunion est une des localités où cette action est le plus évidente.

La figure 56 montre le mode d'attaque des diverses roches sous l'influence des agents naturels. *A* représente un rocher de grès ; *B*, de quartzite ; *C*, de calcaire, et *D*, de phonolithe.

On se rend également compte du même fait en étudiant les régions où il ne pleut jamais et entre autres certains points des Andes argentines. On n'y voit point de ces longues vallées, de ces ravins profonds, de ces larges cirques d'éboulement qui donnent un caractère si pittoresque à l'architecture des Pyrénées et des Alpes. D'en bas, le rempart des monts présente l'aspect d'une muraille uniforme et noirâtre, au-dessus de laquelle se dressent çà et là quelques pics

rayés de stries blanches ; le plateau de 4,000 à 4,500 mètres de hauteur moyenne, sur lequel s'élèvent ces montagnes isolées est, en maints endroits, presque parfaitement uni sur une largeur d'environ 80 kilomètres.

L'importance géologique de la pluie s'affirme d'une manière frappante quand on songe que ce phénomène météorologique est la vraie cause d'éboulements de montagnes entières ou de quartiers de montagne, tel que celui qui, en 1806, ensevelit la vallée de Gol-

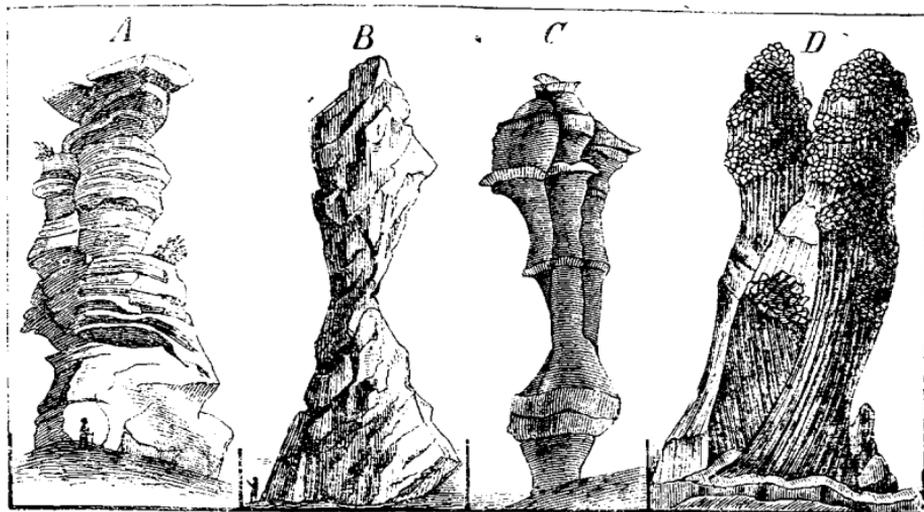


Fig. 56.

dau sous les débris du Rossberg. Le délayage d'une couche d'argile sous l'influence de la pluie détermina le glissement d'une masse sus-jacente formée de calcaire supportant des forêts et mesurant 40 millions de mètres cubes. Le frottement exercé lors de ce glissement produisit tant de chaleur que des flammes s'élancèrent vers le ciel et que l'eau du sol subitement vaporisée produisit des explosions formidables.

A côté de la pluie se placent, comme agents de démolition des montagnes, les *glaciers* qui travaillent si activement à transporter dans les régions basses les blocs et les boues détachés des sommets, et construisent ainsi ces murailles latérales ou terminales

que nous décrivions tout à l'heure sous le nom général de moraines.

C'est comme appendice aux glaciers que les *torrents des montagnes* doivent être considérés. Leur action destructrice est plus grande encore que celle des glaciers qui leur donnent naissance, car leur vitesse de translation, et par conséquent la grandeur de l'effort qu'ils exercent contre les roches, est beaucoup plus considérable. Le régime de ces eaux est remarquable par ses variations rapides : le niveau monte parfois brusquement de 20, de 50 ou de 40 mètres.

Enfin, pour ne parler que des causes très-efficaces de démolition des parties élevées du sol, rappelons que la *mer* travaille très-activement à corroder et à détruire les falaises qui la bordent sur tant de points ; elle s'aide dans cette œuvre des galets qui bordent le littoral et qu'elle lance comme des projectiles contre les roches à désagrèger.

Il faut bien remarquer, du reste, que le comblement progressif des océans, et en général de toutes les parties basses aux dépens des parties hautes, concourt avec les démolitions de montagnes à produire le nivellement du sol.

Les torrents transportent dans les plaines les débris arrachés par eux des hauteurs, causant ainsi parfois de véritables désastres, puisque des pays fertiles peuvent être recouverts de débris pierreux.

Les fleuves qui sont la suite naturelle des torrents opèrent, quoique plus lentement, dans le même sens et l'on peut dire avec M. Reclus (*La Terre*) que leur idéal paraît être d'arriver à la mer en décrivant une parabole régulière : constamment ils travaillent à rapprocher leur lit de cette forme et pour cela transportent incessamment dans les fonds des matériaux solides arrachés aux parties élevées. Les fleuves corrodent sans cesse leurs rives et c'est aux dépens de celles-ci qu'ils édifient les îles qui parsèment leurs cours ou les deltas qui croissent à leur embouchure.

En résumé, par suite de la démolition des montagnes et du comblement des océans, le globe tend vers un nivellement général.

Mais, comme on l'a vu au précédent chapitre, il est une cause qui tend à produire l'effet inverse, c'est-à-dire à déterminer des soulèvements de l'écorce solide.

Nous avons, dans l'épaisseur de cette écorce, de nombreuses preuves, que des soulèvements de ce genre ont eu lieu à maintes reprises. A chaque pas on observe des *failles*, c'est-à-dire des fissures, à droite et à gauche desquelles les couches du sol ont glissé en sens inverse, de façon à offrir des rejets parfois très-considérables (fig. 57). C'est ainsi, pour citer un exemple entre mille que

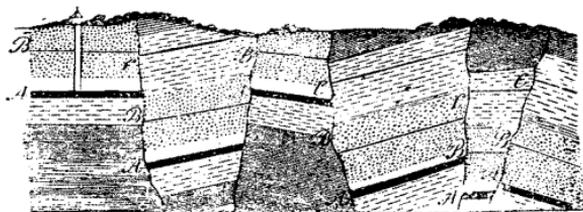


Fig. 57.

se sont formées les chaînes parallèles des Vosges et de la Forêt-Noire qui limitent la plaine du Rhin. La figure 58 montre la faille qui, à Saverne, correspond à l'exhaussement du grès des Vosges, *a*, au-dessus du grès bigarré: *b*, *c* représente le muschelkalk, et *d*, les marnes irisées.

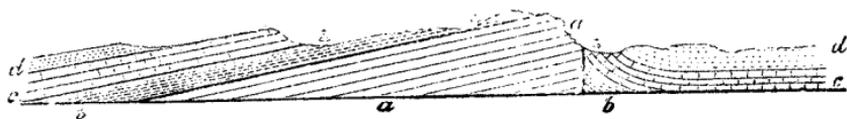


Fig. 58.

Il est facile aussi de reconnaître que, même à l'époque actuelle, des soulèvements du sol se produisent. Ils ont lieu, en général, avec une extrême lenteur; mais dans plusieurs régions devenues classiques, telle que la péninsule Scandinave et le Chili, ils ont pu être suivis pas à pas et mesurés avec précision.

Comme on voit, si l'on ne faisait attention qu'à ces causes, on pourrait croire au développement incessant des montagnes; mais, par suite du phénomène exposé en premier lieu, l'état d'équilibre se maintient d'une manière plus ou moins invariable.

Outre les phénomènes du genre qui viennent d'être rappelés, le

globe en présente qui ont encore plus d'analogie avec les fonctions des êtres organisés. Ce sont des circulations proprement dites.

Nous en pourrions citer un très-grand nombre; il suffira d'énumérer rapidement les principales.

On peut constater d'abord une circulation atmosphérique et superficielle de l'eau. Elle est trop connue pour que je fasse autre chose que de le rappeler : l'eau se volatilise sous l'action du soleil et va, dans les hautes régions de l'atmosphère, se former en nuages; ceux-ci, retombant en pluie ou en neige, alimentent les glaciers et les sources, et l'eau, réunie de nouveau dans les divers bassins, peut être aspirée par le soleil pour recommencer le même circuit.

Dans l'intérieur de l'écorce du globe, l'eau parcourt un second cercle analogue au précédent. Toutes les roches sont plus ou moins perméables. L'eau superficielle s'introduit donc dans le sol, l'imprègne, prend la température de plus en plus élevée des couches qu'elle rencontre successivement et peut, dans certaines régions où existent des fissures convenablement disposées, revenir à la surface en vertu des lois de l'hydrostatique. C'est ainsi que s'explique le mécanisme des sources thermales et des geysers; c'est peut-être aussi, comme nous le disions tout à l'heure, par suite de cette circulation profonde de l'eau, que les phénomènes des volcans et des tremblements de terre se produisent. Il est certain que l'eau, arrivant au contact des matières fondues, dont on doit admettre l'existence dans les profondeurs, déterminerait, par la force élastique de sa vapeur, des effets mécaniques très-énergiques. Mais on a objecté à cette théorie que précisément la force élastique en question doit s'opposer à l'introduction de l'eau dans les régions profondes.

Au sein des océans, on observe un système compliqué de circulation, un réseau plus ou moins analogue à l'ensemble des vaisseaux d'un animal ou d'une plante. A l'équateur l'évaporation des mers est plus abondante que partout ailleurs, il en résulte que les eaux polaires doivent se précipiter dans cette direction pour réparer la perte subie par la région moyenne; mais en vertu de la vitesse acquise, il vient plus d'eau qu'il n'est nécessaire pour combler le déficit et un contre-courant s'établit. Le mouvement de

rotation de la terre modifie d'ailleurs la forme de ces courants, qui se présentent comme des cercles tangents à l'équateur et au pôle.

Deux courants de ce genre existent dans l'océan Atlantique et deux dans l'océan Pacifique; il y en a, en outre, un dans la mer des Indes. Le plus connu de tous est celui de l'hémisphère nord de l'océan Atlantique; on lui donne le nom de *gulf-stream* : il transporte de la chaleur prise au tropique jusque sous nos latitudes et sert de véhicule aux bois des Antilles, qui viennent échouer en Islande ainsi qu'aux graines américaines qui poussent aux Açores. C'est de lui que Maury pu dire dans son magnifique langage : « Il est un fleuve dans l'Océan; dans les plus grandes sécheresses, jamais il ne tarit; dans les plus grandes crues, jamais il ne déborde. Ses rives et son lit sont les couches d'eau froide, entre lesquelles coulent à flots pressés ses eaux tièdes et bleues. Nulle part, sur le globe, il n'existe un courant aussi majestueux. Il est plus rapide que l'Amazone, plus impétueux que le Mississipi, et la masse de ces deux fleuves ne représente pas la millième partie du volume d'eau qu'il déplace. »

Il se passe dans l'atmosphère des mouvements tout aussi réguliers que ceux dont l'Océan est le théâtre. Ils reconnaissent les mêmes causes, car ils sont dus comme ces derniers à l'échauffement inégal de l'équateur et des pôles et au mouvement de rotation du globe.

A l'équateur, l'air raréfié s'élève, et, pour combler le vide relatif ainsi produit, des courants s'établissent dont le point de départ sont les pôles. Là aussi, il se fait un vide : des afflux descendant tendent à le combler, et un double courant supérieur dirigé de l'équateur vers les pôles, complète deux cercles symétriques. La rotation de la terre s'oppose à ce que ces cercles soient dirigés suivant le méridien; ils font avec eux un angle aigu. Ces courants réguliers sont bien connus sous le nom d'*alizés* et de *contre-alizés*.

Enfin, il faut mentionner parmi les phénomènes circulatoires du globe, l'échange incessant de chaleur, de lumière et, sans doute, aussi de magnétisme et d'électricité qui a lieu entre les planètes. C'est, pour ces grands êtres, l'analogie de la vie de relation chez les animaux.

Jusqu'ici nous n'avons vu en jeu que des forces physiques et chimiques. Ce ne sont pas les seules qui se manifestent à la surface du globe. A leurs effets s'ajoutent ceux de la force physiologique, à laquelle l'écorce terrestre doit en très-grande partie sa structure et son aspect actuels.

Les êtres vivants existent, en effet, sur la terre, dans les conditions les plus diverses. On en a rencontré à toutes les latitudes et à toutes les altitudes ; les couches superficielles du sol en renferment elles-mêmes jusqu'à une assez grande profondeur ; la mer a sa faune et sa flore à toutes les profondeurs et sous tous les climats ; la glace des glaciers offre des animaux et des plantes spéciales ; enfin, l'air suffit à la nourriture de certains végétaux, qui ne demandent qu'un simple support aux arbres sur lesquels ils croissent.

Le rôle géologique de tous ces êtres est immense. Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur l'ensemble des terrains stratifiés et de voir l'importance des roches dues en partie ou même en totalité à l'accumulation de débris végétaux ou animaux : la houille, la plupart des calcaires, le tripoli sont du nombre.

Nous assistons à l'édification de couches du globe par les êtres organisés. La croissance des tourbières, le développement des récifs madréporiques ou *Atolls*, que nous avons déjà décrits, sont des exemples familiers à tout le monde. Le rôle bien connu des organismes inférieurs dans la formation de la terre végétale, doit aussi être mentionné d'une manière toute particulière.

Les êtres vivants déterminent à la surface du globe des phénomènes spéciaux de circulation de matière. L'un des plus remarquables (sans doute, parce qu'il est l'un des mieux étudié), est la circulation du carbone. L'acide carbonique, dont l'origine première doit être recherchée dans les émanations venant des profondeurs, est décomposé par les végétaux ; l'oxygène devenu libre est absorbé par les animaux, qui l'exhalent ensuite sous forme d'acide carbonique ; quant au carbone fixé par les plantes, il est repris par les animaux herbivores, qui le brûlent de façon à fermer le cercle de ces transformations.

En ajoutant la force physiologique aux forces physiques et chimiques, nous n'avons pas encore fini d'énumérer tous les agents qui déterminent les phénomènes géologiques.

Au-dessus de ces divers agents doit être placée la force intellectuelle, qui a déjà produit des effets importants et qui promet de modifier profondément l'état géologique et climatérique de la surface du globe. L'être qui seul met cette force en jeu, l'homme, produit par son travail des résultats entièrement comparables à ceux de la force physiologique et même des forces physico-chimiques.

Parmi les principales œuvres géologiques de l'homme, nous devons citer les conquêtes réalisées sur la mer au profit de la terre ferme. L'une des plus caractéristiques est celle qui a valu au sol de la Hollande tout le fond de la mer de Harlem.

Elle avait 21 kilomètres de long, 10 kilomètres de large et 4 mètres de profondeur moyenne, représentant ainsi environ 724 millions de mètres cubes d'eau. C'est en 1856 qu'on décida de la dépêcher à cause du danger d'inondation dont elle menaçait Amsterdam, et, en 1852, le travail était fini, grâce à trois machines à vapeur qui retiraient ensemble 200 mètres cubes d'eau par coup de piston. Le travail coûta 33 millions, mais le *Polder* en vaut aujourd'hui 150.

La mer de Harlem n'est pas la seule qui puisse être soumise à ce travail d'assèchement : le Zuydersée serait depuis longtemps mis à sec, si l'on n'avait reconnu que son fond ne serait point favorable à la culture. En Danemark, en Angleterre, en France même, les exemples sont nombreux de dessèchements tout pareils à ceux des Pays-Bas.

Une seconde grande œuvre géologique que l'homme est en train d'accomplir, c'est le *colmatage*. Cette opération a pour but d'empêcher les fleuves d'aller englober dans la mer des quantités énormes de limon qu'ils charient, limon offrant les qualités les plus précieuses au point de vue agricole. On peut, pour fixer les idées, rappeler à ce sujet la plus connue de nos rivières torrentielles, la Durance dont la puissance fécondante n'est pas moins célèbre que sa puissance dévastatrice. Dans une intéressante étude sur le parti qu'on pourrait tirer en agriculture des alluvions naturelles, M. Hervé Mangon, après avoir établi que le produit annuel, en limons, de ce cours d'eau, n'atteint pas moins de 11 millions de mètres cubes, fait observer, pour mieux mettre en relief la valeur de cette source de richesses, aujourd'hui pres-

que entièrement perdues, qu'elle représente une couche d'excellente terre végétale de 25 centimètres d'épaisseur, uniformément répartie sur 200,000 hectares. Cette masse contient, dans l'état de combinaison la plus favorable aux plantes, plus d'azote que 100,000 tonnes de guano et plus de carbone que 49,000 hectares de forêts.

Ceci posé, il s'agit de forcer les fleuves à venir déposer leur limon dans les terres au lieu de les porter à l'Océan ; c'est-à-dire, qu'au moyen de canaux, on imite ce qui se fait naturellement sur les rivages du Nil, et ce qui donne à l'Égypte son incomparable fertilité.

La valeur agricole de ces limons des fleuves a conduit un ingénieur des plus distingués, M. A. Duponchel, à imaginer un procédé de fabrication synthétique de la terre végétale, qui consisterait à démolir au moyen de jets d'eau des roches choisies dans des parties élevées de montagnes et à faire écouler les boues par des canaux jusque sur le sol stérile que l'on voudrait fertiliser. L'auteur propose spécialement d'amener dans les landes de Gascogne les éléments argileux et calcaires qui leur manquent en les empruntant aux Pyrénées. Nul doute que cette idée remarquable ne soit pleine d'avenir.

Le forage des puits artésiens doit compter aussi parmi les phénomènes géologiques. Outre les services qu'ils rendent en fournissant de l'eau, ils arrivent parfois à modifier complètement les conditions des régions où ils s'ouvrent. C'est ce qui a lieu en ce moment dans le Sahara, où les forages, d'ailleurs particulièrement faciles, sont devenus depuis quelque temps extrêmement nombreux. Autour de chaque puits se développe une oasis et le désert recule progressivement devant l'armée des sondeurs.

La fixation des dunes nous offre le spectacle d'une lutte analogue. Si on laissait le vent agir librement il continuerait de pousser le sable mobile dans l'intérieur des terres, mettrait partout le désert à la place des cultures et des villages ; mais les plantations arrêtent le sable et l'action de l'homme consiste ici à paralyser celle du vent.

Le percement des isthmes et celui des montagnes modifiant, dans une certaine mesure, les conditions de la surface du globe,

méritent aussi d'être cités dans l'œuvre géologique de l'homme.

Il faut, d'ailleurs, bien remarquer que cette œuvre n'ayant pas toujours été faite suivant un plan général raisonné, a parfois des résultats funestes. C'est ainsi que les déboisements du Dauphiné ont permis aux torrents d'emporter en maints endroits la terre végétale et de ruiner des territoires étendus.

Dans d'autres cas, le résultat quoique imprévu présente des caractères moins graves; c'est ainsi que, d'après M. Rayet, la météorologie du lac Timsah est complètement changée depuis le percement du canal de Suez : là où, de mémoire d'homme, il n'avait jamais plu, on observe des brouillards analogues à ceux de Londres et, par conséquent, des pluies fréquentes.

Il y a donc lieu de réfléchir aux résultats de certains travaux entrepris sur une échelle progressivement croissante, et de se demander si l'on ne fera pas bien de s'arrêter avant d'avoir accompli l'œuvre tout entière. Ainsi, le forage des puits sahariens tend à substituer au désert de vastes étendues couvertes de plantes; or, si nous supposons la substitution complètement opérée, nous devons reconnaître qu'il en résultera pour la météorologie de l'Europe une perturbation profonde. Le vent brûlant du midi (mistral, föehn, etc.) étant remplacé par un vent chargé d'eau, les glaciers des Alpes pourront s'accroître très-rapidement et descendre plus avant dans les vallées; des montagnes moins hautes pourront-elles aussi se couvrir de glaces et rien ne prouve que la climatologie de la période glaciaire ne se reproduirait pas.

Arrêtons ici ces remarques qui mériteraient une étude attentive : elles nous montrent que la terre est le siège de fonctions qui s'accomplissent sous l'influence d'agents au nombre desquels l'homme doit être compté et que ces fonctions permettent d'assimiler le globe à un être vivant.

DEUXIÈME PARTIE

LITHOLOGIE PRATIQUE

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉNÉRALE DES ROCHES

On donne le nom spécial de *roche* à tout minéral ou à tout assemblage de minéraux formant des masses assez considérables pour jouer un rôle notable dans l'économie de l'écorce du globe.

Cette définition, la seule en définitive que l'on puisse donner, comporte évidemment beaucoup de vague et d'arbitraire : les mêmes substances seront considérées par certains lithologues comme étant des roches, tandis que d'autres, avec autant de raison, leur refuseront cette qualité et les considéreront comme de simples accidents, sans importance au point de vue de la masse totale de la croûte terrestre. C'est ainsi, par exemple, que les matières entrant dans la constitution des filons n'ont pas, aux yeux de beaucoup de géologues et en raison même de leur faible volume, le caractère essentiel des roches ; cependant comme, d'autre part, les filons sont, en quelque sorte, des organes fondamentaux du globe, d'autres lithologues les introduisent dans leurs systèmes pétrologiques.

Toutefois, et malgré le vague que nous lui reconnaissons, nous

adoptons la définition donnée ci-dessus, par cette double raison qu'elle est généralement admise et surtout qu'on n'en saurait imaginer une meilleure : la définition des objets mal caractérisés doit nécessairement être vague.

Il importe, en effet, dès le début, de bien remarquer que les roches constituent des objets très-mal définis, ou plutôt des objets qui, par leur nature même, échappent à toute définition rigoureuse. Leurs caractères, d'ailleurs fort nombreux et d'importance fort inégale, présentent cette particularité de varier insensiblement dans des limites très-larges, ce qui empêche de s'en servir d'une manière absolue comme signes distinctifs. Il résulte de là que toutes les divisions qu'on tentera d'établir parmi les roches seront mal limitées et tendront à disparaître sous les transitions les plus insensibles : nous aurons l'occasion de revenir tout à l'heure sur ce sujet.

En résumé, entre les minéraux proprement dits et les roches, nous sommes incapables de formuler une différence absolue : le granite est évidemment une roche et la phénakite est évidemment un minéral. Mais où commencent les roches ? voilà ce que nous ne pouvons dire.

Un second point fort important à faire ressortir, c'est la nature des considérations qui servent à décider si telle ou telle masse minérale mérite ou non la dénomination de roche. Ces considérations, essentiellement différentes, comme on verra, de toutes celles qui, suivant nous, doivent intervenir en lithologie proprement dite, ces considérations sont complètement géologiques.

A la vue d'un échantillon de quelques centimètres comme on en trouve dans les collections, il est impossible de savoir si on a à faire à une véritable roche. Par exemple, on pourra avoir à examiner à la fois un très-petit échantillon de granite et un très-volumineux échantillon de béryl. Comment savoir où est la roche, à supposer qu'il y en ait une ?

En désertant le laboratoire, en allant sur le terrain pour observer *en place* les masses qu'il s'agit d'étudier. C'est là seulement qu'on voit le granite former des montagnes à lui seul, tandis que le béryl constitue une rareté dispersée çà et là sous un volume absolument insensible pour le lithologiste.

Voilà quel est le travail nécessaire pour arriver à donner à chaque roche l'espèce de *passé-port* sans lequel elle ne peut être admise dans le cadre d'un ouvrage analogue à celui-ci. Et ceci a beaucoup d'importance.

En effet, supposons que le mélange du quartz et du mica constitue des amas suffisamment puissants pour être rangés parmi les roches, il est très-important pour nous, à la suite de l'étude des propriétés du quartz et de celles du mica, d'étudier les propriétés de cet assemblage naturel semblable jusqu'à un certain point vis-à-vis du globe terrestre à un tissu par rapport à un être vivant.

Au contraire, si nous trouvons des échantillons contenant à la fois du disthène et du mica, nous ne trouverons aucun intérêt à étudier ce mélange en lui-même : chacun des minéraux qu'il contient doit être bien connu, mais leur réunion ne représente rien qui puisse nous toucher au point de vue de l'histoire de la terre.

Une fois les *passé-ports* en question donnés aux diverses masses minérales dignes de les recevoir, toute étude géologique, qu'il s'agisse de la stratigraphie ou de l'origine probable ou même certaine des roches, doit, au point de vue pétrologique, être, selon nous, absolument mise de côté. Cette étude présente une importance qui ne saurait être contestée, mais nous croyons que c'est tout confondre que de les faire intervenir ici. Nous aurons, du reste, à revenir sur ce point et à montrer les inconvénients d'une pareille confusion, d'ailleurs commise bien souvent.

Bien loin de nous, du reste, est la pensée de proscrire de l'histoire des roches les considérations géologiques. Nous croyons, comme on le verra plus loin, qu'il est très-utile, indispensable même d'ajouter à la description d'une masse minérale, des notions sur son gisement et des hypothèses sur son origine ; mais des considérations pétrographiques doivent seules être invoquées pour *définir* les roches.

Ainsi donc, nous voici, par hypothèse, en présence d'un échantillon de toutes les masses minérales dignes du nom de roches. Comment devons-nous nous y prendre pour les étudier ?

Évidemment nous travaillerons d'abord à diviser la difficulté et pour cela nous rapprocherons les masses analogues et nous séparé-

rons les masses évidemment différentes. Seulement, par rapport à quoi ferons-nous ce triage ?

Mettrons-nous ensemble les roches de même couleur ou les roches de même densité ou les roches de même composition, etc. ?

Le choix ne saurait être douteux. C'est le caractère de la composition qui prime tous les autres, et c'est à celui-là que nous recourrons.

On s'en assurera en examinant rapidement les principaux caractères des roches.

§ 1^{er}. — PRINCIPAUX CARACTÈRES DES ROCHES.

Les principaux caractères des roches se rangent très-naturellement sous quatre chefs distincts suivant qu'ils se rapportent :

- 1° A la composition ;
- 2° Au gisement ;
- 3° Au mode de formation ;
- 4° A la structure.

Voyons d'une manière rapide en quoi consistent ces divers caractères et quelle peut être leur valeur au point de vue pratique où nous sommes placés.

Caractères relatifs à la composition.

Il suffit d'un examen très-superficiel pour constater que les roches sont les unes simples, les autres composées. Les premières, souvent désignées sous la dénomination de *roches homogènes*, sont formées d'éléments ou d'individus minéralogiques de nature uniforme. Les grès quartzeux, le sel gemme, le marbre grenu, peuvent être cités comme exemples de roches homogènes. Les roches composées dites aussi *hétérogènes* sont constituées par la réunion d'individus appartenant à diverses espèces minérales. Parmi ces roches, qui sont extrêmement nombreuses, nous pouvons citer le granite, la pegmatite, l'ophicalce, etc. Ajoutons que M. Cordier donnait le nom de roches *surcomposées* à celles qui, comme la

brèche universelle d'Égypte, par exemple, sont formées de fragments appartenant à des roches diverses, composées elles-mêmes.

La considération relative à la composition d'une roche doit se diviser en deux, suivant qu'elle a trait au volume ou à la nature des parties élémentaires ou, pour parler avec plus de précision, des *individus minéralogiques* qui la constituent.

En général, ces individus minéralogiques sont fort petits et souvent même d'un volume inappréciable à l'œil nu. Comme le fait remarquer M. d'Orbigny, les plus grands cristaux connus offrent un volume d'environ 1 mètre, et il n'y a que le cristal de roche qui présente ces dimensions gigantesques. Ces colosses minéralogiques ne sont dus qu'à des circonstances accidentelles; d'ordinaire, les plus gros individus sont infiniment plus petits. Ainsi la tourmaline forme rarement des cristaux de 16 centimètres de longueur; le grenat qui atteint quelquefois la grosseur de la tête a communément un volume qui ne dépasse guère 2 à 3 millimètres. Mais, nous le répétons, ce sont là des faits tout à fait exceptionnels, et le plus souvent les cristaux contenus dans les roches et qui d'ordinaire n'offrent que des cristaux plus ou moins irréguliers, sont microscopiques ou sub-microscopiques. Dans certaines roches, le volume des parties minérales élémentaires échappe aux instruments grossissants les plus perfectionnés; ainsi de quelque manière que l'on s'y prenne, il est jusqu'ici impossible de distinguer les dernières parties indivisibles de l'argile, de la marne, du silex, comme aussi des masses vitreuses qui résultent du répartitionnement de certaines larves, comme l'obsidienne et la gallinace.

Sous le rapport du volume des parties individuelles, on peut distinguer : 1° les roches *phanérogènes*, c'est-à-dire dont les parties sont apparentes et discernables à l'œil nu (le granite); 2° les roches *adélogènes* dont le volume des parties est caché et invisible (basalte, pétrosilex); 3° les roches partie adélogènes et partie phanérogènes : telles sont les mélaphyres, composés d'une pâte compacte avec cristaux discernables et reconnaissables à l'œil nu. La simplicité de composition que présentent à première vue les roches adélogènes n'est souvent pas réelle. De là cette illusion, qui anciennement a fait introduire à tort plusieurs de ces roches adélogènes comme espèces proprement dites dans la méthode minéralogique ;

telles sont les fausses espèces minérales nommées trapp, cornéenne, basalte. Or on voit depuis longtemps maintenant que cette dernière roche, par exemple, renferme trois minéraux essentiels distincts (le feldspath labrador, le pyroxène auzite et le fer titané), plus un minéral accidentel très-fréquent (le péridot).

Sous le rapport de la matière des parties individuelles des roches, on peut distinguer autant de compositions qu'il existe de mélanges naturels en y ajoutant, bien entendu, le nombre, assez considérable du reste, des roches simples. On n'arrive à déterminer la nature des éléments des roches que par les procédés spéciaux dont nous dirons un mot dans un moment; mais nous croyons tout à fait indispensable de donner ici la liste des principaux minéraux qui entrent comme éléments essentiels dans la constitution des roches. Ils sont au nombre de 57; les voici disposés d'après la classification minéralogique la plus généralement adoptée.

1° La graphite; — 2° les carbures d'hydrogène tels que le pétrole; — 3° les oxycarbures d'hydrogène, tels que les bitumes; — 4° les composés azotohydrocarbonés, dits combustibles minéraux; — 5° le soufre; — 6° la chalkopyrite; — 7° le galène; — 8° la blende; — 9° la pyrite; — 10° la pyrite magnétique; — 11° le fer aimant; — 12° l'oligiste; — 13° la limonite; — 14° la pyrolusite; — 15° l'acérodèse; — 16° le quartz; — 17° l'opale; — 18° la bauxite; — 19° le corindon; — 20° le sel gemme; — 21° la fluorine; — 22° la tourmaline; — 23° le grenat; — 24° la macle; — 25° la staurotide; — 26° l'épidote; — 27° l'orthose; — 28° l'oligoklase; — 29° l'albite; — 30° le labrador; — 31° la néphéline; — 32° l'amphigène; — 33° la mellilite; — 34° les zéolithes; — 35° les micas; — 36° la chlorite; — 37° divers hydrosilicates d'alumine mal déterminés; — 38° la glauconie; — 39° le péridot; — 40° le talc; — 41° le pyroxène; — 42° la diallage; — 43° l'hypersthène; — 44° l'amphibole; — 45° divers hydrosilicates de magnésie mal déterminés; — 46° la sidérose; — 47° la calamine; — 48° la magnésite; — 49° la dolomie; — 50° la calcite; — 51° le natron; — 52° l'apatite; — 53° l'alunite; — 54° la barytine; — 55° la célestine; — 56° la karsténite; — 57° le gypse.

Il était utile de faire cette énumération, mais nous sortirions

du sujet si nous exposons les caractères minéralogiques de ces diverses substances. Tout au plus devons-nous donner, d'après M. Cordier, une idée de l'importance comparée au point de vue géologique des espèces précédentes :

Si, dit M. d'Orbigny, résumant les faits signalés par M. Cordier, si l'on suppose que l'écorce consolidée du globe a une épaisseur de 20 lieues métriques, soit 100 kilomètres, et que l'enveloppe secondaire ou sédimentaire ne constitue qu'un vingtième de cette épaisseur, voilà ce qu'on trouve :

| | |
|---|------------------------|
| 1° Le feldspath forme | 48 |
| 2° Le quartz | 55 |
| 3° Le mica | 8 |
| 4° Le talc | 5 |
| 5° Les carbonates de chaux et de magnésie (y compris les débris de coquilles et de zoophytes, etc.) | 1 |
| 6° L'amphibole | } Ensemble 1 |
| 7° Le diallage | |
| 8° Le pyroxène | |
| 9° Le péridot | |
| 10° L'argile (sous toutes ses formes) | 1 |
| 11° Toutes les autres substances qui jouent un rôle notable dans les roches | 1 |
| | <u>100</u> |

Ces dernières substances sont, en suivant l'ordre décroissant de leur importance : le grenat, l'épidote, l'amphigène, le gypse, l'anhydrite, le chlorure de sodium, l'anthracite, la houille, le lignite, l'hydrate de fer, le carbonate de fer, la pinite, la mâcle, la staurotide, la tourmaline, le soufre, le bitume et le dysodyle, l'oxyde de manganèse, le bois fossile, la terre d'ombre, la tourbe, le sulfure de fer.

Caractères relatifs au gisement.

Les caractères tirés du gisement présentent en général extrêmement peu de précision et sont très-mal définis. Ils sont tirés de la situation stratigraphique des diverses roches. Ainsi le granite occupe une autre position que la houille et une autre aussi que la galène. On exprime pour chaque roche le caractère dont il s'agit

en disant à quel étage géologique elle se présente. C'est ainsi qu'il y a des grès permien, des phyllades siluriens, des argiles tertiaires, etc.

Caractères relatifs au mode de formation.

L'étude du mode de formation des roches est un des points les plus intéressants de la géologie. Cette étude est loin d'être complète. Dès à présent on sait d'une manière générale que certaines roches se sont formées par la voie ignée (basalte), d'autres par la voie humide (limon), d'autres par la voie hydro-thermale (les filons), d'autres, enfin, par une voie mixte qu'on imite dans les laboratoires en opérant dans l'eau suréchauffée (les laves, les roches métamorphiques).

Les roches *pyrogènes*, ou dues à la voie ignée, sont cristallines et stratiformes quand elles ont pu se refroidir lentement et avec tranquillité. D'après l'hypothèse généralement admise, exposée au début de ce livre, ces roches résultent du premier refroidissement d'une partie de la matière incandescente qui, à l'origine, constituait tout le globe. Dans cette manière de voir, d'autres roches pyrogènes de refroidissement, mais sans doute analogues aux diverses roches trachytique et basaltiques, continuent lentement à se former aujourd'hui sous l'écorce consolidée, dont elles augmentent continuellement l'épaisseur. On pense que certaines roches pyrogènes, telles que le granite et le porphyre, proviennent de cette même matière incandescente qui a pénétré dans les fissures consolidées et s'y est épanchée. C'est encore parmi les roches pyrogènes qu'il faut placer les cendres volcaniques et toutes les matières meubles qui forment des couches fragmentaires, lapillaires, cinériformes, etc., autour de bouches ignivomes.

Les roches d'origine aqueuse sont dites souvent *neptuniennes*, souvent elles sont cristallisées et paraissent résulter presque toutes dans ce cas d'une précipitation chimique qui a lieu, soit dans la mer (sel gemme), soit dans les eaux douces (certains calcaires cristallins). Il y a beaucoup d'autres roches neptuniennes qui sont le produit du dépôt pur et simple de matériaux solides arrachés et entraînés mécaniquement par les eaux. Les argiles, les calcaires compactes, les grès sont certainement dans ce cas.

La voie hydrothermale, c'est-à-dire, celle qui met en œuvre les sources chaudes qui sortent du sol en tant d'endroits, donne surtout naissance aux roches de filons. Celles-ci sont peu importantes quant à leur volume, par rapport au volume total du globe, mais leur rôle devient capital quand on songe qu'elles peuvent être regardées comme l'un des organes essentiels de la terre.

Enfin les roches dues à la voie mixte, appelées très-souvent *roches métamorphiques*, paraissent bien n'être autre chose que des sédiments neptuniens modifiés postérieurement à leur dépôt par une action calorifique et mécanique intense. Toutefois, il faut remarquer que certaines roches, dont l'origine n'est pas aqueuse, sont susceptibles de subir un véritable métamorphisme : ce n'est, jusqu'à présent, que parmi les roches extra-terrestres, ou météorites, que le fait a été constaté, mais il ouvre évidemment un aperçu qui sera susceptible d'application quant à notre propre globe. L'étude du métamorphisme a occupé un grand nombre de géologues ; toutefois elle renferme encore beaucoup de points qui sont loin d'être tout à fait élucidés.

Caractères tirés de la structure.

On entend par structure, l'aspect que présente l'enchevêtrement, l'enlacement des éléments d'une roche. Cet aspect dépend du volume respectif, de la figure, de la proportion et de la position réciproque des parties élémentaires.

Il convient d'énumérer les principales structures qui peuvent se rencontrer.

1° Une roche est dite *lamellaire* lorsque sa cassure offre de petites lamelles cristallines à peu près planes. Elle est saccharoïde lorsque sa couleur blanche lui donne une apparence analogue à celle du sucre.

2° Une roche *grenue* ou *granitoïde* est formée de grains distincts plus ou moins gros.

3° Une roche est *porphyrique* lorsqu'au milieu d'une pâte d'apparence homogène, on trouve des cristaux disséminés de feldspath ou de divers autres éléments qui constituent la roche.

4° On la dit *porphyroïde*, lorsqu'étant grenue elle contient des

cristaux disséminés beaucoup plus volumineux que ceux qui forment la base de la roche.

5° *Glandulaire* quand, au milieu de la pâte, les cristaux, au lieu d'être disséminés en grains cristallins, se présentent sous forme de glandes ou de rognons glanduleux.

6° *Globulifère, globaire, ou variolaire, amygdalaire, ou pisolithique, ou variolique* quand la roche contient, disséminées dans la masse, des parties plus ou moins sphéroïdales.

7° *Schistoïde* lorsque la roche paraît formée de lits minces et quelquefois même de feuilletés.

8° *Compacte* quand tous les éléments réduits à un volume microscopique sont très-serrés dans le tissu de la roche.

9° *Vacuolaire* ou *cellulaire* lorsque la roche contient des cavités nombreuses.

10° *Argiloïde* ou *terreuse* lorsque le tissu est plus serré et poreux.

11° *Vitreuse* quand la roche présente l'aspect du verre.

12° *Grésiforme* ou *arénacée* quand la roche a l'aspect de sable agglutiné ou non.

13° *Poudingiforme* ou *pséphitique* quand elle a l'aspect de gravier agglutiné ou non.

14° *Bréchiforme* quand elle est formée par la réunion de fragments anguleux.

15° *Zoogène* ou *phytogène* quand elle résulte de l'agglutination de débris animaux ou végétaux.

Une fois admis, comme nous le disions tout à l'heure, et comme nous essayerons de le prouver, que c'est au caractère minéralogique qu'on doit accorder la préférence pour la caractéristique des roches, il faut encore s'entendre avant de l'appliquer. Comment déterminerons-nous la composition des roches? est-ce une analyse chimique que nous ferons, ou une analyse minéralogique?

Ici encore la réponse est facile : l'analyse minéralogique doit seule intervenir, et la raison en est claire, comme on le verra.

§ 2. — IMPOSSIBILITÉ D'UNE CLASSIFICATION NATURELLE
EN LITHOLOGIE.

Toutes les fois qu'on veut étudier un très-grand nombre d'objets, la première chose à faire est évidemment de les classer. Sans classification, en effet, il est impossible de se faire de ces divers objets une idée nette, et surtout d'éviter les redites.

En général même, quand on établit une classification, on se propose de faire autre chose qu'une simple disposition systématique commode pour l'étude; on a d'ordinaire la prétention d'exprimer un fait naturel ou, suivant l'expression de M. Coquand, « de se rapprocher de la marche suivie par la nature. »

Suivant nous, rien jusqu'ici ne justifie cette prétention et nous montrerons tout à l'heure en peu de mots que tous les systèmes proposés jusqu'ici, malgré la manière dont quelques-uns ont été présentés, sont essentiellement artificiels, c'est-à-dire expriment souvent tout autre chose et quelquefois le contraire des rapports qui semblent bien être écrits dans le grand livre de la nature.

Nous allons plus loin, et nous posons en principe qu'une classification naturelle des roches est tout simplement impossible et que même, le nom si précis de *classification* paraît ne guère convenir au simple *arrangement* plus ou moins méthodique auquel en définitive on est obligé de se résigner.

La raison de ceci est, que les rapports des roches sont beaucoup trop nombreux et beaucoup trop complexes pour pouvoir être exprimés, soit par des séries linéaires, soit par des séries parallèles, soit même par des systèmes à trois dimensions plus ou moins analogues à la *Vis tellurique* de M. de Chancourtois. On pourra bien faire dans ce sens un travail ayant une certaine apparence de méthode, mais il perdra toute sa signification lorsque, passant de la théorie à la pratique, on voudra, par exemple, classer d'après lui une collection un peu nombreuse. C'est que les caractères des roches sont loin d'être absolus, et ce point mérite évidemment d'appeler notre attention.

Établissement des types de roches.

L'étude ainsi approfondie des roches nous conduira forcément à établir parmi elles un nombre plus ou moins grand de *types* fondés partout sur les caractères de composition et de structure, et qui comprendra toutes les masses à étudier. Nous ne confondons pas évidemment la basalte vacuolaire avec le calcaire saccharoïde ou la pegmatite graphique, etc. Mais il est certain que nous chercherions tout de suite à réunir ces types en *espèces* comme on le fait dans les autres branches de l'histoire naturelle; en minéralogie, par exemple.

Or à quoi arriverons-nous en examinant les choses avec tout le soin possible ? à cette conséquence peut-être imprévue de quelques-uns de nos lecteurs, qu'il n'existe pas d'espèce en lithologie.

La raison en est d'ailleurs très-simple; elle tient à ce qu'il n'existe pas de véritables *individus* parmi les roches.

On sait ce que c'est qu'un individu en zoologie, en botanique, en chimie, en minéralogie. Mais rien de pareil n'existe en lithologie, en mettant toutefois à part les roches simples dans lesquelles on ne peut voir que des minéraux présentant ce caractère particulier d'être très-abondants.

Bien qu'on ait dès longtemps, reconnu l'impossibilité d'établir parmi les roches de véritables espèces, on a cependant conservé ce nom dans la plupart des ouvrages traitant des roches, et selon nous, cela est regrettable à cause de la confusion qui en résulte pour l'esprit. Il est remarquable que les savants qui croient le plus à la doctrine dite de la fixité de l'espèce, consentent à employer un terme, d'après eux si rigoureux, pour désigner des réunions d'objets qu'il est, comme on verra, impossible de limiter.

Aussi, et sans que nous voulions affirmer par là notre croyance à la fixité absolue de l'espèce, ce qui serait très-éloigné de notre pensée, nous nous attacherons dans ce qui va suivre à ne jamais employer ce nom d'espèce. Il en sera de même des mots de classe, de famille et de genre, qui ont des sens très-nets et universellement admis dont nous ne saurions nous satisfaire ici.

Ce qui nous frappera très-vite dans l'étude des types de roches, c'est l'insensibilité des transitions qui les relient.

Par exemple il sera très-naturel de faire des types distincts pour le granite porphyroïde, le granite grenu, le granite schistoïde, etc. Mais si nous avons une suite suffisamment nombreuse d'échantillons, nous en trouverons tout de suite qui participent à la fois des caractères de plusieurs types différents, et dont la caractéristique est dès lors incertaine.

Mais ceci n'est en quelque manière qu'un avant-goût des transitions qui nous attendent.

Établissement des groupes de roches.

La division en types n'est évidemment pas suffisante pour rendre l'étude facile et si nous n'avons pas la faculté de distinguer des espèces, nous pouvons au moins faire des *groupes* qui leur seront en quelques points analogues. Nous venons de citer différents types de granites, c'est-à-dire différents types de roches ayant la même composition minéralogique. Il paraît tout indiqué de les réunir en un seul groupe qui sera le groupe des granites, ou plutôt, pour ne pas nous enchaîner trop vite à des dénominations dont nous sommes censé ne pas connaître encore la valeur, le groupe des roches formées par la réunion du quartz, du feldspath orthose et du mica.

Or, à côté de ce groupe, nous en ferons nécessairement trois autres, l'un pour les roches formées de quartz et de feldspath (pegmatites, etc.), le second pour les roches formées de quartz et de mica (greisen) et le troisième pour les roches formées du feldspath et de mica (minette).

Eh bien, il se trouve que ces groupes, comme tout à l'heure les types que nous considérons, loin d'être nettement limités ainsi qu'il semble d'après leurs caractéristiques si claires, sont reliés les uns aux autres par les transitions les mieux ménagées.

Ainsi nous trouverons, parmi les granites, de très-grandes variations, relativement à la teneur en mica, par exemple, et cet élément venant à disparaître progressivement, nous serons insensiblement en présence des roches qui seront de plus en plus semblables aux pegmatites. A quel moment un groupe fera-t-il place à l'autre : il est impossible de le préciser.

Ce que nous disons relativement au mica peut se dire pour le feldspath et pour le quartz, c'est-à-dire que nous trouverons des passages entre le granite et le greisen de même qu'entre le granite et la minette.

Ces mêmes passages qui viennent de se produire par appauvrissement, c'est-à-dire par disparition progressive de l'un des éléments d'une roche donnée, pourront aussi être dus à une cause inverse.

On rencontrera des échantillons de pegmatite un peu micacée, c'est-à-dire contenant une petite quantité de mica. Il n'y a pas à penser à en faire pour cela un granite, mais cette pegmatite est évidemment un passage vers les roches à trois éléments.

Variabilité des caractères de roches.

Les principaux caractères de roches se rapportent, comme nous l'avons déjà dit, soit à leur mode de formation, soit à leur gisement soit à leur composition minéralogique, soit même à leur structure. Voyons rapidement la valeur de chacun d'eux au point de vue de la classification.

Relativement au mode de formation, on voit, quand on étudie les roches sur le terrain que toutes ne se sont évidemment pas produites dans les mêmes conditions. Les laves et les grès de Fontainebleau, par exemple, sont évidemment d'origine très-différente. Cependant ce caractère perd toute sa valeur quand on veut l'appliquer à la classification des roches, et cela pour deux raisons.

D'abord il s'en faut de beaucoup que l'on connaisse même d'une manière approchée l'origine de toutes les roches, et sans aller bien loin chercher nos exemples, nous pouvons rappeler qu'on est, relativement au granite, dans la plus grande incertitude à ce point de vue.

En second lieu, une même roche a souvent pu se produire de diverses manières, c'est ainsi, par exemple, qu'à côté du calcaire de sédiment il existe du calcaire métamorphique et aussi du calcaire de filon; c'est ainsi que le quartz peut être éruptif (quartz de filon), ou métamorphique (quartzite), ou sédimentaire (silex), etc.

La conclusion est qu'une classification fondée sur le mode de

formation ne peut être satisfaisante, puisque, d'une part elle admet comme certaines des données tout à fait hypothétiques, et que d'autre part elle conduit à ranger une même roche dans plusieurs divisions différentes.

Le gisement des roches ne saurait donner de meilleurs résultats. Nous trouverons par exemple des quartz primitifs, des quartz secondaires, des quartz tertiaires, etc.

Même incertitude relativement à la structure. Des roches également compactes pourraient avoir des compositions fort diverses, comme la basalte et l'eurite par exemple, et d'un autre côté, des roches de nature identique pourront offrir des structures fort diverses, comme le marbre de Carrare et la craie.

Enfin on trouve que des roches portant des noms tout à fait différents et reconnues comme des roches différentes, présentent la même composition minéralogique; telles sont le greisen et le micaschiste, tous deux essentiellement formés de quartz et de mica.

En résumé, tous ces caractères fondamentaux des roches sont impropres à fournir une base à la spécification absolue des divers types lithologiques. Ils peuvent seulement servir de départ à la classification, et tous ont été successivement employés par des auteurs différents. Ainsi Vallerius de Born, Delaméthérie, Haüy, Cordier, sont partis des caractères de composition minéralogique; Linné, Mongez, Léonhard, des caractères de structure; M. Coquand, des caractères d'origine, etc.

Seulement ce caractère fondamental une fois choisi, il est bien difficile de le faire servir longtemps à des subdivisions successives. Par exemple, M. Coquand, préoccupé de l'origine, fait trois familles de roches, suivant qu'elles sont d'origine ignée, d'origine aqueuse ou d'origine métamorphique, mais, ceci fait, ce sont des considérations toutes différentes qui interviennent pour subdiviser la première famille.

Nécessité de la subordination des caractères.

Encore, on pourrait admettre ce changement de point de vue, d'ailleurs absolument nécessaire, s'il était soumis au principe de la subordination des caractères: si, en d'autres termes, les divisions

de même valeur étaient toujours fondées sur la même considération.

Pour continuer l'examen du système de M. Coquand, sur lequel nous reviendrons encore, et que nous avons choisi à cause de la notoriété de son auteur, et parce qu'il est offert comme une sorte de révolution lithologique, nous admettrions parfaitement, à supposer la chose débarrassée de ses incertitudes, qu'on nous dise que la division par famille sera fondée sur la considération d'origine. Mais alors il faudrait que les groupes fussent eux aussi fondés tous sur une même considération, et il n'en est pas ainsi. L'auteur divise sa première famille en roches granitiques, roches porphyriques et roches volcaniques, sans qu'il soit bien facile de voir le système suivi. La deuxième famille se trouve subdivisée, d'après l'origine, en roches d'origine chimique, roches d'origine mécanique et roches d'origine végétale. Quant à la troisième, elle contient les schistes cristallisés, des roches d'origine chimique et des roches d'origine mécanique. Comme on voit, ceci est fort peu satisfaisant sous le rapport de la méthode. Mais nous allons trouver mieux si nous cherchons quelle considération a guidé l'auteur pour diviser les espèces en variétés.

Pour instituer ses espèces, M. Coquand s'est, à peu près toujours, maintenu dans la considération de la composition minéralogique, suivant en cela l'exemple si bien indiqué par Brongniart. Mais pour faire ses variétés, il fait intervenir des considérations de toutes sortes, relatives, tantôt à la structure, tantôt à l'existence des minéraux accidentels, tantôt à la couleur, tantôt au mode de formation, etc. Si encore, la considération changeant pour chaque espèce, elle restait une pour chacune d'elles, il y aurait certes un inconvénient réel, mais il serait bien minime auprès de celui qui se présente. Mais que l'on voie comment M. Coquand divise une espèce quelconque, le granite par exemple, on trouvera les variétés suivantes : 1° Granite commun ; 2° G. porphyroïde ; 3° G. amphibolifère... ; 9° G. grenu... 14° G. quartzeux, etc. Les unes, comme on voit, sont fondées sur la structure, les autres sur l'existence de minéraux accidentels. On pourrait croire que ces particularités s'excluent, de façon que du granite porphyroïde serait nécessairement dépourvu d'amphibole, de quartz, etc. Mais il n'en est rien,

et le même échantillon peut appartenir à la fois à différentes variétés.

Que dirait-on d'un zoologiste qui diviserait les animaux en : 1° animaux vertébrés ; 2° animaux vivant dans l'eau ; 3° animaux ayant une taille de 20 à 25 centimètres, etc.? Et cependant ne reproduirait-il pas rigoureusement le système ci-dessus?

Ce qui est extrêmement remarquable, c'est que la très-grande majorité des lithologistes, parmi lesquels comptent des savants distingués et même illustres, ont admis des divisions identiques à celles qui viennent d'être énumérées. Brongniart, Cordier, d'Omalius, etc., sont de ce nombre.

La raison de tout cela est, suivant nous, qu'on a voulu faire exprimer aux classifications beaucoup plus qu'il n'est dit dans la nature. Il existe des types de roches, voici qui est bien certain : en réunissant ensemble les types de même composition minéralogique, on fait des groupes qui sont réels eux aussi. Mais voilà tout.

Par exemple, le nom de *famille des roches feldspathiques* adopté dans tant de classifications, ne signifie rien. Si on y voulait mettre *toutes* les roches contenant du feldspath, on pourrait l'adopter, mais il serait impossible de comprendre ainsi cette famille. D'abord elle contiendrait les trois quarts des roches existantes, d'où il résulterait que son utilité comme division serait très-faible, et en second lieu, on ne pourrait pas faire une seconde famille : les roches pyroxéniques, par exemple, seraient impossibles, puisque beaucoup de roches pyroxéniques, comme les dolérites feraient déjà partie de la première famille en raison du feldspath qu'elles contiennent.

Ce sont des considérations de ce genre qui nous ont conduit, pour notre part, à renoncer à toute espèce de classification proprement dite et à nous borner à disposer les roches d'après un arrangement auquel nous demandons simplement de faciliter nos études.

Minéraux essentiels et minéraux accidentels.

D'ailleurs, il y a une cause très-importante d'indétermination dans l'introduction, dans une roche, des minéraux accidentels.

Sans doute, la distinction entre les minéraux constituants et les minéraux accidentels est arbitraire, mais elle est indispensable.

Tâchons donc, non pas de définir, cela est impossible, mais de faire comprendre ces termes : minéraux constituants, minéraux accidentels.

L'analyse minéralogique de certains granites donne, outre le feldspath, le quartz et le mica, du grenat, du talc, de la tourmaline, de l'émeraude, de la topaze, du zircon, de l'andalousite, du disthène, de la pinité, du sphène, de la magnétite, de l'apatite, de la fluorine, du graphite, etc. Mais ces derniers minéraux ne jouent évidemment dans la roche qu'un rôle tout à fait accessoire. Et c'est ce qu'on exprime en disant qu'ils sont des minéraux accidentels. Le quartz, le feldspath et le mica sont, au contraire, dans le cas particulier, des minéraux essentiels.

Comment s'y prendra-t-on pour reconnaître qu'un minéral est, dans une roche donnée, accidentel ou essentiel ?

Deux cas peuvent se présenter. Ou bien le minéral en question est très-rare dans la roche, ou bien, au contraire, il y est très-abondant. Dans le premier cas, l'étude des échantillons de collection suffit ; dans l'autre, l'observation sur le terrain peut seule conduire à la solution du problème.

Par exemple, le calcaire saccharoïde contient quelquefois de petites paillettes de graphite, elles sont rares et disséminées çà et là : évidemment le nom d'accidentel convient sans conteste à ce graphite. Au contraire, certains micaschistes sont complètement criblés de cristaux de grenat. Le grenat est-il essentiel ou accidentel ? L'étude de l'échantillon conduirait à répondre qu'il fait partie essentielle de la roche, mais l'examen des grandes masses de micaschistes montre que les régions grenatisées sont exceptionnelles, et que le grenat est par conséquent un accident de composition.

Ces exemples font voir quel vague doit exister dans la distinction des minéraux en accidentels et en essentiels. Les lithologistes sont nécessairement contraints, dans nombre de cas, à trancher la question d'une manière tout à fait arbitraire, et dès lors il ne faut pas s'étonner de voir varier plus ou moins la caractéristique qu'ils donnent d'une même roche.

Quoi qu'il en soit, et nous reviendrons sur ce point, la présence des minéraux accidentels qu'il est si important de bien étudier sous plusieurs points de vue et spécialement sous ceux de l'origine et du mode de formation, paraît le meilleur caractère pour l'établissement des variétés. Il prime, suivant nous, les caractères de coloration qui ne peuvent être employés que dans certains cas et d'une manière peu rigoureuse.

§ 3. — NOUVEL ARRANGEMENT MÉTHODIQUE DES ROCHES.

Ce que le système, que nous proposons, présente de particulier, c'est la rigueur avec laquelle le principe de la subordination des caractères y est appliqué, et nous croyons que c'est le seul moyen de faire quelque chose de vraiment pratique quant aux besoins de ceux qui étudient.

Il n'était possible de le faire qu'en se conformant à la règle dont nous parlions plus haut, et qui consiste à mettre absolument de côté, dans la caractéristique des roches, toutes les considérations géologiques, pour se renfermer exclusivement dans le domaine de la lithologie pure.

Nous répartirons d'abord les roches dans de grandes *divisions* d'après le *nombre de leurs éléments constituants*. Nous avons ainsi les roches unitaires, les roches binaires et les roches ternaires, car on verra, qu'à l'exception de quelques roches élastiques, toutes peuvent se ranger dans ces trois divisions.

Chaque division comprend des *groupes* exclusivement caractérisés par la *composition minéralogique*. C'est ainsi que toutes les roches essentiellement formées de feldspath et de mica sont réunies dans le même groupe.

S'il se trouve que ces minéraux essentiels peuvent subir des variations dans leur composition, à chacune d'elles correspond un *sous-groupe*. Ainsi les roches qui nous occupent se répartissent en trois sous-groupes : le premier comprend les roches formées d'orthose et de mica ordinaire (gneiss, leptynolithes) ; le second, les roches formées d'orthose et de mica brun (minette, kéralite) ;

le dernier enfin, les roches formées de mica ordinaire et d'oligoklase (kersanton).

C'est d'après la *structure* que les groupes (ou les sous-groupes, quand il y en a) se divisent en *types*. Ainsi le groupe des roches essentiellement formées par le mélange du quartz avec le feldspath comprend des masses se rapportant à sept structures principales : nous en faisons sept types distincts. Ce sont ceux qui correspondent aux roches : 1° grenues (granulite); 2° graphiques (pegmatite); 3° porphyroïdes (porphyre feldspathique quartzifère); 4° granitoïdes (id.); 5° schistoïdes (id.); 6° globulaires (pyroméride) et 7° grésiformes (arkose).

Maintenant, chacun de ces types admet des *variétés*, dues exclusivement à la *présence de minéraux accidentels*, et l'on ne voit d'indétermination possible que dans le cas où plusieurs de ces minéraux se présenteraient à la fois. Dans ce cas, la roche pourrait au même titre être considérée comme appartenant à plusieurs variétés, mais celles-ci étant toutes comprises dans le même type, le vague ne serait pas très-grand.

Bien entendu que pas une seule des divisions et subdivisions qui viennent d'être indiquées n'a de valeur absolue. L'arbitraire intervient à chaque instant dans notre système comme dans ceux qui l'ont précédé, mais nous croyons avoir fait un progrès en formulant à l'avance les limites dans lesquelles cet arbitraire pourra s'étendre de façon qu'à *priori*, en voyant une roche, on peut savoir à quelle sorte de division correspond tel ou tel caractère en particulier. Les leçons que nous avons été chargés, en 1869, de professer au Muséum d'histoire naturelle, devant les élèves de l'École d'agronomie, nous ont permis d'apprécier la valeur pratique de l'arrangement auquel nous nous sommes arrêté.

PREMIÈRE DIVISION : **ROCHES UNITAIRES**

c'est-à-dire formées d'un seul minéral.

PREMIÈRE SÉRIE : **Carbone** ou **Carbures**.

1^{er} GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbone*.

Type unique. — Graphite compacte.

- 2° GROUPE. — Min. ess. : *Hydrogènes carbonés*.
Type unique. — Pétrole liquide.
- 3° GROUPE. — Min. ess. : Combinaison de *carbone, hydrogène et oxygène*.
 1^{er} *type*. — Bitume solide (asphalte).
 2° — — B. pâteux (pisasphalte).
- 4° GROUPE. — Min. ess. : Combinaison de *carbone, hydrogène, oxygène et azote*.
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Anthracite.
 1^{er} *type*. — A. compacte.
 2° — — A. schistoïde.
 3° — — A. terreuse.
- 2° SOUS-GROUPE. — Houille.
 1^{er} *type*. — H. compacte.
 2° — — H. schistoïde.
 3° — — H. terreuse.
 4° — — H. clastique.
- 3° SOUS-GROUPE. — Lignite.
 1^{er} *type*. — L. compacte.
 2° — — L. schistoïde.
 3° — — L. xyloïde.
 4° — — L. terreux.
- 4° SOUS-GROUPE. — Tourbe.
 1^{er} *type*. — T. compacte.
 2° — — T. fibreuse.

DEUXIÈME SÉRIE : **Soufre** ou **sulfures**.

- 5° GROUPE. — Min. ess. : *Soufre*.
 1^{er} *type*. — S. grenu.
 2° — — S. compacte.
 3° — — S. tufacé.
- 6° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfure de plomb*.
Type unique. — Galène grenue.
- 7° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfure de zinc*.
Type unique. — Blende grenue.
- 8° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfure de fer*.
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Bisulfure de fer.
 1^{er} *type*. — Pyrite compacte.
 2° — — P. fibreuse.
- 2° SOUS-GROUPE. — Pyrite magnétique.
Type unique. — P. lamellaire.

9° GROUPE — Min. ess. : *Sulfure de cuivre*.

Type unique. — Chalkopyrite compacte.

TROISIÈME SÉRIE : **Oxydes**.

10° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde anhydre de fer*.

1^{er} SOUS-GROUPE. — Oxyde magnétique.

1^{er} *type*. — Magnétite granulaire.

2^e — — M. compacte.

3^e — — M. terreuse.

2^e SOUS-GROUPE. — Sesquioxyde.

1^{er} *type*. — Oligiste cristallin.

2^e — — O. fibreux.

3^e — — O. compacte.

4^e — — O. terreux.

5^e — — O. globaire (oolithique et pisolithique).

11° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde hydraté de fer*.

1^{er} *type*. — Limonite compacte.

2^e — — L. terreuse.

3^e — — L. globaire (oolithique et pisolithique).

12° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde anhydre de manganèse*.

1^{er} *type*. — Pyrolusite compacte.

2^e — — P. terreuse.

13° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde hydraté de manganèse*.

1^{er} *type*. — Acerdèse compacte.

2^e — — A. terreuse.

14° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde anhydre de silicium*.

1^{er} *type*. — Quartz cristallin.

2^e — — Q. compacte.

3^e — — Q. bréchiforme.

4^e — — Q. schisto-grésiforme.

5^e — — Q. arénacé.

15° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde hydraté de silicium*.

1^{er} *type*. — Opale compacte.

2^e — — O. tufacé (geysérite).

3^e — — O. zoogène (diatomépélite, tripoli).

4^e — — O. terreuse (gaise).

16° GROUPE. — Min. ess. : *Oxyde hydraté d'aluminium*.

1^{er} *type*. — Bauxite compacte.

2^e — — B. globaire.

QUATRIÈME SÉRIE : **Chlorures.**

17° GROUPE. — Min. ess. : *Chlorure de sodium.*

1^{er} type. — Sel gemme saccharoïde.

2^e — — S. fibreux.

3^e — — S. compacte.

18° GROUPE. — Min. ess. : *Chlorure double de potassium et de magnésium.*

Type unique. — Carnallite cristalline.

CINQUIÈME SÉRIE : **Fluorures.**

19° GROUPE. — Min. ess. : *Fluorure de calcium.*

Type unique. — Fluorine cristalline.

SIXIÈME SÉRIE : **Silicates.**

20° GROUPE. — Min. ess. : *Silicate double d'alumine et de protoxyde.*

1^{er} SOUS-GROUPE. — Grenat.

1^{er} type. — Grenatite grenue.

2^e — — G. compacte.

2^e SOUS-GROUPE. — Épidote.

1^{er} type. — Épidotite grenue.

2^e — — É. compacte.

3^e SOUS-GROUPE. — Orthose.

1^{er} type. — O. massif (eurite, pétrosilex).

2^e — — O. porphyroïde (porphyrite, eurite, argilophyre).

3^e — — O. noduleux (stigmite).

4^e — — O. grenu (léptynite).

5^e — — O. poreux (trachyte).

6^e — — O. terreux (domite).

7^e — — O. ponceux (ponce, pumite).

8^e — — O. subvitreux (rétinite).

9^e — — O. vitreux (obsidienne).

4^e SOUS-GROUPE. — Labrador.

1^{er} type. — L. grenu (labradorite, harmophanite).

2^e — — L. compacte.

3^e — — L. scoriacé (téphrine).

5^e SOUS-GROUPE. — Oligoklase (andésine).

Type unique. — Andésite trachytique.

21° GROUPE. — Min. ess. : *Silicate hydraté d'alumine et de protoxyde.*

- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Chamoisite.
 1^{er} type. — C. compacte.
 2^e — — C. oolithique.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Glauconite.
 1^{er} type. — G. compacte.
 2^e — — G. oolithique.
- 3^e SOUS-GROUPE. — Chloritoschiste.
Type unique. — C. schistoïde.
- 22^e GROUPE. — Min. ess. : *Fluosilicate d'alumine et de protoxyde.*
Type unique. — Mica schistoïde.
- 23^e GROUPE. — Min. ess. : *Silicate hydraté d'alumine.*
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Phyllade.
 1^{er} type. — P. schistoïde.
 2^e — — P. compacte.
 3^e — — P. porphyroïde.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Schiste.
 1^{er} type. — S. schistoïde.
 2^e — — S. porphyroïde.
- 3^e SOUS-GROUPE. — Argile.
 1^{er} type. — A. terreuse.
 2^e — — A. compacte.
 3^e — — A. oolithique.
 4^e — — A. schistoïde.
- 4^e SOUS-GROUPE. — Argilite.
Type unique. — A. compacte.
- 24^e GROUPE. — Min. ess. : *Silicate hydraté de magnésie.*
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Magnésite.
 1^{er} type. — M. compacte.
 2^e — — M. schistoïde.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Serpentine.
 1^{er} type. — S. compacte.
 2^e — — S. schistoïde.
 3^e — — S. globale.
 4^e — — S. clastique.
- 3^e SOUS-GROUPE. — Stéaschiste.
 1^{er} type. — S. schisto-compacte.
 2^e — — S. schisto-grenu.
 3^e — — S. schisto-porphyroïde.
 4^e — — S. schisto-amygdaaloïde.

25° GROUPE. — Min. ess. : *Silicate anhydre de magnésie.*

1^{er} SOUS-GROUPE. — Pyroxène.

1^{er} type. — Pyroxénite et diallagite grenues.

2° — — Hypersthénite lamellaire.

3° — — Diallagite compacte.

2° SOUS-GROUPE. — Amphibole.

1^{er} type. — Amphibolite grenue.

2° — — A. schistoïde.

3° — — A. compacte.

SEPTIÈME SÉRIE : Carbonates.

26° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate de fer.*

1^{er} type. — Sidérose spathique.

2° — — S. schistoïde.

3° — — S. lithoïde.

27° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate de zinc.*

1^{er} type. — Calamine cristalline.

2° — — C. compacte.

28° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate de magnésie.*

1^{er} type. — Giobertite spathique.

2° — — G. grenue.

3° — — G. compacte.

29° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate double de chaux et de magnésie.*

1^{er} type. — Dolomie grenue.

2° — — D. schistoïde.

3° — — D. compacte.

4° — — D. terreuse.

5° — — D. arénacée.

30° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate de chaux.*

1^{er} type. — Calcaire saccharoïde.

2° — — C. fibreux.

3° — — C. compacte.

4° — — C. globulifère.

5° — — C. spongieux.

6° — — C. ontogène (zoogène et phytogène).

7° — — C. terreux.

8° — — C. clastique.

9° — — C. arénacé.

31° GROUPE. — Min. ess. : *Carbonate de soude.*

Type unique. — Natron cristallin.

HUITIÈME SÉRIE : **Phosphates.**

- 52° GROUPE. — Min. ess. : *Phosphate de chaux.*
 1^{er} *type.* — Apatite saccharoïde.
 2° — — Phosphorite compacte.

NEUVIÈME SÉRIE : **Nitrates.**

- 53° GROUPE. — Min. ess. : *Nitrate de soude.*
Type unique. — Nitratine cristalline.

DIXIÈME SÉRIE : **Sulfates.**

- 54° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfate double d'alumine et de potasse.*
 1^{er} *type.* — Alunite compacte.
 2° — — A. porphyroïde.
 3° — — A. terreuse.
 4° — — A. clastique.
- 55° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfate de baryte.*
 1^{er} *type.* — Barytine cristalline.
 2° — — B. compacte.
- 56° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfate de strontiane.*
Type unique. — Célestine cristalline.
- 57° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfate anhydre de chaux.*
 1^{er} *type.* — Anhydrite saccharoïde.
 2° — — A. compacte.
 3° — — A. clastique.
- 58° GROUPE. — Min. ess. : *Sulfate hydraté de chaux.*
 1^{er} *type.* — Gypse saccharoïde.
 2° — — G. grenu.
 3° — — G. fibreux.
 4° — — G. compacte.

DEUXIÈME DIVISION : **ROCHES BINAIRES**

c'est-à-dire formées par le *mélange de deux minéraux.*

ONZIÈME SÉRIE : **Carbone** ou **carbure** et **silicate.**

- 59° GROUPE. — Min. ess. : *Bitume et schiste.*
Type unique. — Naphtoschiste schistoïde.

40° GROUPE. — Min. ess. : *Anthracite et phyllade*.

1^{er} type. — Ampélite schistoïde.

2° — — A. terreuse.

DOUZIÈME SÉRIE : **Carbone** ou **carbure** et **carbonate**.

41° GROUPE. — Min. ess. : *Anthracite et calcaire*.

Type unique. — Anthraconite cristalline.

TREIZIÈME SÉRIE : **Deux oxydes**.

42° GROUPE. Min. ess. : *Magnétite et corindon*.

1^{er} type. — Emeri grenu.

2° — — E. compacte.

3° — — E. schistoïde.

43° GROUPE. — Min. ess. : *Oligiste et quartz*.

1^{er} type. — Itabirite grenue.

2° — — I. schistoïde.

QUATORZIÈME SÉRIE : **Oxyde** et **silicate**.

44° GROUPE. — Min. ess. : *Magnétite chromifère et péridot*.

Type unique. — Dunite grenue.

45° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et tourmaline*.

Type unique. — Hyalotourmalite cristalline.

46° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et feldspath*.

1^{er} SOUS-GROUPE. — Quartz et orthose.

1^{er} type. — Pegmatite grenue (granulite).

2° — — P. graphique.

3° — — Porphyre quartzifère porphyroïde.

4° — — P. q. granitoïde.

5° — — P. q. globaire (pyroméride).

6° — — Arkose grésiforme.

8° — — Pegmatite et porphyre clastiques.

2° SOUS-GROUPE. — Quartz et oligoklase.

Type unique. — Porphyre bleu porphyroïde.

47° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et silicate hydraté d'alumine*.

1^{er} SOUS-GROUPE. — Quartz et argile.

1^{er} type. — Jaspe compacte.

2° — — J. clastique.

3° — — Psammite grésiforme.

2° SOUS-GROUPE. — Quartz et kaolin.

Type unique. — Mélaxite grésiforme.

- 5° SOUS-GROUPE. — Quartz et schiste.
Type unique. — Traumatite grésiforme.
- 48° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et talc.*
 1^{er} *type.* — Talcschiste schistoïde.
 2° — — T. schisto-porphyroïde
- 49° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et mica.*
 1^{er} *type.* — Greisen grenu.
 2° — — Micaschiste schistoïde.
 3° — — M. schisto-porphyroïde.

QUINZIÈME SÉRIE : **Oxyde** et **carbonate.**

- 50° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz et calcaire.*
Type unique. — Molasse grésiforme.

SEIZIÈME SÉRIE : **Deux silicates.**

- 51° GROUPE. — Min. ess. : *Silicate anhydre de magnésie et silicate d'alumine et de protoxyde.*
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Diallage et grenat.
 1^{er} *type.* — Éclogite grenue.
 2° — — É. compacte.
- 2° SOUS-GROUPE. — Pyroxène et orthose.
Type unique. — Dibasite grenue.
- 3° SOUS-GROUPE. — Pyroxène et labrador.
 1^{er} *type.* — Dolérite, euphotide, sélagite grenues.
 2° — — Dolérite, mélaphyre, sélagite porphyroïdes.
 3° — — Variolite globulifère.
 4° — — Spilite, mimosite amygdaloïdes.
 5° — — Dolérite scoriacée.
 6° — — Wacke terreuse.
 7° — — Mimosite, trapp compactes.
 8° — — Pépérino clastique.
- 4° SOUS-GROUPE. — Pyroxène et oligoclase.
Type unique. — Trachydolérite grenue.
- 5° SOUS-GROUPE. — Amphibole et orthose.
 1^{er} *type.* — Syénite grenue.
 2° — — S. porphyroïde.
 3° — — Saussurite compacte.
- 6° SOUS-GROUPE. — Amphibole et labrador.
 1^{er} *type.* — Diorite grenu.
 2° — — D. porphyroïde.

- 3° — — D. globaire.
 4° — — D. schistoïde.
 5° — — Aphanite compacte.

7° SOUS-GROUPE. — Amphibole et oligoklase.

Type unique. — Trachydiorite grenu.

52° GROUPE. — Min. ess. : *Silicate d'alumine et de protoxyde et hydro-silicate d'alumine et de protoxyde.*

1^{er} type. — Leucostite porphyroïde.

2° — — Phonolite schistoïde.

3° — — L. et ph. compactes.

4° — — Perlite vitreuse.

53° GROUPE. — Min. ess. : *Phyllade et albite.*

Type unique. — Phyllade albitifère porphyroïde.

54° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath et mica.*

1^{er} SOUS-GROUPE. — Orthose et mica ordinaire.

1^{er} type. — Gneiss, leptynolithe schisto-grenus.

2° — — G. schisto-porphyroïde.

3° — — L. compacte.

2° SOUS-GROUPE. — Orthose et mica brun.

1^{er} type. — Minette grenue.

2° — — Kéralite compacte.

3° SOUS-GROUPE. — Oligoklase et mica ordinaire.

Type unique. — Kersanton grenu.

55° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath et talc.*

1^{er} type. — Dolérine grenue.

2° — — D. porphyroïde.

3° — — D. schistoïde.

56° GROUPE. — Min. ess. : *Schiste et andalousite.*

Type unique. — Schiste à andalousite schistoïde.

57° GROUPE. — Min. ess. : *Péridot et pyroxène.*

1^{er} type. — Lherzolithe grenue.

2° — — L. compacte.

3° — — L. clastique.

58° GROUPE. — Min. ess. : *Deux silicates d'alumine et de protoxyde.*

1^{er} SOUS-GROUPE. — Amphigène et mellilite.

Type unique. — Tusculite scoriacée.

2° SOUS-GROUPE. — Néphéline et mellilite.

Type unique. — Cécilite scoriacée.

59° GROUPE. — Min. ess. : *Mica et silicate d'alumine.*

- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Mica et macle.
 1^{er} type. — Macline schistoïde.
 2^e — — M. schisto-porphyroïde.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Mica et staurotide.
 1^{er} type. — Stauroлите schistoïde.
 2^e — — S. schisto-porphyroïde.

DIX-SEPTIÈME SÉRIE : **Silicate** et **carbonate**.

- 60^e GROUPE. — Min. ess. : *Silicate hydraté d'alumine et calcaire*.
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Argile et calcaire.
 1^{er} type. — Marne terreuse.
 2^e — — M. schistoïde.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Argilite et calcaire.
Type unique. — Alberèze et marnolite compactes.
- 3^e SOUS-GROUPE. — Schiste et calcaire.
 1^{er} type. — Calschiste compacte.
 2^e — — C. schistoïde.
- 4^e SOUS-GROUPE. — Phyllade et calcaire.
Type unique. — Marbre phylladifère entrelacé.
- 61^e GROUPE. — Min. ess. : *Mica et calcaire*.
 1^{er} type. — Micalcine grenu.
 2^e — — M. porphyroïde.
- 62^e GROUPE. — Min. ess. : *Hydrosilicate de magnésie et calcaire*.
- 1^{er} SOUS-GROUPE. — Talc et calcaire
 1^{er} type. — Cipolin uniforme.
 2^e — — C. zonal.
 3^e — — C. glandulaire.
 4^e — — C. pseudo-fragmentaire.
- 2^e SOUS-GROUPE. — Serpentine et calcaire.
 1^{er} type. — Ophicalce saccharoïde.
 2^e — — O. compacte.
 3^e — — O. bréchiforme.
 4^e — — O. noduleux.
- 65^e GROUPE. Min. ess. : *Silicate anhydre de magnésie et calcaire*.
 1^{er} type. — Hemithrène grenu.
 2^e — — H. porphyroïde.

TROISIÈME DIVISION : **ROCHES TERNAIRES**

C'est-à-dire formées par le *mélange de trois minéraux*.

DIX-HUITIÈME SÉRIE : **Oxyde et deux silicates**.

64° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz, feldspath, silicate d'alumine*.

1^{er} type. — Grauwacke grenue.

2^e — — G. bréchiforme.

65° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz, feldspath, mica*.

1^{er} SOUS-GROUPE. — Quartz, orthose, mica ordinaire.

1^{er} type. — Granite grenu.

2^e — — G. porphyroïde.

3^e — — G. schistoïde.

4^e — — G. grésiforme (arkose micacé).

2^e SOUS-GROUPE. — Quartz, orthose, mica talqueux.

1^{er} type. — Protogine granitoïde.

2^e — — P. porphyroïde.

3^e — — P. glandulaire.

4^e — — P. schistoïde.

3^e SOUS-GROUPE. — Quartz, orthose et oligoklase, mica.

1^{er} type. — Rappakiwi granitoïde.

2^e — — R. porphyroïde.

3^e — — R. schistoïde.

66° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz, feldspath, tourmaline*.

Type unique. — Luxuliane grenue.

67° GROUPE. — Min. ess. : *Magnétite titanifère, feldspath, pyroxène*.

1^{er} type. — Basalte compacte.

2^e — — B. et dolérite scoriacés.

3^e — — B. vitreux (gallinace).

4^e — — B. amygdaloïde.

5^e — — B. congloméré.

6^e — — B. terreux.

DIX-NEUVIÈME SÉRIE : **Oxyde, silicate, carbonate**.

68° GROUPE. — Min. ess. : *Quartz, silicate d'alumine, calcaire*.

Type unique. — Macigno et molasse grésiformes.

VINGTIÈME SÉRIE : **Trois silicates**.

69° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, mica, pyroxène*.

1^{er} type. — Wackite compacte.

2^e — — W. amygdaloïde.

3^e — — Monzonite grenue.

- 70° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, pyroxène, talc.*
 1^{er} type. — Eupholite compacte.
 2° — — E. grenue.
- 71° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, pyroxène, péridot.*
Type unique. — Péridotite grenue.
- 72° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, pyroxène, terre verte.*
Type unique. — Ophitone grenue.
- 73° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, amphibole, zircon.*
 1^{er} type. — Zircosyénite grenue.
 2° — — Z. porphyroïde.
- 74° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, pyroxène, néphéline.*
 1^{er} type. — Néphélinite uniforme.
 2° — — N. porphyroïde.
- 75° GROUPE. — Min. ess. : *Feldspath, pyroxène, amphigène.*
 1^{er} type. — Amphigénite uniforme.
 2° — — A. porphyroïde.
 3° — — A. cellulaire.

APPENDICE : **ROCHES POLYGÉNIQUES**

C'est-à-dire formées par la *réunion de fragments d'un plus ou moins grand nombre des roches précédentes.*

- 1^{er} type. — Brèche polygénique.
 2° — — Poudingue polygénique.
 3° — — Grès polygénique.
 4° — — Sable polygénique.

CHAPITRE II

DÉTERMINATION DES ROCHES

§ 1^{er}. — ANALYSE MINÉRALOGIQUE DES ROCHES.

Nous dirons quelques mots d'abord des procédés d'analyse minéralogique qui ont pour but la reconnaissance ou la détermination pure et simple des minéraux constituant d'une roche et ensuite de ceux qui tendent à opérer la séparation de ces minéraux ou au moins l'isolement de certains d'entre eux.

Procédés de détermination des minéraux constitutants.

Les caractères fournis par la *cassure* des masses minérales, aident puissamment à déterminer la nature des parties individuelles composantes.

On emploie aussi le *poli* qui donne plus de netteté aux surfaces ; il laisse utilement pénétrer la lumière jusqu'à une certaine distance intérieure, assez petite à la vérité, mais cependant suffisante pour fournir des renseignements souvent précieux. Ce caractère est infiniment plus puissant et plus instructif, quand le poli a lieu sur de petites lamelles de roches assez minces pour qu'elles deviennent complètement translucides.

De cet examen à l'œil nu, on peut quelquefois, comme le fait remarquer M. d'Orbigny, tirer des indices précieux de la nature, facile à reconnaître, de grains cristallins disséminés dans la masse. Ce caractère permet quelquefois de déterminer la composition d'une partie ou de la totalité de la pâte adologène. Ainsi, dans quelques porphyres pétrosiliceux, les cristaux disséminés de feldspath et de quartz suffisent pour indiquer que la pâte est composée de feldspath compacte quartzifère ; dans le mélaphyre les cristaux disséminés de labrador et d'augite indiquent également que la pâte compacte qui forme le fond de la roche est composée de feldspath et de pyroxène. Dans quelques roches adologènes, la cristallisation s'est opérée d'une manière plus parfaite sur certains points de la même masse ou de la même couche. On est alors fondé à assimiler les parties discernables à celles qui ne le sont pas et les grains visibles indiquent généralement la composition de la pâte. Le basalte passant à la dolérite peut être cité comme exemple.

La petitesse d'une partie des individus minéralogiques qui composent les roches est d'ailleurs un grand obstacle à la détermination exacte de leur nature, c'est pourquoi l'on a tout avantage à se servir d'instruments grossissants, tels que la loupe ou le microscope.

Dans l'examen microscopique des roches, on peut faire usage ou de la poudre obtenue en brisant la matière à l'étude, ou de lames minces analogues à celles qu'on citait tout à l'heure et parfaitement transparentes, ou enfin de plaques polies sur lesquelles se réfléchit la lumière.

Cordier, dans un travail capital sur la composition des roches volcaniques, a surtout fait usage de la première méthode, et on lui doit une description bien précieuse de l'aspect que présentent plusieurs minéraux réduits en fragments fort petits.

M. Sorby est certainement un des savants qui ont le plus employé pour l'étude microscopique des roches, les lames minces transparentes. On augmente encore le nombre des données fournies par ce procédé en opérant dans la lumière polarisée ; de cette façon les masses vitreuses se séparent des masses cristallisées et diverses substances cristallines peuvent être distinguées les unes des autres.

La troisième méthode microscopique consiste dans l'examen de lames polies employées à réfléchir la lumière ; elle fournit en général des indications moins précises que la précédente. Cependant, nous sommes nous-même arrivé à la transformer en un procédé analytique paraissant susceptible de beaucoup de précision.

Ce procédé consiste dans la mesure de l'angle de polarisation de chacun des minéraux d'une roche, et la seule condition à laquelle celle-ci doit satisfaire pour pouvoir être étudiée est de se laisser polir.

Nous avons d'abord et surtout employé un appareil semblable à celui que Seebeck destinait à la mesure des angles de polarisation. C'est, comme on sait, un cercle gradué vertical, au centre duquel on met la plaque polie, de façon qu'elle donne, dans un analyseur, l'image réfléchie d'une mire. Dans quelques autres essais, nous avons pu remplacer cet appareil par un goniomètre de Babinet qui est beaucoup plus commode. Pour les roches à grains très-fins, l'analyseur doit être porté sur un microscope, mais la méthode s'applique aussi à l'étude de roches phanérogènes et ne demande plus alors l'emploi d'appareils grossissants.

Bien que nous veuillons simplement donner ici l'esprit du procédé nouveau, nous croyons devoir cependant faire comprendre par un exemple le but que nous nous proposons d'atteindre.

On sait quelles étroites analogies existent entre le diorite et la dolérite formés tous deux de feldspath labrador mélangé, dans la première de ces roches, à de l'amphibole, et dans la seconde à du pyroxène. La difficulté pour déterminer ces roches vient de la similitude de propriétés de l'amphibole et du pyroxène. Ces deux minéraux ne peuvent guère, en effet, être distingués d'une manière certaine que par une analyse chimique quantitative complète. Leurs formes cristallines, leur aspect, leur dureté ne sauraient les caractériser.

Il en est autrement de leurs angles de polarisation : le minéral noir du diorite (amphibole) polarise sous un angle de $58^{\circ}20'$ environ, tandis que le minéral noir de la dolérite (pyroxène) polarise sous un angle de $59^{\circ}10'$. Il y a près de 1 degré de différence, et dès lors la caractéristique des deux roches est relativement facile.

La manière dont les divers minéraux des roches se comportent

vis-à-vis de la chaleur fournit souvent un excellent moyen pour les distinguer. Cordier a beaucoup contribué à perfectionner cette méthode d'étude.

Quelquefois, une faible action du feu suffit pour reconnaître la nature de diverses roches ; mais, le plus souvent, la nature des roches adélogènes nécessite de recourir à l'action d'une température plus élevée qui s'obtient à l'aide du chalumeau, petit appareil trop connu pour qu'il y ait utilité à le décrire ici. Disons seulement qu'il faut que le jet d'air soit continu, c'est-à-dire sans intermitence, ce qu'on n'arrive à obtenir qu'après quelque étude.

On sait que le dard de flamme produit par le chalumeau est formé de deux cônes s'emboîtant et très-distincts ; savoir : 1° l'un intérieur ayant la propriété de désoxyder plus ou moins complètement les corps oxygènes (*feu de réduction*) ; 2° l'autre, bleuâtre ou rougeâtre, enveloppant le premier cône et ayant, au contraire, la propriété d'oxyder (*feu d'oxydation*). C'est un peu au delà de la jonction des deux cônes qu'à lieu la plus haute température.

La chaleur obtenue en se servant d'une pince effilée dépasse 4,500 degrés centigrades. Mais en substituant à la pince un filet de disthène, suivant le précepte de Saussure, on peut obtenir la fusion du platine et même une température encore plus élevée.

Les fragments de roches dont on veut essayer la fusibilité au chalumeau doivent être détachés avec soin en lames extrêmement minces. Il ne faut pas qu'elles aient plus de 2 à 5 millimètres de longueur sur 1 millimètre de largeur, et elles doivent, en outre, offrir la plus grande ténuité possible.

Un bon moyen pour détacher une esquille convenable dans sa forme et dans sa dimension consiste à appuyer un doigt derrière le point de l'échantillon où l'on doit frapper le coup destiné à l'enlever : il faut se servir d'un très-petit marteau pour cela.

Il faut aussi que la pince à l'aide de laquelle on soumet la pointe ou la tranche *la plus mince* de cette esquille à l'action de la flamme du chalumeau soit très-effilée et très-amincie. Les pinces à bout de platine, dont on se sert ordinairement, sont presque toujours trop grosses pour les expériences de fusion qui exigent de la délicatesse, surtout quand il s'agit de substances d'une fusion difficile ; en effet, ces pinces, absorbant en pure perte une quantité énorme de

chaleur ne sont bonnes que pour expérimenter les matières dont la fusion est facile.

On obtient, par l'action du chalumeau, d'excellents caractères pour la détermination des roches, tels que coloration, décoloration, combustion, infusibilité, fusibilité plus ou moins parfaite, soit de la roche seule, soit de la roche mélangée à différents réactifs.

L'action des acides fournit aussi de très-utiles indications. On se sert d'habitude d'acide azotique, quelquefois d'acide chlorhydrique et plus rarement d'acide sulfurique. Cette action permet de diviser les roches en inattaquables et en attaquables. Celles-ci sont tantôt complètement solubles (sel gemme), tantôt solubles seulement en partie (péridot) ; dans ce dernier cas, le résidu de l'attaque peut être gélatineux ou pulvérulent, ce qui fournit des indications utiles. Souvent l'attaque est accompagnée d'un dégagement caractéristique. Ainsi les carbonates font effervescence et dégagent de l'acide carbonique, les sulfures donnent de l'hydrogène sulfuré reconnaissable à son odeur, les fluorures dégagent de l'acide fluorhydrique que son action corrosive à l'endroit du verre caractérise parfaitement, etc.

Il existe beaucoup de roches dont certains éléments sont attaquables, tandis que d'autres ne le sont pas. L'action des acides fait alors reconnaître aisément ces éléments, surtout si elle s'exerce sur une surface préalablement polie.

Certaines roches sont solubles dans l'eau ; dans ce cas elles sont sapides et le sens du goût les fait reconnaître.

Nous devons pour terminer ce sujet dire un mot de l'action de quelques sels métalliques sur certaines roches. Le docteur Andrews étudiant certaines roches, telles que les basaltes d'Antrim vit qu'elles renferment des grains qui, traités par le sulfate de cuivre, déterminent un dépôt de cuivre métallique. Il en conclut que ces roches renferment du fer natif. Le fait a été confirmé par M. Sterry Hunt dans l'étude de diverses roches de l'Amérique du Nord ; et nous sommes arrivés, de notre côté, à en reconnaître la justesse par une méthode différente.

M. Andrews prend la matière qu'il examine et après l'avoir placée en poudre fine sous le microscope, il la traite par du sulfate de cuivre acidulé : il voit certains grains changer de couleur

et prendre la nuance caractéristique du cuivre rouge, récemment précipité. Ce procédé a, comme on voit, l'inconvénient de ne pouvoir s'appliquer qu'à des masses qui ne renfermeraient pas le fer en grains indiscernables au microscope : or cela peut se présenter.

M. Sterry Hunt tourne cette difficulté par une méthode indirecte qui consiste à attaquer la roche par l'acide chlorhydrique et à recueillir l'hydrogène que le fer a dégagé ; mais cela ne saurait s'exécuter s'il y a très-peu de fer, comme c'est le cas le plus habituel, car la reconnaissance de l'hydrogène, qui peut être mêlé à divers gaz, n'est pas facile quand on n'a que des traces de matière.

Nous croyons infiniment préférable de traiter la roche par du chlorure d'or : le fer se dissout et précipite le métal précieux. On lave alors à l'eau, puis à l'acide chlorhydrique pour enlever le chlorure en excès, et, quand on est bien sûr qu'il n'en reste plus de trace interposée entre les grains de la matière, on dissout l'or dans l'eau régale et les réactifs permettent de le reconnaître aisément. Ce procédé peut servir, non-seulement en analyse qualitative, mais en analyse quantitative, car, appliqué à l'étude de la météorite d'Ornans (Doubs), il nous a donné des résultats très-exacts ; il nous a permis de constater la présence non douteuse du fer dans plusieurs basaltes, dans des dolérites et dans d'autres roches volcaniques.

Procédés de séparation des minéraux constituants.

Dans beaucoup de circonstances il ne suffit pas d'avoir déterminé la nature des éléments d'une roche, on peut vouloir les séparer les uns des autres ou au moins isoler quelques-uns d'entre eux d'une manière complète. Différentes méthodes permettent quelquefois d'arriver à ce résultat.

L'une des plus habituellement suivies porte le nom de *lévigation*, elle s'applique au cas où les minéraux à séparer, ayant un volume à peu près égal, ont des densités suffisamment différentes. On met la matière réduite en poudre dans une capsule et on y fait arriver un filet d'eau d'une vitesse convenable : les parties peu denses sont emportées et vont se déposer dans un second vase où on reçoit l'eau qui les entraîne, les autres restent dans la capsule

à laquelle on a soin d'imprimer, durant l'opération, un mouvement particulier d'oscillation. C'est par lévigation que les orpailleurs séparent les paillettes d'or des matières moins denses qui constituent les sables aurifères.

Beaucoup de séparations peuvent être ainsi exécutées, mais, pour qu'elles soient précises, il faut qu'on opère sur des grains ayant sensiblement la même grosseur.

On sait, en effet, que des grains de même nature se classent par ordre de grosseur sous l'influence d'un courant d'eau suffisamment rapide. Celui-ci commence par entraîner les parties fines, puis celles qui sont de plus en plus grosses.

Pour avoir des grains de dimension uniforme on peut recourir à deux moyens principaux. Le premier consiste dans l'usage de tamis de finesse graduée : la poudre prise entre deux tamis présente une grosseur uniforme. Le second moyen, recommandé par Cordier, consiste à mettre la roche pulvérisée sur un plan de verre incliné et à la faire glisser à l'aide d'une légère trépidation. En prenant les grains occupant une région déterminée on est sûr d'avoir affaire à des particules de dimensions peu différentes.

Dans certains cas on peut remplacer le courant d'eau par un courant d'air. Cette sorte de *lévigation aérienne* convient lorsque l'un des minéraux est en paillettes légères, comme il arrive au mica, tandis que les autres sont en grains, difficiles à entraîner. Ce procédé est analogue à celui que mettent en pratique les vaneuses mécaniques.

Dans le cours de très-nombreuses lévigrations que nous avons eu l'occasion d'exécuter, nous nous sommes très-bien trouvés quelquefois d'un artifice particulier qui consiste à opérer la séparation dans un vase plat (une cuvette à photographie) et à imprimer au liquide un mouvement lent d'oscillation. C'est une simple reproduction du *mouvement de flot* qui, sur les côtes, réalise des séparations si parfaites : on voit peu à peu les matières différentes venir se concentrer sur des lignes parallèles dont la position reste bien fixe si l'énergie de mouvement ne varie pas. Une fois la séparation faite, on soutire l'eau avec de très-grandes précautions, on laisse sécher et on trie les poudres avec un pinceau.

A côté de ces triages mécaniques se placent des triages physi-

ques. Nous en citerons deux fondés, l'un sur les propriétés magnétiques, l'autre sur la conductibilité électrique des éléments des roches.

Le premier consiste dans le triage à l'aimant. Si l'on promène un aimant dans la poudre obtenue par le triage d'un basalte on en retire facilement tout le fer titané qui est magnétique, tandis que les parties pierreuses restent à peu près complètement. Ce procédé souvent employé, par exemple, dans l'analyse des météorites, ne donne pas toujours des séparations exactes. Cela tient en partie à ce que de la matière non magnétique peut être entraînée entre les grains magnétiques. En outre, certains silicates, tels que le pyroxène ne sont pas tout à fait insensibles à l'action de l'aimant. Certains micas sont très-magnétiques.

Le deuxième procédé consiste dans une application que nous avons récemment imaginée de l'expérience de Leichtenberg.

On sait en quoi consiste l'expérience de Leichtenberg : on prend un plateau de résine bien uni, et on dépose sur sa surface, au moyen d'une bouteille de Leyde que l'on tient par la panse, de l'électricité positive suivant des lignes quelconques. On répète cette opération, mais en suivant d'autres lignes, après avoir chargé l'intérieur de la bouteille d'électricité négative. On a donc sur la résine des bandes électrisées positivement et d'autres négativement ; on projette alors sur la résine, ainsi préparée, un mélange de poudres fines de minium et de soufre au moyen d'un petit soufflet dans lequel on les a introduites. Les deux poudres s'électrisent en passant par la tuyère du soufflet ; le soufre qui est électrisé négativement se porte sur les courbes électrisées positivement et le minium sur celles qui ont reçu le fluide négatif.

Nous avons pensé que cette expérience, au moins dans certains cas, pouvait fournir le moyen de séparer des minéraux mélangés dans une roche et l'expérience a parfaitement confirmé nos prévisions.

Les premières roches sur lesquelles nous avons opéré sont des trachytes sulfurifères. Le soufre et le feldspath se sont séparés d'une manière très-satisfaisante. Nous avons ensuite étudié le cas de roches formées de deux silicates, telles, par exemple, que le greisen, et nous avons aussi obtenu une séparation. Il faut, pour

réussir que la poudre soit très-fine et parfaitement sèche, même un peu chaude.

On peut supprimer l'usage peu commode de la bouteille de Leyde en employant un électrophore spécial. Il consiste en un gâteau de résine dans lequel sont incrustées des règles de verre : il suffit après l'avoir chauffé de le frotter avec une peau de chat pour développer simultanément dans ses diverses parties les deux électricités.

Les acides n'exerçant pas une action égale sur tous les minéraux, on peut les employer à opérer des séparations ; seulement, il faut bien remarquer qu'ils donnent simplement le moyen d'isoler les minéraux inattaquables ; les autres sont détruits. Par exemple, un acide étendu agissant sur du cipolin, dissout et fait disparaître le calcaire, tandis que le talc reste inaltéré ; de même ce réactif agissant sur de la lherzolithe attaque le périclase et ne touche point au pyroxène, etc.

Pour terminer ce qui se rapporte aux diverses méthodes proposées par l'analyse minéralogique, nous devons citer un procédé imaginé par M. Delesse pour l'étude des roches phanérogènes, bien qu'il n'ait pas pour résultat de séparer les espèces minéralogiques mélangées.

On prend un échantillon de la roche qui soit poli, ou du moins qui présente une face plane ; il peut, d'ailleurs, être parallépipédique ou avoir une forme quelconque. Plusieurs jours d'avance on humecte sa surface avec de l'huile, de manière que ce liquide ait le temps de bien pénétrer dans ses pores ; l'huile ne tarde pas à opérer un changement très-notable dans la vivacité de couleur et surtout dans la transparence des minéraux. Ainsi le quartz, par exemple, devient très-limpide, tandis que les feldspaths, qui, dans les roches granitoïdes sont souvent intimement mélangés avec lui, deviennent opaque et même laiteux : on peut alors distinguer les minéraux avec la plus grande netteté. On recouvre la roche avec une peau de baudruche ou, ce qui est préférable, avec une feuille de papier végétal, aussi fin et aussi transparent que possible ; on augmente, au besoin, sa transparence en l'imbibant lui-même d'huile préalablement, puis on l'assujettit avec de la colle à bouche contre les parois latérales de l'échantillon en l'appliquant bien

contre sa surface. On peut ainsi voir, à travers le papier, les minéraux de la roche, aussi exactement qu'à l'œil nu.

On suit alors, avec un crayon ou avec une plume fine, tous leurs contours et on calque le dessin présenté par la roche. On doit avoir soin de dessiner seulement les minéraux qui se trouvent dans le plan même de section, en laissant de côté ceux que la transparence de la roche permet quelquefois d'apercevoir ; ainsi, dans les roches granitoïdes, où le mica et le quartz sont associés, on distingue très-bien les paillettes de mica dans l'intérieur du quartz, mais on ne dessine que celles qui sont réellement coupées par la surface considérée. Pour ne pas confondre les divers minéraux, on les lave ensuite avec des teintures complémentaires ou qui contrastent fortement ; cette précaution est surtout nécessaire quand la roche est formée de plus de deux minéraux. Les portions dont le détail est difficile et a besoin d'être examiné de près à l'œil nu, pour qu'on puisse discerner complètement les minéraux qui les composent, sont d'ailleurs corrigées en dernier lieu, quand on a enlevé la feuille de papier végétal qui couvre le calque ; en sorte qu'on peut toujours avoir ainsi une représentation suffisamment exacte de la roche.

On découpe alors le calque, de manière qu'il présente une surface égale à celle de l'échantillon qui a été dessiné et l'évaluation des surfaces occupées par chaque minéral serait facile si on le ramenait à une détermination de poids. On pourrait peser les différents morceaux de papier, après avoir découpé ceux qui ont des teintures différentes ; mais le papier est peu homogène, trop hygrométrique, et enfin, il présente un poids trop faible dans l'unité de surface, de sorte que de petites erreurs sur le poids donneraient lieu à des erreurs plus grandes dans l'évaluation des surfaces. On évitera ces inconvénients en remplaçant le papier par une substance plus pesante et plus homogène et spécialement par des feuilles d'étain ou de plomb.

En répétant l'opération dans trois directions à travers la roche, on remplacera la surface des minéraux par leur volume et, connaissant leur densité, on en déduira leur poids.

§ 2. — MÉTHODE DICHOTOMIQUE POUR LA DÉTERMINATION
DES ROCHES.

Nous allons montrer comment, par l'emploi méthodique d'un très-petit nombre de réactifs, on peut en très-peu de temps reconnaître avec précision à quelle variété appartient une masse quelconque. On sait qu'on a fait en botanique, en zoologie et même en minéralogie des clefs dichotomiques qui permettent d'obtenir ce résultat ; cependant malgré les grands services que rend cette méthode, on n'avait pas jusqu'en 1867, époque d'une publication que nous avons faite sur ce sujet, étendu le système dichotomique à la détermination des roches. Ce fait peut paraître singulier : il s'explique aisément.

En effet, comme on l'a vu, les roches sont, en général, des mélanges en proportions essentiellement changeantes de minéraux différents. Leur composition élémentaire varie donc presque à l'infini, et il en est de même de leurs caractères physiques et chimiques. C'est ainsi que certains calcaires sont relativement durs (les marbres), tandis que d'autres sont très-tendres (la craie) ; que certaines argiles plastiques sont fusibles au chalumeau, pendant que d'autres sont infusibles, etc. Les données dont on peut disposer pour construire une *clef dichotomique* sont donc peu nombreuses et souvent difficiles à discerner.

Toutefois, il nous a paru qu'en recourant aux caractères chimiques, et en ne faisant intervenir que les plus saillants, on pouvait donner de chaque roche une définition qui la séparât de toutes les autres.

Il faut bien remarquer que les différentes considérations à faire intervenir successivement ne sont pas tenues à se suivre dans un ordre conforme à la subordination des caractères. La seule chose importante est d'aller toujours de ce qui est facilement visible à ce qui demande plus d'attention pour être observé.

Ainsi nous commençons par voir si la roche est homogène ou hétérogène. Puis nous examinons si elle a un aspect caractéristique, tel que l'éclat métallique ou une couleur propre ; si elle est

magnétique, si elle est très-dure, etc. ; c'est-à-dire que nous examinons ses propriétés physiques. Ensuite seulement, interviennent les réactifs, en commençant dans chaque série par les plus simples, tels que le chalumeau, pour terminer par les plus complexes, tels que les acides.

Au moyen du procédé que nous proposons et avec quelques tubes, quelques réactifs et un chalumeau, on peut reconnaître aisément la nature de toutes les roches, sauf, bien entendu, un petit nombre de cas d'une difficulté exceptionnelle. Nous préconisons cette Méthode avec d'autant plus d'assurance que nous avons été à même d'en apprécier les avantages dans les nombreuses conférences pratiques auxquelles, sous notre direction, sont venus prendre part un bon nombre des élèves agronomes du Muséum d'histoire naturelle.

MÉTHODE DICHOTOMIQUE

POUR LA DÉTERMINATION DES ROCHES

- | | | | |
|----|---|---|----------------------|
| 1. | { | Roche paraissant homogène. 2. Roche évidemment hétérogène. 175. | |
| 2. | { | Aspect métallique ne disparaissant pas sous l'action d'une pointe d'acier. 5. Aspect non métallique, ou éclat métalloïde, disparaissant sous la pointe d'acier. 9. | |
| 3. | { | Au chalumeau, sur le charbon, odeur sulfureuse. 4. Au chalumeau, sur le charbon, pas d'odeur sulfureuse. 8. | |
| 4. | { | Production d'un globule métallique malléable . . . Production d'un globule non métallique. 5. | Galène. |
| 5. | { | La solution du globule dans l'acide azotique devient bleue par l'ammoniaque. La solution azotique ne bleuit pas par l'ammoniaque. 6. | Chalkopyrite. |

6. { La roche a une couleur de tombac. **Pyrite magnétique.**
 { La roche a une couleur de laiton. 7.
7. { La structure est compacte. **Pyrite compacte.**
 { La structure est radiée. **Pyrite fibreuse.**
8. { La roche est compacte. **Magnétite compacte.**
 { La roche est grenue. **Magnétite granulaire.**
9. { L'acide azotique produit une effervescence. 10.
 { L'acide azotique ne produit pas d'effervescence. 58.
10. { L'effervescence est abondante. 11.
 { L'effervescence est lente ; quelquefois elle ne se
 produit qu'à chaud. 25.
11. { La solution dans l'acide laisse un résidu abondant. 12.
 { La solution se fait sans résidu abondant. 17.
12. { Le résidu est noir et consiste en charbon. 13
 { Le résidu n'est pas noir. 14.
13. { La roche chauffée dans le tube fermé dégage du bi-
 tume. **Calcaire bitumineux.**
 { La roche ne dégage pas de bitume. **Anthraconite.**
14. { Le résidu est formé de grains rayant le verre. **Calschiste.**
 { Le résidu est formé d'une matière tendre. 15.
15. { Le résidu fait pâte avec l'eau. 16.
 { Le résidu ne fait pas pâte avec l'eau. **Marnolite.**
16. { La roche est compacte. **Marne compacte.**
 { La roche est schistoïde. **Marne schistoïde.**
17. { La roche est soluble dans l'eau. **Natron.**
 { La roche est insoluble dans l'eau. 18.
18. { La roche est incohérente. **Sable calcaire.**
 { La roche est cohérente. 19.
19. { La roche est clastique. **Poudingue et Brèche calcaires**
 { La roche n'est pas clastique. 20.
20. { La roche est cristalline. 21.
 { La roche n'est pas cristalline. 22.
21. { La roche est grenue. **Calcaire saccharoïde.**
 { La roche est fibreuse. **Calcaire fibreux.**

22. { La roche est friable. **Calcaire terreux.**
 { La roche n'est pas friable. 23.
25. { La roche est formée de dépouilles organisées. . **Calcaire biogène.**
 { La roche n'est pas formée de pareilles dépouilles. 24.
24. { Elle est compacte. **Calcaire compacte.**
 { Elle est globulifère. **Calcaire globulifère.**
25. { La roche est fusible au chalumeau. 26.
 { La roche est infusible au chalumeau. 50.
26. { La fusion donne un émail blanc. 27.
 { La fusion donne un globule noir magnétique. 28.
27. { La roche est cristalline. **Calamine cristalline.**
 { La roche est compacte. **Calamine compacte.**
28. { La roche est cristalline. **Sidérose spathique.**
 { La roche n'est pas cristalline. 29.
29. { La roche est compacte. **Sidérose compacte.**
 { La roche est schistoïde **Sidérose schistoïde.**
30. { La roche donne avec le cobalt la réaction de la magnésie. 51.
 { La roche ne donne pas cette réaction; l'effervescence est due à des impuretés. 38.
31. { La solution acide du n° 9 précipite à *chaud* par l'oxalate d'ammoniaque. 32.
 { Cette réaction n'a pas lieu. 36.
32. { La roche est incohérente. **Dolomie arénacée.**
 { La roche est cohérente. 55.
33. { La roche est cristalline. **Dolomie grenue.**
 { La roche n'est pas cristalline. 34.
34. { La roche est schistoïde. **Dolomie schistoïde.**
 { La roche est compacte. 35.
55. { La roche est résistante **Dolomie compacte.**
 { La roche est pulvérulente **Dolomie terreuse.**
36. { La roche est cristalline. 37.
 { La roche n'est pas cristalline. **Globertite compacte.**

37. { La roche est lamellaire. **Giobertite spathique.**
 { La roche est grenue. **Giobertite grenue.**
38. { Chauffée dans le tube fermé, la roche donne des
 produits condensables. 59.
 { Chauffée dans le tube fermé, la roche ne donne pas
 de produits condensables. 105.
39. { Les produits consistent en eau. 58.
 { Les produits ne sont pas de l'eau. 40
40. { La roche, chauffée à l'air, fond, puis brûle avec
 une flamme bleue. 41.
 { La roche brûle sans donner une flamme bleue. 43.
41. { La roche est cristalline. **Soufre grenu.**
 { La roche n'est pas cristalline. 42.
42. { La roche est compacte. **Soufre compacte.**
 { La roche est poreuse. **Soufre tufacé.**
43. { La roche est liquide. **Pétrole.**
 { La roche n'est pas liquide. 44.
44. { Elle fond complètement dans le tube fermé. 45.
 { Elle ne fond pas. 46.
45. { La roche est solide. **Asphalte.**
 { La roche est pâteuse. **Pisasphalte.**
46. { La combustion à l'air est facile et a lieu avec
 flamme. 49.
 { La combustion est difficile et ne donne pas de
 flamme. 47.
47. { La roche est pulvérulente. **Anthracite terreuse.**
 { La roche n'est pas pulvérulente. 48
48. { La roche est compacte. **Anthracite compacte.**
 { La roche est schistoïde. **Anthracite schistoïde.**
49. { La poussière de la roche est noire. 50.
 { La poussière de la roche est brune. 52.
50. { La roche est pulvérulente. **Houille terreuse.**
 { La roche n'est pas pulvérulente. 51.
51. { La roche est compacte. **Houille compacte.**
 { La roche est schistoïde. **Houille schistoïde.**

52. { La roche est schistoïde. 53.
 { La roche n'est pas schistoïde. 54.
53. { Roche sonore **Naphtoschiste.**
 { Roche non sonore. **Lignite schistoïde.**
54. { La roche est compacte. 55.
 { La roche n'est pas compacte. 56.
55. { Elle donne, en brûlant, une odeur bitumineuse. **Lignite compacte.**
 { Elle donne, en brûlant, une odeur d'herbes sèches **Tourbe compacte.**
56. { La roche est terreuse. **Lignite terreux.**
 { La roche présente la structure végétale. 57.
57. { Elle a la structure du bois. **Lignite xyloïde.**
 { Elle a la structure de petites plantes. **Tourbe fibreuse.**
58. { La roche est infusible au chalumeau. 59.
 { La roche est fusible au chalumeau. 75.
59. { La roche est noire et traçante. 60.
 { La roche n'est pas traçante. 61.
60. { Elle est pulvérulente. **Acerdèse pulvérulente.**
 { Elle n'est pas pulvérulente. **Acerdèse compacte.**
61. { La roche donne, au chalumeau, la réaction de l'alumine. 62.
 { La roche ne donne pas, au chalumeau, la réaction de l'alumine. 66.
62. { Elle est globulifère. **Bauxite oolithique**
 { Elle n'est pas globulifère. 65.
63. { Elle est poudingiforme ou bréchiforme. **Jaspe élastique.**
 { Elle n'est ni poudingiforme ni bréchiforme. 64.
64. { Elle est extrêmement solide. **Jaspe compacte.**
 { Elle est peu solide. 65.
65. { La roche fait pâte avec l'eau. **Argile compacte.**
 { La roche ne fait pas pâte avec l'eau. **Bauxite compacte.**
66. { Elle est très-friable ou même pulvérulente. 67.
 { Elle est très-cohérente. 68.
67. { Au microscope, on voit qu'elle est formée de carapaces d'infusoires. **Tripoli.**
 { Au microscope, on voit qu'elle est amorphe. **Gaïse.**

68. { La roche est poreuse. **Geysérite.**
 { La roche est compacte. 69.
69. { Elle donne, au chalumeau, la réaction de la magné-
 sie. 70.
 { Elle ne donne pas cette réaction. **Opale compacte.**
70. { La structure est schistoïde. 71.
 { La structure n'est pas schistoïde. 72.
71. { Les feuillets sont onctueux. **Stéaschiste.**
 { Les feuillets ne sont pas onctueux. **Serpentine schistoïde.**
72. { La roche est clastique. **Serpentine bréchiforme.**
 { La roche n'est pas clastique. **Serpentine compacte.**
73. { Le produit de la fusion est magnétique. 74.
 { Le produit de la fusion n'est pas magnétique. 78.
74. { La poussière de la roche est jaune. 75.
 { La poussière de la roche est d'un noir bleuâtre. 77.
75. { La roche est globulifère. **Limonite globulifère.**
 { La roche est uniforme. 76.
76. { Elle est pulvérulente. **Limonite terreuse.**
 { Elle est compacte. **Hématite brune.**
77. { Elle est compacte. **Chamoisite compacte.**
 { Elle est oolithique **Chamoisite oolithique.**
78. { La roche donne, au chalumeau, la réaction de la
 magnésie. 79.
 { La roche ne donne pas cette réaction. 80.
79. { Elle est compacte. **Magnésite compacte.**
 { Elle est schistoïde. **Magnésite schistoïde.**
80. { La roche est noire et traçante. 81.
 { La roche n'est pas noire et traçante. 82.
81. { Elle est pulvérulente. **Ampélite terreuse.**
 { Elle est schistoïde. **Ampélite schistoïde.**
82. { Elle est schistoïde. 85.
 { Elle n'est pas schistoïde. 87.
83. { Elle fait pâte avec l'eau. **Argile schistoïde.**
 { Elle ne fait pas pâte avec l'eau. 84.

84. { La roche est verte. **Chloritoschiste.**
 { La roche n'est pas verte. 85.
85. { Le produit de la fusion est un émail blanc poin-
 tillé de noir. **Phonolithe schisteuse.**
 { Le produit de la fusion n'est pas blanc pointillé de
 noir. 86.
86. { La roche est formée de feuillets très-minces. **Phyllade schistoïde.**
 { La roche n'est pas formée de feuillets très-minces. **Schiste.**
87. { Elle fait pâte avec l'eau. 88.
 { Elle ne fait pas pâte avec l'eau. 90.
88. { Elle est compacte. **Argile compacte.**
 { Elle n'est pas compacte. 89.
89. { Elle est oolithique. **Argile oolithique.**
 { Elle est blanche et pulvérulente. **Kaolin.**
90. { La calcination la rend partiellement soluble dans
 l'eau. 91.
 { La calcination ne la rend pas soluble dans l'eau. 95.
91. { La roche est clastique. **Alunite bréchiforme.**
 { La roche n'est pas clastique. 92.
92. { Elle est compacte. **Alunite compacte.**
 { Elle est terreuse. **Alunite terreuse.**
93. { La roche est verte. 94.
 { La roche n'est pas verte. 95.
94. { Elle est compacte. **Glaucosite compacte.**
 { Elle est oolithique. **Glaucosite oolithique.**
95. { La roche est rayée par l'ongle. 96.
 { La roche n'est pas rayée par l'ongle. 100.
96. { Elle a une apparence argileuse. 97.
 { Elle a une apparence pierreuse. 98.
97. { Elle se désagrège dans l'eau sans faire pâte. **Limon.**
 { Elle ne se désagrège pas dans l'eau. **Argilite.**
98. { La structure est compacte. **Gypse compacte.**
 { La structure est cristalline. 99.
99. { La roche est fibreuse. **Gypse fibreux.**
 { La roche est grenue. **Gypse grenu.**

100. { Le produit de la fusion est un émail blanc pointillé de noir. 101.
 { Le produit de la fusion n'est pas un émail blanc pointillé de noir. 102.
101. { La roche est d'un gris très-clair. **Leucostite compacte.**
 { La roche est généralement foncée. **Phonolithe compacte.**
102. { La roche présente un éclat vitreux. **Perlite.**
 { La roche n'offre pas l'éclat vitreux. **Phyllade compacte.**
103. { La roche est fusible au chalumeau. 104
 { La roche est infusible au chalumeau. 161.
104. { Elle est soluble dans l'eau et, par conséquent, sa-
 pide. 105.
 { Elle n'est pas soluble dans l'eau. 109.
105. { Elle fuse sur un charbon rouge. **Nitratine.**
 { Elle ne fuse pas. 106.
106. { La roche colore en jaune très-vif la flamme du cha-
 lumeau. 107.
 { La roche ne colore pas en jaune la flamme du cha-
 lumeau. **Carnallite.**
107. { La roche est fibreuse **Sel gemme fibreux.**
 { La roche n'est pas fibreuse. 108.
108. { Elle est compacte. **Sel gemme compacte.**
 { Elle est grenue. **Sel gemme saccharoïde.**
109. { La roche donne, sur le charbon, une odeur hépa-
 tique. 110.
 { La roche ne donne pas, sur le charbon, une odeur
 hépatique. 116.
110. { Elle offre une densité remarquablement forte. 111.
 { Elle offre une densité qui n'a rien de remar-
 quable. 114.
111. { La roche colore la flamme en rouge intense. 112.
 { La roche ne colore pas la flamme en rouge. 115.
112. { La roche est compacte. **Célestine compacte.**
 { La roche est cristalline. **Célestine cristalline.**
113. { La roche est compacte. **Barytine compacte.**
 { La roche est cristalline. **Barytine cristalline.**

114. { La roche est clastique. **Anhydrite bréchiforme.**
 { La roche n'est pas clastique. 115.
115. { La roche est compacte. **Anhydrite compacte.**
 { La roche est grenue. **Anhydrite saccharoïde.**
116. { La roche pulvérisée, chauffée dans le tube avec
 l'acide sulfurique, attaque le verre. **Fluorine.**
 { La roche, soumise à cet essai, n'attaque pas le
 verre. 117.
117. { La roche a un éclat métalloïde qui disparaît par la
 rayure. 118.
 { La roche n'a pas d'éclat métalloïde. 119.
118. { La fusion donne un globule magnétique. . **Oligiste métalloïde.**
 { La fusion ne donne pas de globule magnétique. . **Mica en roche.**
119. { La roche est terreuse. 121.
 { La roche n'est pas terreuse. 124.
120. { La fusion donne un globule magnétique. 121.
 { La fusion ne donne pas de globule magnétique. 122.
121. { La roche est magnétique. **Magnétite.**
 { La roche n'est pas magnétique. **Oligiste.**
122. { La fusion donne un émail entièrement blanc. . **Pumite ou Ponce.**
 { La fusion ne donne pas un émail blanc, au moins
 entièrement blanc. 125.
123. { La roche est noire **Basalte terreux.**
 { La roche n'est pas noire. **Wacke.**
124. { Le produit de la fusion est tout à fait blanc. 125.
 { Le produit de la fusion n'est pas blanc. 136.
125. { La fusion est extrêmement difficile. 126.
 { La fusion est plus facile. 127.
126. { La roche est grenue. **Apatite.**
 { La roche est compacte. **Phosphorite.**
127. { La roche est attaquable par les acides. 128.
 { La roche est inattaquable par les acides. 130.
128. { La roche est cristalline. **Labradorite.**
 { La roche n'est pas cristalline. 129.

129. { La roche est compacte. **Saussurite.**
 { La roche est scoriacée. **Téphrine.**
130. { La roche est vitreuse. 131.
 { La roche n'est pas vitreuse. 134.
131. { La cassure est conchoïdale. **Obsidienne.**
 { La cassure est rude ou grenue. 132.
132. { La roche est très-légère. **Ponce.**
 { La roche n'est pas très-légère. 135.
133. { Elle présente un aspect résineux. **Rétinite.**
 { Elle ne présente pas l'aspect résineux. . . . **Trachyte vitreux.**
134. { La roche est poreuse et rude au toucher. **Trachyte.**
 { La roche n'est pas poreuse. 135.
135. { Elle est grenue. **Leptynite.**
 { Elle est compacte. **Eurite ou pétrosilex.**
136. { Il est magnétique. 137.
 { Il n'est pas magnétique. 139.
137. { La roche est compacte. **Oligiste compacte.**
 { La roche n'est pas compacte. 138.
138. { Elle est fibreuse. **Oligiste fibreux.**
 { Elle est globulifère. **Oligiste globaire.**
139. { La roche est vitreuse **Gallinace**
 { La roche n'est pas vitreuse. 140.
140. { Elle est compacte. 141.
 { Elle n'est pas compacte. 150.
141. { Elle est verte ou verdâtre. 142.
 { Elle n'est pas verte. 144.
142. { Elle donne, au chalumeau, la réaction de la ma-
 gnésie **Lherzoline.**
 { Elle ne donne pas la réaction de la magnésie. 145.
143. { Elle est d'un vert clair. **Épidotite compacte.**
 { Elle est d'un vert très-foncé. **Kéralite compacte.**
144. { Elle est rougeâtre ou jaunâtre. . . . **Grenatite compacte.**
 { Elle est noire ou noirâtre. 145.

145. { Le produit de la fusion est entièrement noir. 146.
 { Le produit de la fusion n'est pas entièrement
 noir. 148.
146. { La roche agit sur l'aiguille aimantée. . . . **Basalte compacte.**
 { La roche n'agit pas sensiblement sur l'aiguille ai-
 mantée. 147.
147. { La-roche, au chalumeau, donne la réaction de l'alu-
 mine. **Aphanite compacte.**
 { La roche ne donne pas la réaction de l'alu-
 mine. **Amphibolite compacte.**
148. { La roche offre un éclat corné. 149.
 { La roche n'a pas l'éclat corné. **Leptynolite compacte.**
149. { Avec une forte loupe, on reconnaît la présence du
 mica. **Kéralite compacte.**
 { On ne voit pas trace de mica. **Hornfels.**
150. { Elle est grenue. 151.
 { Elle n'est pas grenue. 155.
151. { Elle est verte. 153.
 { Elle est rougeâtre ou noire. 152.
152. { Elle est rougeâtre ou roussâtre. 154.
 { Elle est noire **Amphibolite grenue.**
153. { Elle donne, au chalumeau, la réaction de l'alumine **Épidotite grenue.**
 { Elle donne, au chalumeau, la réaction de la ma-
 gnésie **Pyroxénite.**
154. { Elle donne, au chalumeau, la réaction de la ma-
 gnésie **Lherzolite.**
 { Elle ne donne pas la réaction de la magnésie. **Grenatite.**
155. { La roche est schistoïde. 156.
 { La roche n'est pas schistoïde. 157.
156. { On n'y distingue pas de mica. **Amphibolite schistoïde.**
 { On y reconnaît le mica **Leptynolite schistoïde.**
157. { Elle est scoriacée. 158.
 { Elle n'est pas scoriacée. 159.
158. { Elle est noire **Basalte scoriacé.**
 { Elle est brune. **Basanite.**

159. { Elle est clastique. 160.
 { Elle est globulifère; sa couleur est verdâtre. **Variolite.**
160. { Elle est noire. **Basalte clastique.**
 { Elle est de couleur claire. **Lherzolite clastique.**
161. { La roche raye le verre. 162.
 { La roche ne raye pas le verre. 170.
162. { Elle est compacte. 165.
 { Elle n'est pas compacte. 166.
163. { Elle est opaque sur les bords minces. 164.
 { Elle est translucide sur les bords minces. 165
164. { Sa couleur est noire. **Phtanite.**
 { Sa couleur n'est pas noire. **Jaspe compacte.**
165. { La cassure est vitreuse. **Quartz cristallin.**
 { La cassure est lisse ou cirreuse. **Quartz compacte.**
166. { Elle est bréchiforme. 167.
 { Elle n'est pas bréchiforme. 168.
167. { Les fragments sont opaques sur les bords minces. **Jaspe bréchiforme.**
 { Les fragments sont translucides sur les bords
 minces. **Quartz bréchiforme.**
168. { La roche est vacuolaire. **Meulière.**
 { La roche n'est pas vacuolaire. 169.
169. { Elle est cohérente. **Quartzite et Grès.**
 { Elle est incohérente. **Sable.**
170. { La roche est d'un noir très-foncé. 171.
 { La roche n'est pas noire. 173.
171. { Elle donne, au chalumeau, la réaction du manga-
 nèse. 172.
 { Elle ne donne pas, au chalumeau, la réaction du
 manganèse. **Graphite.**
172. { Elle est compacte, **Pyrolusite compacte.**
 { Elle est pulvérulente **Pyrolusite terreuse.**
173. { La roche est soluble dans l'acide azotique avec dé-
 pôt de soufre **Blende.**
 { La roche ne donne pas cette réaction. 174. . .

174. { Elle est compacte. **Diallagite compacte.**
 { Elle est grenue. **Diallagite grenue.**
175. { La roche est entièrement formée de cristaux enchevêtrés. 176.
 { La roche n'est pas, au moins entièrement, formée de cristaux enchevêtrés. 228.
176. { On y distingue seulement deux substances différentes. 195.
 { On y distingue plus de deux substances. 177.
177. { On y voit quatre substances. 178.
 { On n'y voit que trois substances. 179.
178. { L'une des substances est de l'amphibole, facilement reconnaissable. **Syénite antique.**
 { L'amphibole n'existe pas dans la roche. **Rappakiwi.**
179. { Le mica est un des éléments de la roche. 180.
 { Le mica n'est pas un des éléments de la roche. 187.
180. { La roche contient du quartz. 181.
 { La roche ne contient pas de quartz. **Monzonite**
181. { Le mica est verdâtre et talqueux. 182.
 { Le mica n'est pas talqueux. 185.
182. { La roche est feuilletée. **Protogine schistoïde.**
 { La roche n'est pas feuilletée. 183.
185. { Elle est granitoïde **Protogine granitoïde.**
 { Elle est pseudo-porphyroïde. 184.
184. { Les parties disséminées sont des cristaux de feldspath. **Protogine porphyroïde.**
 { Les parties disséminées sont arrondies . **Protogine glandulaire.**
185. { La roche est schistoïde. **Granite schistoïde.**
 { La roche n'est pas schistoïde. 186.
186. { Elle est porphyroïde. **Granite porphyroïde**
 { Elle est grenue. **Granite granitoïde.**
187. { La roche contient du quartz. **Luxullane.**
 { La roche ne contient pas de quartz. 188.
188. { Elle est verdâtre. 189.
 { Elle n'est pas verdâtre. 190.

189. { Elle contient des parties talqueuses. **Eupholite.**
 { Elle ne contient pas de talc; on y voit des parties
 très-vertes terreuses. **Ophitone.**
190. { Elle renferme de l'amphibole, reconnaissable à son
 peu d'éclat. 191.
 { Elle renferme du pyroxène, reconnaissable à son
 éclat et à ses clivages. 193.
191. { On y voit des zircons bruns ou rougeâtres. 192.
 { On n'y voit pas de zircons **Amphigénite.**
192. { Sa structure est grenue. **Zircosyénite grenue.**
 { Sa structure est porphyroïde. . . . **Zircosyénite porphyroïde.**
195. { La roche contient un minéral blanc ou blanchâtre.
 194.
 { La roche ne contient pas de minéral blanchâtre. . . . **Péridotite.**
194. { Le minéral blanc donne beaucoup d'eau dans le
 tube. **Cyclophyre.**
 { Le minéral blanc ne donne pas d'eau en quantité
 sensible. **Néphéllinite.**
195. { La roche fait une effervescence abondante. 196. . .
 { La roche ne fait pas une effervescence abondante.
 199.
196. { Elle contient un minéral vert **Ophicalce.**
 { Elle ne contient pas de minéral vert. 197.
197. { On y voit du mica. **Micalcine**
 { On n'y voit pas de mica. 198.
198. { Elle contient du talc, onctueux au toucher. **Cipolin.**
 { Elle contient de l'amphibole, non onctueux **Hémithrène.**
199. { Elle contient du quartz. 200.
 { Elle ne contient pas de quartz. 206.
200. { La structure est schistoïde. 201.
 { La structure est grenue. 204.
201. { Le mica est un de ses éléments essentiels. 202.
 { Le talc est un de ses éléments essentiels. 203.
202. { Les feuillettes ont une structure porphyroïde. **Micaschiste porphyr.**
 { Les feuillettes n'ont pas une structure porphyroïde. **M. proprement dit.**

205. { Les feuillets ont une structure porphyroïde. **Taleschiste porphyr.**
 { Les feuillets n'ont pas une structure porphyroïde. **T. propr. dit.**
204. { La roche contient un minéral noir brillant. . . . **Hyalotourmalite.**
 { La roche ne contient pas de minéral noir brillant. 205.
205. { Le mica est un élément essentiel de la roche. . . **Greisen.**
 { Le mica n'est pas un élément essentiel de la roche. **Granulite.**
206. { Le mica est un élément essentiel de la roche. 207.
 { Le mica n'est pas un élément essentiel de la roche. 211.
207. { La roche est schistoïde. 208.
 { La roche n'est pas schistoïde. 209.
208. { Les feuillets ont une structure porphyroïde. **Gneiss porphyroïde.**
 { Les feuillets ne sont point porphyroïdes. **Gneiss grenu.**
209. { Le minéral, autre que le mica, est gris et rude au
 toucher. **Trachyte micacé.**
 { Le minéral, autre que le mica n'a pas ces caractères. 210.
210. { Le mica est brun. **Minette.**
 { Le mica n'est pas brun. **Kersanton.**
211. { La roche contient du talc. 212.
 { La roche ne contient pas de talc. 214.
212. { La structure est schistoïde. **Dolérine schistoïde.**
 { La structure n'est pas schistoïde. 213.
213. { Cette structure est grenue. **Dolérine grenue.**
 { Cette structure est porphyroïde **Dolérine porphyroïde.**
214. { La roche contient de l'amphibole, reconnaissable à
 son peu d'éclat. 215.
 { La roche ne contient pas d'amphibole. 221.
215. { Son aspect est trachytique. 216.
 { Son aspect n'est pas trachytique. 217.
216. { Le minéral, autre que l'amphibole, est attaquant
 aux acides. **Andésite amphibolifère.**
 { Le minéral, autre que l'amphibole, n'est pas attaquant
 aux acides **Trachyte amphibolifère.**

217. { Le minéral, autre que l'amphibole, est de l'orthose, reconnaissable à ses clivages. 218.
 { Le minéral, autre que l'amphibole, n'est pas de l'orthose. 219.
218. { La roche est grenue. **Syénite grenue.**
 { La roche est porphyroïde. **Syénite porphyroïde.**
219. { La roche est schistoïde. **Diorite schistoïde.**
 { La roche n'est pas schistoïde. 220.
220. { Elle est grenue. **Diorite grenu.**
 { Elle est porphyroïde. **Diorite porphyroïde.**
221. { Un des minéraux, {au moins, est vert ou jaunâtre. 222.
 { Aucun des minéraux n'est vert ni jaunâtre. 225.
222. { L'autre minéral est noir et d'éclat métallique. . **Dunite.**
 { L'autre minéral n'est pas noir et métallique. 223.
223. { Il est rouge ou rougeâtre. **Éclogite.**
 { Il n'est pas rouge ni rougeâtre. 224.
224. { C'est de l'orthose, reconnaissable à ses clivages. **Dibasite.**
 { Ce n'est pas de l'orthose. **Euphotide.**
225. { La roche résulte du mélange d'un minéral blanc avec un noir. 226.
 { La roche résulte du mélange d'un minéral blanc avec un brun. 227.
226. { Sa structure est grenue. **Dolérite grenue.**
 { Sa structure est scoriacée. **Dolérite scoriacée**
227. { Ce minéral brun est de la diallage infusible au chalumeau. **Granitone.**
 { Ce minéral brun est de l'hypersthène fusible en émail gris. **Sélagite.**
228. { On distingue, dans la roche, une pâte et des parties empâtées. 229.
 { La roche est clastique, c'est-à-dire formée de fragments reliés entre eux. 285.
229. { Les parties compactes sont des cristaux. 230.
 { Les parties compactes sont des sphéroïdes. 264.

250. { La roche est schistoïde. 231.
 { La roche n'est pas schistoïde. 240.
251. { Elle contient du mica. 252.
 { Elle ne contient pas de mica. 255.
252. { Le mica est l'élément dominant. . . . **Micaschiste porphyroïde.**
 { Le mica n'est pas l'élément dominant. 255.
255. { Un examen attentif montre que la pâte est formée
 de cristaux enchevêtrés. **Gneiss porphyroïde.**
 { La pâte n'est pas formée de cristaux enchevê-
 trés. 254.
254. { La substance empâtée peut rayer le verre. . **Phyllade à otréélite.**
 { La matière empâtée ne peut pas rayer le verre. **Phyllade micacé.**
255. { La roche contient du quartz. **Porphyre quartzifère schistoïde.**
 { La roche ne contient pas de quartz.
256. { Elle est verte et onctueuse **Stéaschiste porphyroïde.**
 { Elle n'est pas verte. 257.
257. { Le minéral disséminé est blanc. . . . **Phyllade porphyroïde.**
 { Le minéral disséminé est foncé. 258.
258. { Il se présente en cristaux groupés deux à deux en
 croix. **Staurolite.**
 { Il ne se présente pas en cristaux croisés. 259.
259. { Il est en prismes rhombes dont la section présente
 un X. **Macline.**
 { Il est en prismes dont la section n'offre pas ce ca-
 ractère. **Schiste à andalousite.**
240. { Elle fait effervescence. 241.
 { Elle ne fait pas effervescence. 242.
241. { Elle contient du mica. **Micalcine porphyroïde**
 { Elle contient de l'amphibole, facile à reconnaître. **Hémithrène porph...**
242. { La roche contient du mica. 245.
 { La roche ne contient pas de mica. 245.
243. { La pâte est rude au toucher. **Trachyte micacé**
 { La pâte n'est pas rude au toucher. 244.
244. { Le mica est verdâtre et onctueux. . . . **Protogine porphyroïde...**
 { Le mica n'est pas verdâtre et onctueux. . **Granite porphyroïde...**

245. { La roche contient du quartz. 246.
 { La roche ne contient pas de quartz. 249.
246. { Les grains disséminés sont tous du quartz. **Pegmatite graphique.**
 { Les grains disséminés ne sont pas tous du quartz.
 247.
247. { La pâte est rude au toucher. **Trachyte quartzifère.**
 { La pâte n'est pas rude au toucher. 248.
248. { Elle devient soluble, partiellement, par la calcina-
 tion **Alunite porphyroïde.**
 { Elle ne devient pas soluble par la calcination. **Porphyre quartzifère.**
249. { La pâte offre un aspect vitreux. 250.
 { La pâte n'offre pas un aspect vitreux. 251.
250. { La cassure est conchoïdale. **Obsidienne porphyroïde.**
 { La cassure n'est pas conchoïdale. **Rétinite porphyroïde.**
251. { La pâte devient soluble, partiellement, par la cal-
 cination. **Alunite porphyroïde.**
 { La pâte ne devient pas soluble par la calcina-
 tion. 252.
252. { Elle donne la réaction de l'alumine. **Phyllade porphyroïde**
 { Elle ne donne pas cette réaction. 253.
253. { Pâte infusible **Serpentine bréchiforme.**
 { Pâte fusible. 254.
254. { La pâte fond en émail noir. 255.
 { La pâte fond en émail blanc. 259.
255. { Elle est d'un gris cendré. 256.
 { Elle n'est pas d'un gris cendré. 258.
256. { Son apparence est argileuse. **Wackite.**
 { Son apparence n'est pas argileuse. 257.
257. { La matière empâtée *fait gelée* dans l'acide chlor-
 hydrique. **Néphéline porphyroïde.**
 { La matière empâtée ne fait pas gelée dans l'a-
 cide. **Amphigénite porphyroïde.**
258. { La matière empâtée *fait gelée* dans l'acide chlor-
 hydrique. **Basalte à péridot.**
 { La matière empâtée ne fait pas gelée dans l'acide. **Mélaphyre.**

259. { La matière empâtée est du pyroxène, reconnaissable à ses clivages. **Dolérite porphyroïde.**
 { La matière empâtée n'est pas du pyroxène. 260.
260. { C'est de l'amphibole, reconnaissable à son peu d'éclat. 261.
 { Ce n'est pas de l'amphibole. 262.
261. { La pâte est formée d'orthose, reconnaissable à ses clivages. **Syérite porphyroïde.**
 { La pâte n'est pas formée d'orthose. **Diorite porphyroïde.**
262. { La pâte est rude au toucher. **Trachyte porphyroïde.**
 { La pâte n'est pas rude. 263.
263. { La matière empâtée donne de l'eau dans le tube. **Leucostite porphyroïde.**
 { La matière empâtée ne donne pas d'eau dans le tube. 264.
264. { La pâte présente un aspect argileux. **Argilophyre.**
 { La pâte ne présente pas l'aspect argileux. **Porphyre non quartzif.**
265. { La pâte fait effervescence par les acides. 266.
 { La pâte ne fait pas effervescence par les acides. 568.
266. { Elle renferme un minéral vert. **Opicalce noduleux.**
 { Elle ne renferme pas de minéral vert. 267.
267. { On y reconnaît le talc, à son onctuosité. **Cipolin glanduleux.**
 { On n'y reconnaît pas le talc. **Calcaire globulaire.**
268. { Le mica est un élément essentiel de la roche. **Micaschiste noduleux.**
 { Le mica n'est pas un élément essentiel de la roche. 269.
269. { La roche est nettement schistoïde. 270.
 { La roche n'est pas schistoïde. 271.
270. { Elle est verdâtre. **Stéaschiste amygdaloïde.**
 { Elle n'est pas verdâtre. **Phyllade noduleux.**
271. { La pâte présente un aspect argileux. 272.
 { La pâte ne présente pas un aspect argileux. 275.
272. { Elle est infusible au chalumeau. **Bauxite globulifère.**
 { Elle est fusible au chalumeau. 275.

273. { Le produit de la fusion est magnétique. 274.
 { Le produit de la fusion n'est pas magnétique. **Wackite amygdaloïde.**
274. { La poussière de la pâte est rouge. **Oligiste globulifère.**
 { La poussière de la pâte est jaune. **Limonite globulifère.**
275. { La roche est fusible en émail blanc. 276.
 { La roche est fusible en émail noir. 279.
276. { Son éclat est vitreux. 277.
 { Son éclat n'est pas vitreux. 278.
277. { Elle présente une cassure conchoïdale. **Obsidienne globulifère**
 { Elle ne présente pas une cassure conchoïdale. **Perlite globulifère.**
278. { La roche contient du quartz. **Pyroméride.**
 { La roche ne contient pas de quartz. **Stigmatite.**
279. { Les nodules ont le même aspect que la pâte. **Diorite orbiculaire.**
 { Les nodules n'ont pas le même aspect que la
 pâte. 280.
280. { La roche est verdâtre. **Variolite de la Durance.**
 { La roche n'est pas verdâtre. 281.
281. { La pâte est entièrement noire. **Basalte amygdaloïde.**
 { La pâte n'est pas entièrement noire. 282.
282. { On distingue du pyroxène en cristaux dans la
 roche. **Dolérite amygdaloïde.**
 { On ne distingue pas de pyroxène en cristaux dans
 la roche. **Spilite.**
283. { La roche est arénacée ou grésiforme. 284.
 { La roche est bréchiforme ou poudingiforme. 296.
284. { On n'y distingue que deux minéraux, dont l'un est
 le quartz. 287.
 { On y distingue plus de deux éléments. 285.
285. { On y voit des fragments de roches phylladiennes. **Grès polygénique.**
 { On n'y voit pas de pareils fragments. 286.
286. { On y trouve des grains durs fusibles en blanc. . **Arkose micacé.**
 { On n'y voit pas de grains durs qui soient fusibles. **Psammite micacé.**
287. { La roche fait effervescence. 288.
 { La roche ne fait pas effervescence. 289.

288. { Le résidu de la dissolution, dans un acide, est
exclusivement quartzeux. **Grès calcaire.**
Le résidu contient de l'argile faisant pâte avec
l'eau. **Molasse.**
289. { La roche est magnétique. 290.
La roche n'est pas magnétique. 291.
290. { Elle est schistoïde. **Émeri schistoïde.**
Elle est grenue. **Émeri grenu.**
291. { La roche contient des grains fusibles en perle ma-
gnétique. 292.
La roche ne contient pas de tels grains. 293.
292. { La structure est schistoïde. **Itabirite schistoïde.**
La structure est grenue. **Itabirite grenue.**
293. { Les grains non quartzeux sont très-durs, fusibles
en émail blanc. **Arkose.**
Les grains ne sont pas durs. 294.
294. { Ils sont très-blancs et friables. **Métaxite.**
Ils ne sont pas très-blancs et friables. 295.
295. { Ils se délayent dans l'eau. **Psammite.**
Ils ne se délayent pas dans l'eau. **Traumate.**
296. { Les fragments sont de plus de deux sortes. 297.
Les fragments sont, au plus, de deux sortes. 298.
297. { Ils sont anguleux. **Brèche polygénique.**
Ils sont arrondis. **Poudingue polygénique.**
298. { La roche fait effervescence. 299.
La roche ne fait pas effervescence. 303.
299. { Elle contient une matière verte. 300.
Elle ne contient pas de matière verte. 301.
300. { La roche est cristalline. **Opicalce bréchiforme.**
La roche est compacte. **Albérèse.**
301. { Elle renferme du talc onctueux au toucher. **Cipolin pseudofragm.**
Elle ne contient pas de talc. 302.
302. { La roche donne un abondant résidu terreux, par
les acides étendus. 304.
La roche ne donne pas de résidu terreux abondant,
par les acides. 305.

505. { Les fragments sont anguleux. **Calcaire bréchiforme.**
 { Les fragments sont arrondis. **Calcaire poudingue.**
504. { Le résidu est infusible. **Albérèse.**
 { Le résidu est fusible. **Marbre phylladifère.**
505. { Elle donne, au chalumeau, la réaction de la magnésie. 506.
 { Elle ne donne pas, au chalumeau, la réaction de la magnésie. 507.
506. { Chauffée dans le tube, elle donne de l'eau. **Serpentine bréchiforme.**
 { Chauffée dans le tube, elle ne donne pas d'eau. **Lherzolite bréch.**
507. { Elle devient soluble, dans l'eau, par la calcination. **Alunite bréchiforme.**
 { Elle ne devient pas soluble, dans l'eau, par la calcination. 508.
508. { La roche est infusible au chalumeau. 509.
 { La roche est fusible au chalumeau. 512.
509. { Elle est translucide sur les bords minces. 510.
 { Elle est opaque même sur les bords minces. 511.
510. { Les fragments sont anguleux **Brèche quartzeuse.**
 { Les fragments sont arrondis. **Poudingue quartzeux.**
511. { Les fragments sont anguleux **Brèche jaspique.**
 { Les fragments sont arrondis **Poudingue jaspique**
512. { Le produit de la fusion est magnétique. **Limonite bréchiforme.**
 { Le produit de la fusion n'est pas magnétique. 515.
515. { La roche donne, sur le charbon, une odeur hépatique. **Anhydrite fragmentaire.**
 { La roche ne donne pas cette odeur. 514.
514. { Le produit de la fusion est noir. 515.
 { Le produit de la fusion est blanc. 517.
515. { Certains fragments, au moins, de la roche sont très-durs et très-noirs. 516.
 { Les fragments sont, au moins pour la grande majorité, tendres et brunâtres. **Pépérino.**
516. { Tous les fragments sont noirs. **Basalte congloméré.**
 { Certains fragments sont vert-bouteille, ou rougâtres. **Basalte à fragments de péridot.**

517. { Les fragments sont rudes au toucher. 518.
 { Les fragments ne sont pas rudes au toucher. 519.
518. { Ils sont très-légers **Ponce conglomérée.**
 { Ils ne sont pas très-légers **Trachyte conglomérée.**
519. { La roche est vitreuse. **Obsidienne conglomérée.**
 { La roche n'est pas vitreuse. **Porphyre bréchiforme.**
-

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES ROCHES

PREMIÈRE DIVISION : **ROCHES UNITAIRES.**

PREMIÈRE SÉRIE : **Carbone, Carbures.**

1^{er} GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbone.*

GRAPHITE, Linné.

(Du grec γράζω, j'écris; à cause de l'application qu'on en fait à la fabrication des crayons.)

Syn. *Plombagine.*

Mine de plomb.

Carbure de fer, fer carburé (Haüy).

Graphit, des Allemands et des Anglais.

Black lead des Anglais.

Plumbago des Latins.

Caractères généraux. — Le carbone, à l'état de liberté, forme, sous le nom de *graphite*, une roche dont l'importance pratique compense le peu d'abondance. C'est une matière d'un gris demi métallique, qui rappelle celui de certains métaux et d'où dérive le nom de *mine de plomb*.

Le graphite se présente surtout à l'état compacte, mais il est

facile d'observer dans les masses qu'il constitue des signes souvent très-nets de cristallisation.

Les principales variétés sont dues : 1° à la présence du *quartz* dont les grains très-durs contrastent avec la matière onctueuse qui les renferme ; 2° à la présence du *calcaire* qu'il est facile de décèler par l'effervescence qu'il produit ; 5° enfin à la présence de l'*oxyde de fer* qui colore fortement le produit de l'incinération.

La variété pure et par conséquent typique est extrêmement douce et traçante (d'où vient le nom de graphite). Sa densité varie de 2,089 à 2,245,

Le graphite est infusible au chalumeau et complètement inattaquable par les acides. Soumis à l'analyse, il donne jusqu'à 96 pour 100 de charbon et de 0,5 à 5 pour 100 d'oxyde de fer ou d'impureté minérales ; le reste consiste en matières volatiles.

On se rendra compte de ces différences considérables par les chiffres suivants, dont ceux de la première colonne se rapportent à un graphite cristallisé de Ceylan et ceux de la seconde au graphite commun de Borrowdale, en Angleterre.

| | | |
|------------------|-------|-------|
| Carbone. | 94.0 | 55.4 |
| Fer. | | 7.9 |
| Chaux . . . } | 6.0 | 56.0 |
| Alumine . . } | | |
| Eau | | 2.7 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.0 | 100.0 |

Gisement. — Le graphite se présente quelquefois dans les terrains primitifs, mais il appartient essentiellement aux terrains de transition. On le trouve aussi dans des couches beaucoup plus récentes, mais seulement lorsque celles-ci ont subi des actions métamorphiques.

Comme exemple de graphite existant dans les roches primitives, nous citerons spécialement celui que l'on exploite au Canada, dans les cantons de Buckingham et de Lochaber. Dans ces localités le graphite est associé aux lentilles de calcaire que renferme le gneiss.

C'est à un gisement tout à fait analogue que se rapporte le graphite de Bohême et de Bavière, régions de l'Europe qui renfer-

ment en plus grande abondance, la roche qui nous occupe. D'après le rapport de la dernière Exposition, l'Autriche a produit en 1865, 7,082 tonnes de graphite primitif.

En Sibérie le graphite existe aussi dans les terrains anciens, avec une abondance tout à fait exceptionnelle. Jusqu'ici on connaît deux localités bien distinctes qui en paraissent très-riches, l'une est le mont Batougol, près d'Irkoutsk, qui possède un gîte, découvert par M. Alibert, et qui a fourni 49,000 kilogrammes de graphite pur; l'autre est située près de Kramojorck et a été signalé par M. Sidoroff.

On rencontre en Espagne un graphite intéressant par son âge géologiquement récent. Il paraît, en effet, appartenir au trias et se rencontre à Huelma, au nord de la Sierra-Nevada.

Le terrain de lias des Alpes, qui contient de l'anhracite sur plusieurs points, offre quelques gisements de graphite notamment au col du Chardonnet, près de Briançon; ce graphite est remarquable par les empreintes végétales qu'il renferme et par le jour qu'il jette ainsi, comme on le verra dans un moment, sur l'origine de la matière qui nous occupe.

Origine et mode de formation. — On a beaucoup discuté sur l'origine du graphite et, au résumé, il est bien probable que cette origine est multiple, c'est-à-dire que toutes les variétés n'ont pas été formées de la même façon.

Ainsi, il paraît bien que le graphite que l'on trouve dans le gneiss constitue un minéral d'origine purement inorganique, dû, sans doute, aux causes mêmes qui ont fourni le carbone répandu en si grande quantité dans les roches calcaires à l'état d'acide carbonique. Au contraire, le graphite des terrains stratifiés et spécialement celui du lias des Alpes semble bien dériver de matières végétales soumises à des actions spéciales de décomposition.

En effet, comme nous l'avons dit, ce graphite des Alpes renferme souvent des restes très-nets de plantes. De plus, il est lié d'une manière très-intime avec l'anhracite de ces mêmes régions. Or, il ne diffère de cette anhracite que par la disparition sensiblement complète des éléments volatils; il est donc très-naturel de supposer qu'il n'est autre chose que l'anhracite transformée par une action postérieure à sa formation. Cette altération remarquable est

accompagnée d'un durcissement du schiste avoisinant ainsi que d'un changement dans la texture du grès qui lui est associé ; elle est en rapport évident avec les filons de porphyre qui traversent toute la montagne et le gîte de graphite lui-même ; on doit donc admettre que l'existence du graphite se lie au phénomène de métamorphisme dont les Alpes présentent tant d'exemples.

Les mêmes observations s'appliquent au graphite triasique de Huelma.

Applications. — Les usages du graphite sont nombreux. Le plus important, celui auquel il doit son nom, est la fabrication des crayons.

Quand on a affaire à du graphite parfaitement pur, comme c'était le cas à Borrowdale, près de Kewich, dans le Cumberland, jusqu'à ce que ce gîte eût été épuisé, et comme c'est encore le cas au mont Batougol en Sibérie, il suffit pour avoir les baguettes de graphite qu'on incruste dans le bois, de les débiter à la scie. Mais ceci est impossible avec les graphites impurs, de beaucoup les plus abondants. Aussi, au moment où les mines anglaises s'appauvrissant, celles de Sibérie n'étaient point encore connues, était-on quelque peu inquiet au sujet de la fabrication future des crayons. C'est alors que sir Benjamin Brodie imagina la méthode ingénieuse qui a permis de faire d'excellents crayons avec des graphites fort médiocres.

On a recours pour cela à la lévigation. Le graphite brut est pulvérisé, puis soumis dans de grands vases à l'action continue d'un courant d'eau d'une vitesse déterminée. La matière charbonneuse entre en suspension dans le liquide tandis que les substances pierreuses étrangères restent au fond du vase : en décantant et en laissant le liquide à lui-même on a du graphite qui est d'autant plus pur qu'il a mis plus de temps à se déposer.

Ce graphite pulvérulent est agglutiné, comprimé et monté en baguettes qu'on n'a qu'à garnir de bois pour les transformer en crayons ordinaires.

Les variétés argileuses de graphite, ou bien le mélange de cette roche avec de l'argile, sont employées comme matière première pour la fabrication de poteries et de briques éminemment réfractaires.

Les creusets qu'on en fait sont précieux, en outre, au point de vue des industries chimiques par leurs propriétés réductrices qui les désignent pour opérer la révivification des oxydes très-stables.

On emploie le graphite pour adoucir par son onctuosité le frottement de certaines machines de bois, et même, récemment, on a proposé de le substituer complètement aux huiles lubrifiantes. Réduit en poudre fine et délayé dans l'huile, on l'applique sur le fer, sur la tôle des tuyaux des poêles et des fourneaux qu'il préserve de l'oxydation.

2° GROUPE. — Minéral essentiel : *Hydrogène carboné.*

PÉTROLE.

(Du latin, *petra*, pierre, et *oleum*, huile.)

Syn. *Huile de pierre.*

Essence minérale.

Naphte.

Petrol des Anglais.

Steinhol des Allemands.

Caractères généraux. — Le pétrole constitue une exception unique parmi les roches; il est liquide au lieu d'être solide comme toutes les autres, et cette circonstance s'oppose, comme on le conçoit, à ce que notre second groupe soit divisé en types, puisque la structure est toujours la même.

La présence d'un certain nombre de carbures divers d'hydrogène, même dans les pétroles les plus purs, fait varier la composition dans une mesure d'ailleurs assez étroite, ainsi qu'on en jugera sur les chiffres suivants :

| | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Carbone | 86.4 | 87.86 | 87.83 | 88.58 | 88.90 |
| Hydrogène . . . | 12.7 | 12.14 | 12.50 | 11.34 | 11.09 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 99.1 | 100.00 | 100.15 | 99.92 | 99.99 |

Il est très-utile de compléter les données fournies par l'analyse élémentaire au moyen des résultats d'une analyse immédiate. En

voici une et des meilleures, que l'on doit à M. Sheridan Muspratt : elle se rapporte à une huile brute du Canada :

| | |
|---|----|
| Naphte de couleur claire (densité = 0.794). | 20 |
| Naphte jaune et lourd (densité = 0.857). | 50 |
| Goudron. | 5 |
| Charbon. | 1 |
| | 98 |

Parmi les *variétés* nous devons distinguer, surtout, le pétrole *pur* désigné souvent d'une manière plus spéciale sous le nom de *naphte* et auquel se rapportent les cinq analyses élémentaires dont on vient de lire les résultats, le pétrole *asphaltifère* plus ou moins coloré en brun par suite de la dissolution d'un bitume solide, et enfin, le pétrole *sulfurifère* reconnaissable à son odeur désagréable. Il n'est pas rare de rencontrer à la fois l'asphalte et l'hydrogène sulfuré comme éléments accidentels du pétrole : de là, une variété mixte.

Gisement. — Le gisement du pétrole a été étudié avec beaucoup de soin, surtout dans ces dernières années.

Dans le Kentucky et le Tennessee, le pétrole est fourni par les couches siluriennes inférieures.

Un autre niveau très-productif, celui du Canada occidental, appartient au terrain devonien inférieur, et c'est à ce même terrain devonien, mais à son niveau supérieur, qu'appartiennent les couches les plus riches, celles de la Pensylvanie occidentale du groupe important de Oil-Creek.

A un niveau encore plus élevé, à divers étages du terrain carbonifère, se trouvent des sources très-abondantes; les plus importantes de la Virginie occidentale appartiennent au terrain carbonifère supérieur.

Comme on voit, les sources américaines les plus riches se trouvent dans les terrains les plus anciens, mais certaines couches relativement récentes sont pétrolifères. Ainsi dans la Caroline septentrionale et dans le Connecticut, on a trouvé un peu d'huile minérale dans le trias. Le Colorado et l'Utah en présentent à proximité des lignites du terrain crétacé. Enfin, les pétroles de Californie appartiennent au terrain tertiaire.

L'Amérique du Nord est devenu le pays le plus riche en pétrole, mais cette substance existe dans beaucoup d'autres régions, parmi lesquelles on peut citer Amiano dans l'ancien duché de Parme ; le mont Zibio, près de Safresolo, aux environs de Modène, les abords des Salses de Barrigazzo et de Pietra Mala en Toscane ; Girgenti en Sicile ; Coalbrookdale en Angleterre ; Gabrian, près de Pézenas en France ; Béchelbronn en Alsace ; l'île de Zante ; diverses régions du Caucase, de la Perse, de l'Inde ; Rangoun en Birmanie ; la Chine, le Japon, etc.

En général, le pétrole est situé sous terre à des profondeurs variant de 20 à 150 mètres. On l'atteint en perçant le sol, d'après les procédés ordinaires du sondage, réduits à leur plus simple expression, et souvent le liquide jaillit comme l'eau des puits artésiens.

Le trou de sonde ne donne pas toujours du pétrole ; quelquefois il laisse sortir une très-grande quantité de gaz inflammable, que, dans beaucoup de cas, on a pu utiliser comme combustible et qui est, comme on sait, fort recherché des Chinois.

On s'est rendu compte de cette circonstance par l'étude attentive des *poches* ou réservoir à pétrole. Ceux-ci ont presque tous présenté trois étages distincts de matière. A l'étage supérieur se trouvaient des gaz dus, soit à la décomposition de l'huile minérale, soit à la décomposition d'autres corps voisins. L'étage intermédiaire comprenait la nappe oléagineuse, que l'on avait pour but d'atteindre et d'exploiter ; enfin, la partie inférieure du réservoir contenait de l'eau et presque toujours de l'eau salée.

Origine et mode de formation. — Quoique le gisement du pétrole ait été étudié dans beaucoup de contrées ; l'origine de cette substance n'est pas déterminée avec certitude. Deux manières de voir principales sont en présence : elles consistent, l'une, à faire dériver le pétrole de matières organiques décomposées dans certaines conditions ; l'autre, à en faire le produit de réactions franchement minérales, analogues à celles qui donnent naissance à l'hydrogène carboné et à l'acide carbonique vomis par les volcans.

La première hypothèse semble la plus probable ; voici quelques faits paraissant lui donner de l'appui.

Les sources d'huile se rencontrent, en général, dans le voisinage immédiat des couches de houille et disséminées dans le même bassin ; aussi, en Amérique, on pense que le pétrole provient de la distillation de houilles, qui ont laissé comme résidu les anthracites de Pensylvanie. Celles-ci, en effet, ne contiennent presque plus de carbures d'hydrogène. Il est vrai que les couches d'anthracite en question, sont séparées des huiles par la chaîne des Alleghanys, et il est à peine raisonnable d'admettre que le pétrole distillé ait pu traverser la masse énorme de ces montagnes élevées, formées de roches primitives et métamorphiques.

Toutefois, il paraît exister entre les pétroles et les huiles analogues de houille, c'est-à-dire d'origine végétale, des différences considérables, qui permettraient de dire à MM. Cahours et Pelouze : « Dans les échantillons nombreux qui nous sont parvenus de sources assez diverses, nous n'avons jamais rencontré ni benzine, ni aucun de ses homologues, ce qui semblerait indiquer qu'on ne saurait faire dériver ces carbures de la houille, ou que, s'ils en proviennent, il faudrait admettre que cette matière aurait éprouvé une décomposition différente de celle qu'elle subit, lorsqu'on le soumet à une distillation lente ou rapide effectuée à une température basse ou élevée. Ces produits, ressemblent beaucoup, au contraire, à ceux qui se forment lorsqu'on soumet à des températures élevées les divers acides gras et les alcools qui leur correspondent, ainsi qu'une foule de corps organiques qui renferment le carbone et l'hydrogène dans les rapports d'équivalent à équivalent, ou dans des rapports très-rapprochés de ceux-là. »

Applications. — Les usages du pétrole sont très-variés, et la consommation qu'on en fait est très-considérable. Les États-Unis seuls ont fourni en 1866 : 502,538,912 litres de pétrole. Certains puits de la Pensylvanie ont donné par jour 220,000 litres et jusqu'à 600,000 litres.

La principale application du pétrole, est celle qu'on en fait à l'éclairage. Les lampes dans lesquelles on le brûle, sont, d'ailleurs, assez différentes des lampes ordinaires, parce que les conditions de combustion ne sont pas les mêmes.

Dans certaines localités, au lieu de brûler le pétrole en nature, on le fait servir à la fabrication du gaz d'éclairage. Les premiers essais

furent tentés en 1862, au Canada, par MM. Youle-Hind et Tomson ; ils consistaient à faire réagir à haute température la vapeur d'eau sur la vapeur de pétrole. Les résultats furent satisfaisants et donnent le moyen d'éclairer au gaz, non-seulement de petites villes, mais même des villages de très-peu d'importance. D'ailleurs, il n'est pas impossible que le gaz de pétrole ne joue tôt ou tard un rôle important, car il est obtenu dans des conditions très-supérieures à celles que présente la distillation de la houille.

Ainsi, car des chiffres seuls peuvent rendre ces faits faciles à comprendre, une charge de houille de 70 kilogrammes placée dans une cornue servant à la fabrication du gaz de houille, demande cinq heures avant de donner tout son gaz, et rend 20 mètres cubes de gaz d'éclairage ordinaire, tandis qu'en employant le pétrole, une cornue horizontale produit dans une heure 16^m,550, qui équivalent au moins à 50 mètres cubes de l'autre gaz. La fabrication au moyen du pétrole rendra donc, en cinq heures, 85 mètres cubes de gaz équivalant à 250 mètres de gaz ordinaire ; il n'y aurait eu dans le même temps que 20 mètres extraits du charbon, ce qui montre en faveur du pétrole pour la rapidité de la production, un avantage dans le rapport de plus 12 à 1.

Il faut remarquer que ce ne sont pas là les seuls avantages tirés de cette fabrication. Elle donne, comme produits accessoires, une foule de produits des plus utiles connus sous les noms d'*huiles légères* ou *essence de pétrole*, que l'on peut transformer en *benzine* ; d'*huiles lourdes* bonnes pour le graissage ; de *paraffine* ; de *goudron*, etc.

Le pétrole peut aussi être employé pour le chauffage, et, par conséquent, pour la mise en mouvement des machines à vapeur. Nous ne pouvons entrer à ce sujet dans les détails ; mais nous rappellerons que déjà beaucoup de machines motrices, surtout à bord des navires, sont alimentées par le pétrole. Les avantages obtenus sont nombreux et importants. On sait qu'un de nos chimistes les plus distingués, M. H. Sainte-Claire Deville, a fait sur cette matière des études très-intéressantes.

Nous devons mentionner parmi les propriétés industrielles du pétrole son emploi pour la conservation des bois. Il résulte d'expériences faites à cet égard que les traverses injectées d'huile mi-

nérale brute se conservent intactes pendant plusieurs années.

Enfin, on a constaté certaines propriétés médicales dans le pétrole; on a essayé d'en faire un agent anesthésique. Ajoutons en terminant que les chimistes se servent de l'huile de naphte pour conserver le potassium et d'autres métaux très-oxydables.

Comme le rappellent MM. Soulié et Haudouin dans l'intéressante étude sur *le Pétrole* qu'ils ont publié en 1865, les peuples anciens faisaient usage de la substance qui nous occupe. Ainsi, on prétend que le pétrole fourni par l'île de Is, près de l'Euphrate, servit, en raison de sa consistance visqueuse, à remplacer le mortier dans la construction des murs de Babylone.

Les Égyptiens se servaient également, dit-on, de l'huile minérale naturelle pour embaumer leurs morts, et l'on a retrouvé des traces de sa présence dans les linges qui enveloppaient certaines de leurs momies; cette pratique paraît, du reste, en partie justifiée par l'application moderne du pétrole à la conservation des substances organiques.

La Sicile contenait quelques sources de pétrole que les habitants d'Agrigente brûlaient dans leurs lampes sous le nom d'huile de Sicile.

Les sources d'Oil-Creek, au Canada, paraissent avoir été connues des Indiens depuis longtemps; ce peuple ne s'en servait, du reste, que pour quelques usages médicaux.

Enfin, certains peuples de l'Orient, les Perses, par exemple, n'avaient imaginé d'autre application de l'huile minérale que d'en faire un objet de leur adoration et de lui consacrer un culte dans les régions où cette substance, coulant spontanément à la surface du sol, leur semblait constituer un phénomène surnaturel.

5° GROUPE. — Minéral, essentiel : *Combinaison du carbone avec l'hydrogène et l'oxygène.*

BITUMES.

(Du latin, *bitumen*, même sens.)

Syn. *Asphalte.*
Pisasphalte, pissasphalte
Poix minérale.
Goudron minéral.
Baume de momie.
Bitume des momies.
Bitume de Judée.
Karabé de Sodome.
Pechkohle des Allemands.
Pichstone des Anglais.

Les roches que l'on désigne sous le nom de *bitumes*, appartiennent à deux types bien distincts suivant qu'elles sont solides ou pâteuses. Dans le premier cas, on les désigne sous le nom d'*asphalte* et dans le second sous celui de *pissasphalte*. Il faut, toutefois, remarquer que ce dernier paraît être un simple mélange d'asphalte et de pétrole. En tous cas, il y a lieu dans la description de séparer ces deux types.

Asphalte.

Caractères généraux. — L'asphalte offre, comme on sait, une couleur d'un noir de poix, une cassure conchoïdale brillante, une grande fragilité et une densité de 1,05 à 1,16. Cette matière, connue de temps immémorial, provient principalement de la mer Morte ou lac Asphaltite.

Klaproth a donné, dans le t. XLV des *Annales de chimie*, l'analyse d'une variété très-pure d'asphalte provenant d'Aloona, en Albanie. Voici ses résultats :

| | |
|-------------------------------------|---------------------|
| Gaz hydrogène. | 56 pouces cubiques. |
| Huile bitumineuse. | 52 grains. |
| Eau faiblement ammoniacale. | 6 |

| | |
|-----------------------------|------|
| Charbon. | 50 |
| Silice. | 7.05 |
| Alumine | 7.05 |
| Chaux. | 0.75 |
| Oxyde de fer. | 1.25 |
| Oxyde de manganèse. | 0.50 |

Il nous paraît utile de donner aussi, d'après Karsten, qui a inséré ses résultats dans l'*Annuaire de chimie* de 1846, l'analyse immédiate suivante de l'asphalte de Brazzo :

| | |
|---|-------|
| Huile volatile | 5.0 |
| Résine brune, soluble dans l'éther. | 20.0 |
| Bitume, insoluble dans l'alcool et l'éther. | 74.0 |
| Résine jaune, soluble dans l'alcool. | 1.0 |
| | 100.0 |

Parmi les variétés on doit citer l'asphalte *pur* et l'asphalte *calcarifère*, que l'on peut également regarder comme une variété bitumineuse du calcaire.

Gisement et origine. — La mer Morte n'est pas la seule localité où cette substance se produise ; il existe par exemple à la Trinité un lac de 5 milles de tour qui est presque entièrement rempli de bitume. On connaît aussi de grandes masses de bitume au Mexique et en Colombie. On s'accorde pour donner à l'asphalte une origine volcanique : telle était aussi l'opinion des anciens.

Applications. — Les usages de l'asphalte sont bien connus. Les anciens Égyptiens l'employaient dans les préparations des momies et les murs de Babylone étaient construits en briques cimentées par ce bitume.

Pissasphalte.

Caractères généraux. — Le pissasphalte appelé aussi malthé est mou et glutineux, et ressemble à de la poix ou à du goudron.

Nous distinguons deux variétés principales de ce bitume, savoir : le pissasphalte *pur* et le pissasphalte *arénifère*.

Cette dernière variété, considérée comme une roche distincte par un certain nombre de lithologistes, a reçu les noms de *sable quartzeux bitumineux*, *asphalte sablonneux*, etc.

Gisement. — Il forme quelquefois des amas irréguliers ou des espèces de couches, de façon que son gisement est, comme on verra, analogue à celui des lignites. Souvent il imprègne des couches de schistes, de marnes et de grès, et caractérise dès lors des variétés de ces roches. Le malthe se trouve dans un grand nombre de localités pétrolifères dont beaucoup sont tertiaires. Il forme des gîtes assez considérables à Orthez et à Cauperme, près de Dax, dans les Landes, à Seyssel, dans l'Ain; à Lobsann, en Alsace; à Pont-du-Château et au Puy-de-la-Poix en Auvergne.

Applications. — La plupart de ces bitumes sont employés aujourd'hui à Paris pour le dallage des ponts, des chaussées et des trottoirs.

4^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Combinaison du carbone avec l'hydrogène, l'oxygène et l'azote.*

COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Les roches de notre quatrième groupe sont désignées souvent par les dénominations communes de *charbons fossiles* et de *combustibles minéraux*. Bien que leur composition quantitative ne puisse pas être invoquée pour établir parmi eux des divisions bien tranchées, on a cependant pu trouver quatre compositions nettement différentes les unes des autres, et qui peuvent être considérées comme établissant quatre sous-groupes, savoir : 1^o celui de l'*anthracite*; 2^o celui de la *houille*; 3^o celui du *lignite* et 4^o celui de la *tourbe*.

Voici pour justifier cette division et d'après M. Regnault, les analyses de quatre types fournis par les sous-groupes dont il s'agit :

| | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. |
|-----------------------|----------|------------|-------------------|
| Anthracites | 92 à 95 | 2 à 3 | 5 à 4 |
| Houilles | 75 à 90 | 0 à 6 | 6 à 18 |
| Lignites | 60 à 75 | 5 à 6 | 28 à 50 |
| Tourbes | 60 | 5 à 6 | 34 |

ANTHRACITE, Dolomieu.

(Du grec, *άνθραξ*, charbon.)Syn. *Géanthrax*.*Anthracolite* (Deborn).*Houille éclatante*.*Houille incombustible*.*Charbon incombustible*.*Plombagine charbonneuse* (Struve).*Glanzkohle* des Allemands.*Kohlenblende* (Werner).

Caractères généraux. — L'anthracite est une roche opaque et brillante, d'un noir vitreux avec un certain éclat demi-métallique quelquefois très-prononcé. La densité varie de 1,6 à 2. La combustion est difficile et donne beaucoup de chaleur.

Voici, d'après M. Regnault (*Annales de chimie et de physique*, t. LXVI), la composition de diverses anthracites :

| ANTHRACITES. | DENSITÉ. | COMPOSITION | | | | DÉDUCTION FAITE DES CENDRES. | | | | 1000 ATOMES de carbone sont unis avec atomes | |
|----------------------|----------|-------------|------------|----------------------|----------|------------------------------------|----------|------------|----------------------|--|----------|
| | | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | CENDRES. | COTE DONNÉ À LA CALCINATION. | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE. |
| De Pensylvanie . . . | 1.462 | 90.45 | 2.45 | 2.45 | 4.67 | 89.5 | 94.69 | 2.55 | 2.56 | 529 | 20 |
| Du Pays de Galles. | 1.548 | 92.56 | 5.55 | 2.55 | 1.58 | 91.5 | 94.05 | 5.58 | 2.57 | 440 | 21 |
| De la Mayenne. . . | 1.567 | 91.98 | 5.92 | 5.16 | 0.94 | 90.9 | 92.85 | 5.96 | 5.19 | 522 | 26 |
| De Ralduc | 1.545 | 91.45 | 4.18 | 2.12 | 2.25 | 89.1 | 95.56 | 4.28 | 2.16 | 560 | 17 |
| De la Mure. . . . | 1.562 | 89.77 | 1.67 | 5.99 | 4.57 | 89.5 | 94.07 | 1.75 | 4.18 | 227 | 54 |
| De Macot. | 1.919 | 71.49 | 0.92 | 1.12 | 26.47 | 88.9 | 97.25 | 1.25 | 1.52 | 155 | 12 |

La considération de la structure nous conduit à distinguer trois types principaux d'anthracite suivant que la roche est *schistoïde*, *compacte* ou *terreuse*. A ces types se rapportent diverses variétés caractérisées par la présence du *graphite*, de l'*argile*, du *calcaire*, du *quartz* ou de la *pyrite*.

Gisement. — Les terrains siluriens contiennent parfois de l'anthracite : c'est, par exemple, ce que l'on observe en Bohême ; mais

ce combustible est beaucoup plus abondant dans les terrains devoniens et carbonifères. C'est à ce dernier étage qu'appartiennent les gisements si abondant des États-Unis et ceux de la Russie. M. Élie de Beaumont rapporte à l'anhracite, les combustibles qui se montrent dans les couches jurassiques métamorphiques des Alpes de la Savoie et du Dauphiné.

Applications. — Relativement aux applications, l'anhracite est très-recherchée. Étant plus riche en carbone que la houille, elle jouit d'un pouvoir calorifique qui dépasse celui de cette dernière; mais sa combustion est beaucoup plus difficile et ne s'obtient qu'à l'aide des appareils de chauffage si perfectionnés dont les habitants de l'Amérique du Nord se servent journellement. En France, on n'a pas pu employer l'anhracite au chauffage des hauts fourneaux; elle sert surtout à la cuisson de la chaux, destinée aux usages agricoles.

HOUILLE.

(De *hulla*, vieux mot saxon; ou bien, d'après une légende, de *Houillos*, nom d'homme.)

Syn. *Charbon de pierre.*

Charbon de terre.

Lithanthrax.

Stipite.

Coal

Cannel coal } des Anglais.

Steinkohle

Schwarzkohle } des Allemands.

Lettenkohle }

Caractères généraux. — La houille, que chacun connaît, est une roche charbonneuse, toujours amorphe, noire, opaque, brûlant aisément avec flamme, fumée et odeur bitumeuse. Elle se ramollit et se gonfle pendant la combustion, au point que les morceaux se collent entre eux. Lorsqu'elle a cessé de flamber, elle donne un charbon poreux (coke), solide et dur, à surface mamelonnée et métalloïde. La houille diffère de l'anhracite par la matière bitumineuse qu'elle donne par distillation (goudron).

Voici, d'après le célèbre travail de M. Regnault, la composition d'un certain nombre de houilles de diverses provenances :

| DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES. | LIEUX D'OU ILS PROVIENNENT. | NATURE DU COKE. | DENSITÉ. | COMPOSITION. | | | | DÉDUCTION FAITE DES CENDRES. | | | | 1000 ATOMES de carbone sont unis avec atomes | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------|--------------|------------|----------------------|----------|------------------------------------|----------|------------|----------------------|--|----------|
| | | | | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | CENDRES. | COKE DONNÉ A LA CALCINATION. | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE. |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Bouille | Obernkirchen | Très-boursoufflé. | 1.279 | 89.50 | 4.85 | 4.67 | 1.00 | 77.8 | 90.40 | 4.88 | 4.72 | 661 | 40 |
| | Ceral | Fritté | 1.294 | 75.53 | 4.74 | 9.02 | 10.86 | 55.5 | 84.56 | 5.52 | 10.12 | 771 | 92 |
| | Noroy | Pulvérisant | 1.410 | 65.28 | 4.55 | 15.17 | 19.20 | 51.2 | 78.52 | 5.58 | 16.50 | 841 | 130 |
| Houilles grasses et dures | Alais (Rochebelle) | Boursoufflé | 1.522 | 89.27 | 4.85 | 4.47 | 1.41 | 77.7 | 90.55 | 4.92 | 4.52 | 666 | 58 |
| | Rive-de-Gier | Id. | 1.515 | 87.85 | 4.90 | 4.29 | 2.96 | 76.5 | 90.55 | 5.05 | 4.42 | 684 | 57 |
| Id. grasses et maréchales | Rive-de-Gier | Très-bour-soufflé. | 1.298 | 87.45 | 5.14 | 5.65 | 1.78 | 68.5 | 89.01 | 5.25 | 5.75 | 719 | 49 |
| | Grand'croix | Id. | 1.502 | 87.49 | 4.86 | 5.91 | 1.44 | 69.8 | 89.07 | 4.95 | 6.00 | 678 | 51 |
| | Newcastle | Id. | 1.280 | 87.95 | 5.24 | 5.41 | 1.50 | » | 89.19 | 5.51 | 5.50 | 729 | 47 |
| Id. grasses à longue flamme | Flenn de Mons | Boursoufflé | 1.276 | 84.67 | 5.29 | 7.94 | 2.40 | » | 86.49 | 5.40 | 8.11 | 765 | 71 |
| | | Id. | 1.262 | 85.87 | 5.42 | 7.05 | 3.68 | » | 87.07 | 5.65 | 7.50 | 782 | 64 |
| | — Guetièrre | Id. | 1.288 | 82.04 | 5.27 | 9.12 | 5.57 | 70.9 | 85.08 | 5.46 | 9.46 | 786 | 85 |
| | | Id. | 1.294 | 84.85 | 5.61 | 6.57 | 2.99 | 69.1 | 87.45 | 5.77 | 6.78 | 808 | 59 |
| | — Gouzon | Id. | 1.298 | 82.36 | 5.39 | 9.11 | 2.72 | 64.6 | 84.89 | 5.75 | 9.56 | 850 | 81 |
| | | Id. | 1.511 | 81.71 | 4.99 | 7.98 | 5.52 | 65.6 | 86.50 | 5.27 | 8.45 | 748 | 75 |
| Lavayse | Id. | 1.214 | 82.42 | 5.27 | 7.48 | 5.15 | 57.9 | 86.46 | 5.56 | 7.88 | 787 | 70 | |
| Lancashire | Id. | 1.517 | 85.75 | 5.66 | 8.04 | 2.55 | 57.9 | 84.81 | 5.85 | 8.54 | 854 | 74 | |
| Épinac | Id. | 1.555 | 81.42 | 5.40 | 11.25 | 2.55 | 62.5 | 85.22 | 5.25 | 11.55 | 769 | 103 | |
| Commentry | Id. | 1.519 | 81.72 | 5.29 | 11.75 | 0.24 | 65.4 | 82.92 | 5.50 | 11.78 | 785 | 117 | |
| Id. sèche à longue flamme | Blauzy | Fritté | 1.562 | 76.48 | 5.25 | 16.01 | 2.28 | 57.0 | 78.26 | 5.55 | 16.59 | 857 | 169 |

Parmi les types de houille, nous signalerons surtout la houille *compacte* et la houille *schistoïde*. On peut citer aussi la houille *elastique* connue des Allemands sous le nom de Grobköhle.

Les variétés sont très-nombreuses ; nous ne nommerons que celles qui sont caractérisées par la présence de l'*argile*, du *calcaire*, de la *pyrite*, de la *sidérose* et du *fer phosphaté*.

Gisement. — Depuis le terrain devonien (Asturies), jusqu'aux couches tertiaires (monte Bamboli), on trouve de la houille. Mais on sait que c'est surtout dans les dépôts arénacés, désignés sous le nom de terrain houiller, que le combustible qui nous occupe est le plus répandu.

Quelquefois, comme il arrive au bassin de la Loire, le terrain houiller est partout encaissé par des terrains plus anciens et, par conséquent, se montre en entier à découvert. Mais il n'en est pas toujours ainsi ; en beaucoup de lieux, on le voit, en effet, plonger et disparaître, dans les profondeurs, sous des terrains plus modernes. C'est alors qu'il s'agit de le poursuivre au moyen de sondages ou de puits qui vont l'atteindre.

Comme le montre M. Daubrée, dans son Rapport sur les substances minérales qui ont figuré à l'Exposition de 1867, le bassin houiller du Pas-de-Calais présente un exemple très-remarquable des découvertes de ce genre. Un sondage pour la recherche d'eaux jaillissantes exécuté à Oignies, à 12 kilomètres au nord-ouest de Douai, fit connaître en 1846 la présence du terrain houiller en ce point sous les couches crétacées, qui le recouvrent de même que dans le département du Nord. Bientôt après, des sondages trouvaient le prolongement de la zone houillère, déjà connue depuis la Belgique, jusqu'à une petite distance au sud-ouest de Douai. Mais, comme le fit connaître M. du Souich, cette zone éprouve une déviation brusque vers le nord-ouest ; c'est cette déviation même qui avait rendu infructueuses les tentatives qui avaient d'abord été faites, conformément aux prévisions et aux analogies. A la suite de cette heureuse découverte, un champ nouveau s'offrait aux recherches qui se multiplièrent rapidement.

En France, les mines de houille les plus importantes sont dans le département du Nord, entre Lille et Valenciennes ; dans le département de Saône-et-Loire, à Blanzay et au Creuzot ; entre Saint-

Étienne et Rive-de-Gier ; dans les départements de l'Aveyron, du Gard, etc.

La superficie des bassins houillers est de 251,000 hectares pour la France et de 1,573,000 hectares pour l'Angleterre. La Belgique renferme des terrains houillers dont la superficie s'élève à $\frac{1}{24}$ de la surface totale du pays : la proportion de ce terrain est de $\frac{1}{20}$ pour l'Angleterre et de $\frac{1}{200}$ seulement pour la France.

Le Wurtemberg, la Bavière, l'Autriche, la Hongrie ne possèdent que de très-faibles dépôts houillers.

L'Espagne renferme de riches bassins houillers dont l'exploitation n'occupe encore qu'une faible place dans l'industrie minière du pays.

Nous empruntons à M. Burat les détails suivants sur la production de la houille dans les divers États de l'Europe. La France avec une richesse de 58 bassins produit annuellement plus de huit millions de tonnes de houille ; la Belgique en produit autant avec une superficie houillère de 150,000 hectares seulement. Enfin, le bassin de Sarrebruck fournit environ 500,000 tonnes.

Cette production est en partie absorbée par la France et suffit à peine à sa consommation qui est de plus de sept millions de tonnes, réparties ainsi qu'il suit :

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Production de la France. | 5.000.000 tonnes. |
| Importation de la Belgique. | 1.550.000 — |
| — de l'Angleterre. | 612.000 — |
| — de Sarrebruck. | 250.000 — |

Décomposons maintenant la production de la France et nous trouverons que le bassin du Nord, prolongement de la zone belge, figure pour 1,200,000 tonnes ; celui de la Loire pour 1,600,800 ; celui du Gard pour 500,000 ; et ceux de Saône-et-Loire pour 500,000. Après ces quatre bassins viennent ceux de l'Aveyron et de l'Allier qui produisent chacun 200,000 tonnes ; dans tous les autres, la production tombe au-dessous de 100,000 tonnes.

L'extraction houillère de l'Angleterre atteint aujourd'hui 40 millions de tonnes. C'est huit fois celle de la France et plus de trois fois celle de tout le reste de l'Europe.

La production dans les États de la Prusse et de la Confédération

est de plus de 5 millions de tonnes, réparties de la manière suivante :

| | |
|----------------------------|-------------------|
| Bassin de la Ruhr. | 4.000.000 tonnes. |
| — d'Eschweiler. | 800.000 — |
| — de la Saxe. | 200.000 — |
| — de la Silésie. | 950.000 — |

L'extraction de la houille atteint en Bohême 500,000 tonnes. Elle dépasse certainement 100,000 en Espagne. On peut affirmer, par conséquent, que la production annuelle de la houille en Europe à 54 millions de tonnes et les extractions tendent à augmenter dans chaque contrée par le développement naturel des consommations industrielles et domestiques.

On évalue la production de combustible dans l'Amérique du Nord, tant en anthracite qu'en houille bitumineuse à 5 millions de tonnes environ. Mais grâce à l'extension que prend l'industrie du fer dans cette contrée, ce chiffre sera doublé certainement dans quelques années.

Applications. — Tout le monde connaît les usages de la houille, et nous n'avons qu'à rappeler rapidement les principaux. Nous ne résistons pas au plaisir d'emprunter à M. Simonin le tableau qu'il fait, dans son beau livre : *la Vie souterraine*, des emplois du combustible minéral.

« La houille, dit-il, fait aujourd'hui la fortune de courageux et patients chercheurs, de compagnies nombreuses d'exploitation, de pays tout entiers. L'Angleterre ne lui doit-elle pas en grande partie sa puissance industrielle et maritime? N'est-ce pas la houille qui anime désormais toutes les machines, celles des usines, des manufactures, des ateliers, aussi bien que les machines marines et les locomotives? Matière pesante, elle forme pour les navires marchands une cargaison avantageuse au lieu de lest; elle alimente pour moitié le mouvement des canaux et des chemins de fer. Aujourd'hui que la marine militaire s'est transformée par la vapeur, la houille n'intervient pas seulement dans la prospérité, mais encore dans la défense des États, si bien qu'elle a été déclarée contrebande de guerre. La houille! n'est-ce pas elle qui éclaire les villes et qui chauffe presque tous les foyers, ceux des fabri-

ques comme les foyers domestiques, et à ce titre n'est-elle pas le combustible du pauvre? N'est-ce pas elle aussi qui est le grand réducteur de tous les minerais métalliques? Et comme si rien ne devait manquer à des emplois déjà si divers, n'est-ce pas de la houille que d'habiles chimistes ont récemment retiré les plus vives et les plus solides couleurs, celles qui, sous les noms de *magenta*, de *solferino*, de *havane*, ont fait le tour du monde avec les nouveautés de Lyon et de Paris? N'est-ce pas, enfin, de la houille qu'on a extrait aussi ce merveilleux produit, dont la médecine s'est heureusement emparé, l'acide phénique, qui a le pouvoir de prévenir la gangrène et de *tanner* les plaies : nouveau miracle de la chimie? »

On raconte relativement à la découverte de la houille en Belgique, une légende dont nous emprunterons encore le récit à M. Simonin.

« La Belgique, dit-il, a fouillé les mines de houille en même temps que l'Angleterre. C'est au village de Plénevaux près de Liège que semblent avoir commencé les exploitations vers le douzième siècle. Ici la légende se mêle à l'histoire d'une manière ingénieuse. Voici le fait tel que le racontent les chroniqueurs.

« Houillos, maréchal-ferrant à Plénevaux, était si pauvre qu'il ne pouvait suffire à ses besoins; souvent il n'avait pas de pain à donner à sa femme et à ses enfants. Un jour que, sans travail, il était presque décidé d'en finir avec la vie, un vieillard à barbe blanche se présenta dans sa boutique. Ils entrèrent en conversation. Houillos lui confia ses chagrins : disciple de saint Éloi, il travaillait le fer, soufflant lui-même la forge pour économiser un aide. Il réaliserait bien quelques bénéfices, si le charbon de bois n'était pas si cher; mais c'était là ce qui le minait.

« Le bon vieillard était ému jusqu'aux larmes — Mon ami, dit-il, au forgeron, allez à la montagne voisine, vous y fouillerez le sol et découvrirez des veines d'une terre noire excellente pour la forge.

« Ainsi dit, ainsi fait. Houillos alla au lieu indiqué, y trouva la terre annoncée et l'ayant jetée au feu parvint à forger un fer à cheval en une seule chaude. Rempli de joie, il ne voulut pas garder pour lui seul cette précieuse découverte; il en fit part à ses

voisins et même aux maréchaux ses concurrents. La postérité reconnaissante a donné son nom à la houille (on a vu qu'il s'appelait Houillos), et, sous ce rapport, il a été plus heureux que beaucoup d'autres inventeurs. Son souvenir est encore consacré par tous les mineurs de Liège qui, le soir, racontent dans les veillées l'histoire du *Prud'homme houiller* ou du *Vieillard charbonnier* comme on se plaît à surnommer Houillos, le forgeron de Plénevaux. »

« La véritable histoire de la houille, dit le même auteur, dans un autre beau livre qu'on lui doit : *les Mines et les Mineurs*, commence avec le dix-huitième siècle; on dirait qu'elle est liée à l'histoire de l'esprit moderne. Et voyez comme tout s'enchaîne! C'est dans les mines de houille que la machine à vapeur est inventée. En Angleterre, des chantiers profonds sont inondés dans les houillères de Newcastle. On doit d'abord retirer les eaux si l'on veut continuer à extraire le charbon; mais la pompe, restée la même depuis Archimède ne suffit plus; il faut un engin plus puissant. Savery, Newcomen, Watt arrivent successivement; trois ouvriers qui deviendront des hommes de génie. La *pompe à feu*, la machine à vapeur est trouvée. Watt en arrête presque définitivement les principales dispositions, et désormais ce n'est plus l'eau seulement, c'est la houille que la machine extraira des profondeurs du sol, et cela en quantités si considérables qu'elles soient.

« Ce n'est pas tout. Le charbon est matière lourde, encombrante, se vend à bas prix. Il ne suffit pas de l'arracher aux entrailles du sol; il faut encore le transporter économiquement, souvent à de très-grandes distances. Qui rend le transport difficile, coûteux? L'état des chemins. On modifie les chemins sans se douter de la partie immense du résultat qu'on va bientôt obtenir. On imagine les ornières de bois sur lesquelles les zones glissent avec facilité. On les applique d'abord dans les galeries souterraines, puis aux voies de la surface. Mais le bois bientôt s'altère, se pourrit. On remplace les ornières de bois par des ornières de fonte creuses, puis plates avec un rebord latéral. Le fer ne tarde pas d'être substitué à la fonte; le tuban de métal ou *rail* est trouvé, et avec lui le *railway*, le chemin de fer. Cela se passe dans les houillères du pays de Galles, comme dans celles du comté de Newcastle est née la ma-

chine à vapeur. Attendez : l'invention n'est pas encore faite. Le Galois Tréviticq a construit une locomotive avec une simple chaudière cylindrique, comme celles des machines fixes. La chauffée, la production de vapeur, le tirage ne sont pas suffisants. En outre, pour obtenir l'adhérence sur les rails sans laquelle on tournerait sur place, la roue motrice est dentée et s'appuie sur une crémaillère. La vitesse est moindre que celle d'une charette traînée par des chevaux. Est-ce à dire que l'invention va être perdue ? Le génie humain ne s'arrête pas dans ses découvertes. C'est en Angleterre le grand ingénieur Georges Stephenson, un ancien mineur ; c'est l'illustre Marc Séguin, parent de Montgolfier, en France, qui complètent la locomotive. Séguin, par l'invention de ces mille tubes qui parcourent la chaudière dans sa longueur, et qui donnent passage aux gaz chauds venant de la grille, augmente, dans une étonnante proportion, la surface chauffée et par suite la production de la vapeur. Stephenson complète les idées de son rival et, lançant dans la cheminée, par un jet direct, la vapeur qui vient d'agir sur le piston, ravive par cet ingénieux artifice le tirage du foyer, gêné par l'invention de Séguin. Désormais, la locomotive est complète ; comme dans la machine de Watt on n'en modifiera plus que les détails.

« Voilà la véritable histoire de la houille ; voilà ce qu'a produit le combustible minéral. Il a fallu pour cela tout le dix-huitième siècle, et les trente premières années de celui-ci ; mais aussi quelle conquête ! La machine à vapeur qui ne devait servir qu'à extraire des mines l'eau et le charbon, s'est partout introduite ; partout, elle a substitué son travail à celui de l'homme ; et le mot d'Aristote s'est confirmé : « Qu'il n'y aurait plus d'es-
« claves le jour où le fuseau et la navette marcheraient seuls. »

LIGNITE.

(De *lignis*, bois, parce qu'il en dérive d'une manière manifeste et en conserve souvent la structure.)

Syn. *Bois fossile.*
Bois bitumineux.
Jais.
Jayet.

Cendres noires.
Terre d'ombre.
Terre de Chypre.
Dyssodile.
Surtarbrandur.
Domanik.
Browncoal des Anglais.
Braunkohl des Allemands.
Gagas des Grecs.
Succinum nigrum des Latins.

Caractères généraux. — Le lignite est une roche charbonneuse, noire ou brune, qui peut brûler aisément, et donne une flamme éclairante et une fumée abondante. Les fragments ne se boursoufflent pas et ne se collent pas comme il arrive pour la houille.

M. Regnault a analysé plusieurs lignites. Les très-instructifs résultats de ses analyses doivent être rapportés ici :

COMPOSITION

DES PRINCIPALES SORTES DE LIGNITES.

| DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES. | LIEUX D'OU ILS PROVIENNENT. | NATURE DU COKE. | DENSITÉ. | COMPOSITION. | | | | DÉDUCTION FAITE DES CENDRES. | | | 1000 ATOMES de carbone sont unis à atomes | | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------|--------------|------------|----------------------|----------|------------------------------------|----------|------------|---|------------|----------|
| | | | | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | CENDRES. | COKE DONNE A LA CALCINATION. | CARBONE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE ET AZOTE. | HYDROGÈNE. | OXYGÈNE. |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Lignite parfait | Dax | Pulvéreux | 1.272 | 70.49 | 5.59 | 18.95 | 4.99 | 49.1 | 74.19 | 5.88 | 20.15 | 970 | 207 |
| | Bouches-du-Rhône | Id. | 1.254 | 65.88 | 4.58 | 18.11 | 15.45 | 41.1 | 75.79 | 5.29 | 26.92 | 878 | 217 |
| | Mont Meisner | Id. | 1.551 | 71.71 | 4.85 | 21.67 | 1.77 | 48.5 | 75.00 | 4.95 | 22.07 | 827 | 251 |
| | Passes-Alpes | Id. | 1.276 | 70.02 | 5.20 | 21.77 | 5.01 | 49.5 | 72.19 | 5.56 | 22.45 | 910 | 238 |
| Lignite imparfait | Grèce | Analogue au char- bon de bois. | 1.185 | 61.20 | 5.00 | 24.78 | 9.02 | 58.9 | 67.28 | 5.49 | 27.25 | 1000 | 509 |
| | Cologne | | 1.100 | 65.29 | 4.98 | 26.24 | 5.69 | 56.1 | 66.96 | 5.27 | 27.77 | 964 | 518 |
| | Usnach | | 1.167 | 56.04 | 5.70 | 56.07 | 2.19 | » | 57.29 | 5.85 | 56.88 | 1247 | 492 |

Jameson a publié une intéressante analyse immédiate d'un lignite de l'île d'Arrau. Voici ses résultats :

| | |
|---|-----|
| Matière extractive brune, acide, soluble dans l'eau, précipitant par l'acide chlorhydrique, etc. | 20 |
| Uimine extraite par l'ammoniaque et la soude. | 40 |
| Fibre ligneux | 40 |
| | 100 |

Quatre types doivent être spécialement mentionnés, savoir : le lignite *compacte*, le lignite *schistoïde*, le lignite *xyloïde* et le lignite *terreux*. Les variétés, d'ailleurs nombreuses, sont caractérisées surtout par la présence de l'argile, du calcaire, de la pyrite et de la blende.

Gisement. — Les lignites ne commencent à se montrer que dans le trias (Wasselonne, Sultz-les-Bains, diverses localités du Var). On les retrouve dans le lias inférieur (Deister). Les grès verts supérieurs en contiennent aussi, comme on le voit, par exemple, à Saint-Paulet, près du Pont-Saint-Esprit, dans le Gard. Mais c'est surtout dans la formation tertiaire que les lignites sont abondants. On les trouve d'abord au-dessous du calcaire grossier, ou dans les parties inférieures de ce dépôt et dans les calcaires lacustres de même âge (Fuveau, Bohême, etc.). Dans l'étagé miocène, on peut citer les gisements de Gorgas, de Saint-Martin de Castillou (Vaucluse), de Sisteron, de Dauphin, de Forcalquier, de Monte Bamboli, de Busiano. Enfin, on en connaît quelques dépôts, par exemple, dans l'Isère, qui sont pliocènes.

Applications. — Parmi les lignites, le jayet est susceptible de poli, et sert à faire des bijoux. Les lignites de beaucoup de localités sont employés pour le chauffage des appartements, la distillation, la cuisson du plâtre, du calcaire, des poteries, etc. Enfin, les lignites terreux de la variété pyriteuse, ont une tendance à s'effleurir, qui les rend propres à la fabrication de l'alun et du sulfate de fer. Citons aussi l'usage que les peintres font des variétés meubles connues sous le nom de *terre d'ombre*.

TOURBE.

(De l'allemand *torf*; même sens.)

Syn. *Turfa* (Wallerius).
Turf des Anglais.
Torf des Allemands.

Caractères généraux. — La tourbe est une matière brune ou noirâtre, spongieuse et légère. Elle brûle facilement, avec ou sans flamme en répandant une odeur analogue à celle des herbes sèches et laissant après la première combustion une braise légère.

Voici, d'après Berthier (*Traité de minéralogie*, de Dufresnoy, t. III, p. 730), la composition de plusieurs variétés de tourbes :

| | (1) | (2) | (5) | (4) | (5) |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Charbon | 23.5 | 26.0 | 30.1 | 54.7 | 58.6 |
| Cendres | 17.5 | 15.0 | 17.4 | 6.8 | 1.7 |
| Mat. volatiles liquides . | 56.7 | 51.0 | 28.4 | 39.9 | 58.5 |
| Gaz | 22.5 | 28.0 | 24.1 | 18.6 | 21.2 |
| | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> |

Berthier a publié (*Annales de chimie et de physique*, t. LIX, p. 249), plusieurs analyses de cendres de tourbes dont nous rapportons les résultats :

| | () | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Carbonate de chaux | " | " | " | 51.5 | " |
| Chaux caustique | 65.0 | " | " | " | " |
| Argile, inattaquable aux acides . | 7.5 | " | " | " | " |
| Silice gélatineuse | 15.0 | " | " | " | " |
| Alumine | 7.0 | 17.5 | 14.0 | { | 30.0 |
| Oxyde de fer | 7.0 | 33.0 | | | 11.5 |
| Carbonate de potasse | 0.5 | " | " | " | " |
| Silice anhydre | " | 36.5 | 26.0 | { | 40.0 |
| Argile | " | " | | | 11.0 |
| Chaux | " | 2.0 | 25.0 | " | 50.0 |
| Magnésie | " | 5.5 | 14.0 | " | " |
| Sulfate de chaux | " | 4.5 | " | 26.0 | " |
| Chlorure de calcium | " | 0.5 | " | " | " |
| Charbon | " | 2.7 | " | " | " |
| Acide carbonique et soufre . . . | " | " | 25.0 | " | " |
| | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> |

(1) T. de Denemary. — (2) T. de Château-Landon. — (5) T. de Clermont (Oise). —
 (4) T. de Reims. — (5) T. de Voitsuma (Bavière).
 (6) T. de Château-Landon (Seine-et-Marne). — (7) T. de Voitsuma (Bavière). —
 (8) T. de Troyes. — (9) T. de Vassy (Marne). — (10) T. de Framont (Vosges).

Nous distinguerons deux types de tourbe suivant qu'elle sera *compacte* ou *fibreuse*. La première est solide, homogène, à cassure terreuse et quelquefois luisante ; l'autre est composée de fragments visibles de plantes : elle est donc *phytogène* suivant l'expression indiquée plus haut.

Gisement. — Les tourbières sont extrêmement abondantes à la surface de la terre, et leur richesse est quelquefois considérable. En effet, on connaît des couches de tourbe ayant jusqu'à 18 mètres d'épaisseur.

Les tourbières se trouvent le plus souvent dans des endroits bas et marécageux ; néanmoins, il y en a aussi dans des lieux très-élevés. On sait que le Bogsberg, la plus haute montagne de la basse Saxe et le Brohen, la plus haute sommité du Hartz, sont couvertes de tourbe.

Comme le fait remarquer M. Vézian, le phénomène du tourbage n'a dû commencer à se manifester que vers la fin de la période tertiaire et dans le voisinage des pôles seulement. Ce n'est que pendant l'époque quaternaire qu'il a dû prendre toute son extension, et si l'on tient compte exclusivement des faits observés jusqu'à ce jour, on peut dire qu'il lui est spécial.

Les plus anciennes tourbières sont celles d'Uznach et de Dirten, en Suisse. La tourbe y forme une masse de 10 pieds d'épaisseur, mais les troncs d'arbres aplatis qu'elle renferme prouve qu'elle a dû être fortement comprimé. Elle repose sur une couche de limon placée elle-même sur la molasse. On y a recueilli des dents d'*elephas antiquus* et un squelette entier de *rhinoceros leptorhinus*, ce qui paraît un motif suffisant pour rattacher ces dépôts de tourbe à la première époque du terrain quaternaire. La tourbe est recouverte à Uznach par le diluvium de la seconde période glaciaire et à Durten par le sable et les cailloux roulés où, dans beaucoup d'endroits de la Suisse, on a rencontré des restes d'*elephas primigenius* qui a vécu après l'éléphant dont il vient d'être question.

C'est à la période post-glaciaire qu'appartiennent toutes les tourbières connues. Leur âge récent est accusé tout à la fois par leur situation géognostique et par l'époque à laquelle se rattachent les mammifères dont elles renferment les débris. En effet, elles sont toujours situées au-dessus des terrains de transport, réunis sous la

désignation de diluvium, et les animaux dont elles contiennent les ossements font tous partie, sans exception, de la faune qui est venue après la dernière retraite des glaciers. Pourtant, il existe de la tourbe qui date des temps anté-historiques. C'est ce que M. Steens-trup a démontré dans les marais tourbeux du Danemark, en établissant que les débris de l'industrie humaine, si abondants vers la partie supérieure des tourbières, ne se rencontre jamais dans leur partie inférieure.

Applications. — On emploie la tourbe comme combustible, soit à son état naturel, sous forme de briquettes séchées au soleil; soit après qu'elle a subi une forte compression qui réduit son volume; soit enfin après avoir été carbonisée et convertie en une sorte de coke. En Islande, outre le chauffage, on applique la tourbe fibreuse à des usages très-variés; par exemple, elle sert à la construction et à la couverture des cabanes: sa remarquable flexibilité permet aussi d'en faire une sorte de couverture qu'on met sur le dos des chevaux pour tenir lieu de selle.

La tourbe soumise à la distillation sèche donne des produits qui peuvent servir à l'éclairage, après qu'ils ont été purifiés par les mêmes procédés que les huiles de schiste.

Considérée à ce point de vue, la tourbe se sépare en :

| | |
|----------------------------|--------|
| Charbon de tourbe. | 40.00 |
| Huile brute. | 15.80 |
| Paraffine. | 0.85 |
| Eaux ammoniacales. | 55.85 |
| Perte. | 7.50 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Les cendres de la tourbe servent en agriculture pour amender les terres sableuses et calcaires.

REMARQUES SUR L'ORIGINE ET LE MODE DE FORMATION DES ROCHES DU QUATRIÈME GROUPE, OU COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

Les roches de notre quatrième groupe : l'anthracite, la houille, le lignite et la tourbe ont certainement une origine commune. Pour la découvrir, il convient d'étudier la formation de ces masses

en les prenant dans l'ordre précisément inverse de celui adopté dans la description ; c'est-à-dire, en commençant par la tourbe et en finissant par l'anthracite. La raison de ceci est simple : la tourbe se forme sous nos yeux, tandis que l'anthracite appartient aux terrains les plus anciens.

L'eau est l'agent essentiel du tourbage, mais pour que ce phénomène prenne naissance, il faut un concours de circonstances que M. d'Archiac a cherché à préciser. Suivant ce géologue, pour que la tourbe se forme par suite de la décomposition des matières végétales, il faut que les eaux ne soient pas complètement stagnantes, qu'elles ne charrient pas une grande quantité de limon, qu'elles soient peu sujettes à de grandes crues. Il faut, en outre, qu'elles soient très-peu profondes, que leur mouvement soit très-peu rapide, et qu'elles coulent sur un fond argileux ou peu perméable, et non sur des dépôts de transport diluvien, de sable, de gravier ou de cailloux roulés. Les vallées essentiellement tourbeuses, telles que celles de l'Authée, de la Somme, de l'Ailette, de l'Ourcq, de l'Essonne, des petits affluents de la rive droite de l'Oise, dans le département de ce nom, de la Brèche, du Thésain et de l'Epte, au delà, sont plus ou moins argileuses dans toute leur étendue, tandis que les vallées, proprement dites, de l'Oise, de l'Aisne, de la Marne et de la Seine dont les eaux coulent sur un diluvium vaseux et un lit de cailloux roulés plus ou moins épais et plus ou moins étendus sur leurs bords ne présentent nulle part de véritable tourbe continue sur des surfaces d'une certaine importance.

Parmi les végétaux dont les débris concourent à la formation de la tourbe, ce sont les mousses du genre *sphaigné* (*sphagnum*) qui prennent le rôle le plus considérable. Ces plantes aquatiques sont vivaces ; la seule condition nécessaire à leur existence paraît être une certaine quantité d'humidité absorbée par la couronne ou la tige du végétal. Ce qui leur permet de coopérer si activement à la formation de la tourbe c'est que, comme les autres mousses, elles sont acrogènes ; en d'autres termes, elles croissent exclusivement par leur sommet. A mesure que la partie supérieure de la tige s'allonge, la partie inférieure meurt, se dessèche et tend à se transformer en tourbe. Dans une masse de sphaignes, il y a donc

deux couches superposées : l'une supérieure en voie de végétation ; l'autre sous-jacente déjà soumise à l'action du tourbage. Celle-ci tend sans cesse à augmenter d'épaisseur par l'addition de la couche superficielle destinée à être, à son tour, recouverte par un nouveau lit de sphaignes.

La croissance des sphaignes est très-rapide, et comme ces plantes se ramifient beaucoup, elles finissent, en se pressant les unes contre les autres, par former un feutrage épais qui recouvre le sol ou constitue, au-dessus des eaux marécageuses, une espèce de plancher flottant ; sur ce plancher d'autres plantes, puis, des végétaux arborescents finissent par se développer. Quant à la rapidité du développement des sphaignes et à la faculté qu'elles ont d'envahir de vastes espaces en très-peu de temps, il suffira pour les mettre en évidence de dire que, d'après M. Lesquèreux, une seule capsule de *sphagnum* peut contenir jusqu'à 2,690,000 spores ou graines.

Contrairement à ce qui arrive en Europe, les dépôts tourbeux, dans l'Amérique du Nord, ne doivent pas leur origine à des mousses. Darwin a observé, comme composant essentiellement la tourbe, de la Terre-de-Feu, l'*astelia pumila* de la famille des joncées et la *donatia magellanica* de la famille des saxifragées. La dernière de ces plantes est l'agent principal de la tourbe. Les feuilles nouvelles se succèdent continuellement autour du tronc ; celles du bas se pourrissent de suite et, en suivant la racine dans la tourbe, on voit encore les feuilles conserver leur position dans les différents états de la transformation, jusqu'à ce que le tout ne forme qu'une seule masse.

Le phénomène du tourbage est, comme on l'a vu, géologiquement très-récent.

On se rend compte de la formation des lignites en étudiant, à l'exemple de M. le docteur Eugène Robert, ce qui a lieu encore actuellement sur les côtes d'Islande.

Lorsqu'on cherche à faire le tour de cette grande île, on est étonné de l'abondance des bois flottés qui encomrent des *fiords* ou baies longues et étroites. Cette abondance est telle, dans certains endroits, qu'il est impossible de suivre à cheval le bord de la mer : les mieux conservés de ces bois entrent généralement dans la con-

struction des baërs, des temples, mais très-rarement dans celle des chaloupes. Ils ne servent guère à un autre usage, car ils sont tellement imprégnés de sel marin que leur combustion est excessivement difficile ; d'ailleurs, les Islandais n'emploient pour le chauffage que la tourbe à laquelle ils mêlent de la bouse de vache desséchée et des cartilages de poissons : aussi quelle odeur il s'en exhale !

Or d'où vient ce bois qui, comme nous venons de le dire, échoue sur les côtes ? Presque exclusivement d'Amérique.

Le Gulfstream, en balayant les côtes de l'Amérique du Nord, charrie tous les débris que les fleuves entraînent dans les golfes du Mexique et de Saint-Laurent, et il amène jusque sur les côtes d'Islande du bois d'acajou, du calcédrat, des bouleaux du Canada. Mais ce sont surtout des tiges de conifères, entièrement dépourvues de leur écorce, qui forment le principal contingent.

Eh bien, cette accumulation de bois s'est produite dans le passé comme aujourd'hui, et la matière végétale comprimée et soumise à une décomposition spéciale s'est transformée dans ce lignite particulier que les Islandais appellent *surtarbrandur*. On en connaît, au fond de la baie de Virki, un amas de 110 mètres de long sur 12 d'épaisseur ; il est composé de plusieurs couches ondulées, intercalées entre les roches d'origine volcanique et recouvert d'une couche de basalte de 50 mètres de puissance.

Un exemple encore plus ancien d'une accumulation de combustible par charriage nous est fourni par le lignite et le bois fossile exploités dans la Bresse et le Dauphiné. On sait qu'un lac occupait toute la dépression bressane ; de nombreuses forêts recouvraient les régions dont ce lac était entouré et leurs débris entraînés dans ses eaux, devaient, par la suite, se transformer en combustible. L'origine de ce combustible est accusé par la manière dont les racines, les branches et les troncs d'arbres gisent pêle-mêle dans les argiles avec lesquelles le combustible alterne. Des galets et de s cailloux roulés, des coquilles fluviatiles et lacustres, des ossements de mammifères que l'on rencontre çà et là démontrent l'existence du phénomène de charriage dont la formation du lignite est la conséquence.

Les conditions de formation de la houille ont été différentes, et l'on doit admettre qu'elle a pris naissance, non par charriage.

mais sur place; c'est ce qui résulte, en effet, des calculs très-précis, dont on est redevable à M. Élie de Beaumont.

Dans ces calculs, en comparant la houille et le bois sous le rapport de leur pesanteur spécifique et de leur richesse en carbone, M. Élie de Beaumont établit d'abord qu'une couche de bois, sans interstices, si elle pouvait être changée en houille, sans perte de carbone, diminuerait d'épaisseur dans le rapport de 1 à 0,2280. En tenant compte de la quantité de matière ligneuse contenue dans un hectare de taillis de vingt-cinq ans, il calcule que cette matière ligneuse formerait sur toute la surface de l'hectare une couche continue et sans interstices de 0^m,008486 d'épaisseur; transformée en houille, d'après les évaluations précédentes, cette couche de bois reviendrait à une couche de houille de 0^m,001955 ou environ 2 millimètres d'épaisseur.

« Il existe probablement, ajoute le célèbre auteur, peu de futaies, même parmi les plus épaisses, qui contiennent autant de carbone qu'une couche de houille de même étendue et d'un centimètre d'épaisseur. La surface des terrains houillers reconnus, en France, forme 1/200 de la surface totale du territoire. Si l'on tient compte de la stérilité de certains terrains, on verra qu'une futaie de la plus belle venue possible qui couvrirait la France entière, serait loin de contenir autant de carbone qu'une couche de houille de 2 mètres d'épaisseur, étendue dans les seuls bassins houillers connus. Ces résultats qui sont de simples approximations, suffisent, cependant, pour donner une haute idée du phénomène, quel qu'il soit, par suite duquel a eu lieu l'accumulation de matière végétale nécessaire pour produire une couche de houille, ayant 1 mètre, 2 mètres et jusqu'à 50 mètres d'épaisseur, comme celles du bassin houiller de l'Aveyron. On a quelquefois supposé que les couches de houille, pouvaient résulter de l'enfouissement de radeaux de bois flotté; mais les calculs précédents conduisent à reconnaître que ces radeaux devaient avoir eu une épaisseur énorme et tout à fait inadmissible. Le bois, lorsqu'on le range en stères, présente de nombreux interstices qu'on évalue à plus de 58/128 du volume total; pour des branchages, la somme des vides est encore plus grande. Dans un radeau naturel, les troncs ne pourraient être aussi bien rangés que dans du bois en stères, et l'on peut supposer sans

exagération qu'un radeau naturel renfermerait la moitié de son volume de vide; par conséquent, un pareil radeau s'il pouvait être réduit en houille, sans aucune perte de carbone, en donnerait une couche dont l'épaisseur serait $1/2 \times 0^m,2280$ ou $0^m,1140$, c'est-à-dire moins du huitième de la sienne. Ainsi, une couche de houille épaisse d'un mètre supposerait un radeau de $8^m,76$ d'épaisseur; une couche de houille de 2 mètres supposerait un radeau de $17^m,52$; une couche de houille de 30 mètres supposerait un radeau de 263 mètres. Il faut, en outre, remarquer que la houille provient de végétaux d'une faible densité, et pour tenir compte de cette différence il faudrait tripler les épaisseurs et supposer des radeaux de 26 mètres, 52 mètres et 788 mètres, ce qui dépasse les limites du possible. »

Ajoutons que la transformation du bois en houille a été réalisée artificiellement par M. Baroullier, de façon que le mode de formation du principal combustible minéral, doit être regardé comme connu.

En ce qui concerne l'anhracite, en mettant à part celle qui résulte d'un métamorphisme de la houille, il paraît bien, comme le remarque M. Vézian, que c'est à tort qu'on l'a considérée comme une houille débituminisée. « C'est une roche particulière, dit-il, qui doit à son origine et aux circonstances, qui ont accompagné sa formation, les caractères qu'elle présente aujourd'hui. Quelles sont les causes qui, jusque vers le commencement de la période houillère, ont imprimé au phénomène de la formation des combustibles une allure telle, qu'au lieu de se terminer par la formation d'une houille plus ou moins grasse, il a abouti à la création d'une anhracite ou d'une houille sans bitume? Ces causes paraissent assez nombreuses; chacune d'elles a pu exercer séparément une influence très-faible, mais leur action simultanée a suppléé à leur faible énergie. Si nous comparons ce qui a dû se passer lors de la période de l'anhracite et lors de celle de la houille, nous voyons d'abord que, pendant la première, l'écorce terrestre offrait moins d'épaisseur; elle était, en outre, moins refroidie et, à condition égale, la température intérieure pour un point donné était plus élevée qu'elle devait l'être plus tard. Remarquons encore que la plupart des régions où se trouvent les gisements d'anhracite, les

Alpes et les Alleghanis, par exemple, étaient le siège de phénomènes éruptifs qui ont aussi contribué à élever la température. Rappelons-nous, enfin, que les causes, en partie indéterminées, qui ont subitement abaissé la température lors de la période houillère, ne fonctionnaient pas encore lors de la période de l'anhracite. On ne doit donc pas hésiter à admettre que le milieu dans lequel l'anhracite s'est constituée, avait une plus haute température que celui où s'est opérée la formation de la houille. Or on sait qu'un combustible, les autres conditions de la production restant les mêmes, est d'autant plus pauvre en oxygène et en hydrogène que pendant sa carbonisation naturelle, il a été soumis à une température plus élevée. »

Toutes ces conditions ont, d'ailleurs, été précisées par les expériences, réalisée dans l'eau suréchauffée par M. Daubrée, et dans lesquelles il a vu des fragments de bois de sapin se transformer en une masse noire, douée d'un vif éclat, d'une compacité parfaite, ayant, en un mot, l'aspect d'une anhracite pure et assez dure pour qu'une pointe d'acier la raye difficilement.

Comme le remarque l'auteur, cette sorte d'anhracite bien qu'infusible, est entièrement granulée sous forme de globules réguliers de diverses dimensions, d'où il résulte clairement que la substance a été fondue en se transformant ; elle ne donne, par la calcination, que des traces de substances volatiles ; la matière ligneuse y est donc arrivée à son dernier degré de décomposition. Cette matière qui n'est que du carbone très-compacte, ne se consume qu'avec une excessive lenteur même sous le dard oxydant du chalumeau. Elle diffère des charbons formés à haute température en ce que, non plus que le diamant, elle ne conduit pas l'électricité.

En résumé, et comme l'expose très-bien M. Vézian dans son remarquable *Prodrome de géologie*, les roches dont nous faisons notre quatrième groupe, forment une série dont chaque terme est caractérisé par un mode de formation spécial et un âge géologique particulier.

La *tourbe* est un combustible formé sur place aux dépens des plantes de marais et, surtout, de mousses du genre *sphagnum*, elle appartient au terrain quaternaire. Le bois fossile ou *lignite xyloïde*, est un combustible formé par charriage aux dépens des

troncs de conifères et des dicotylédonés angiospermes : il est actuellement en voie de formation et se retrouve dans tous les terrains pliocènes. Le lignite compacte est aussi formé par voie de charriage et quelquefois, mais très-rarement, en place, aux dépens de dicotylédonées angiospermes, de conifères ou de cycadées et gît depuis le terrain miocène jusqu'au terrain permien. La houille est un combustible formé sur place aux dépens des cryptogames arborescents et, surtout, des sigillaires et des stigmarias ; elle est spéciale à la période houillère. Enfin, l'antrace est un combustible formé sur place aux dépens des mêmes végétaux que la houille : il est spécial aux terrains sédimentaires les plus anciens.

DEUXIÈME SÉRIE : **Soufre, sulfures.**

5^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Soufre.*

SOUFRE.

(Du latin, *sulphur* ; même signification.)

Syn. *Soufre stratiforme.*

Tuf sulfureux.

Sulphur des Anglais.

Schwefel des Allemands.

Caractères généraux. — L'aspect du soufre, et particulièrement sa couleur, sont très-connus de tout le monde, mais il s'en faut de beaucoup que ce minéral se présente toujours avec des caractères extérieurs aussi reconnaissables. Ainsi, à l'état de roche, il est souvent compacte et gris, ressemblant tout à fait à une marne ou à un calcaire à grains très-fin.

Quoi qu'il en soit, il possède une dureté un peu supérieure à celle du gypse et que l'on représente par le chiffre 2,5 de l'échelle de Mohr. Il fond à la température de 110 degrés et se volatilise complètement. Il brûle et s'enflamme avec une grande facilité, ce qui est, comme on sait, la raison des applications principales qu'on

en fait. La couleur bleue de la flamme qui accompagne sa combustion est caractéristique ainsi que l'odeur suffocante que l'on ressent en même temps. La pesanteur spécifique du soufre est en moyenne égale à 2.

Les roches de soufre se rapportent à trois types bien distincts, suivant qu'elles sont grenues, compactes ou concrétionnées. Les variétés, caractérisées par la présence de minéraux accidentels sont très-nombreuses, parmi lesquelles il faut citer spécialement celles qui sont dues au *gypse*, à la *célestine*, au *bitume* et à l'*argile*.

Gisement. — On trouve du soufre dans des gisements très-différents, depuis les terrains schisteux cristallins jusqu'aux couches les plus modernes; toutefois c'est dans l'étage tertiaire qu'il est de beaucoup le plus développé.

Le gisement le plus ancien de la matière que nous étudions est sans doute celui qu'on a signalé aux environs de Quito dans des quartz subordonnés aux micaschistes.

C'est en Sicile que se présente le plus important des gîtes de soufre. On a longtemps discuté sur son âge, qui a été rapporté soit au terrain crétacé, soit aux diverses périodes du terrain tertiaire. D'après des recherches récentes dues à M. S. Mottura, ingénieur des mines, on doit le considérer comme miocène. Ce qui paraît certain, c'est qu'il repose sur le calcaire à hippurites de la craie et est recouvert en stratification discordantes par des couches tertiaires très-récentes.

Le terrain soufrier de la Sicile se compose de grès bitumineux à grains fins, et de marnes schisteuses noires bitumineuses, contenant des lits interstratifiés de calcaire compacte. Ces marnes, que l'on désigne dans le pays sous le nom de *marnes azurines*, constituent le véritable gisement du soufre.

Le soufre que l'on exploite dans les Romagnes appartient aussi au terrain miocène; et c'est à des couches à peu près contemporaines des précédents que l'on rapporte les gisements de Lorea et de Teruel en Espagne.

Dans ces dernières localités, le soufre est associé à des marnes et à des calcaires qui contiennent des coquilles et des poissons dont l'étude a permis d'en préciser l'âge géologique.

La seule localité française où le soufre apparaisse avec quelque abondance est Tapets, près d'Apt (Vaucluse), qui présente des calcaires marneux tertiaires dont la teneur va de 20 à 25 pour 100.

En Égypte, le long du littoral de la mer Rouge, on trouve de temps en temps des amas de soufre, tous tertiaires. Deux d'entre eux ont été récemment visités par M. Petitgand, ingénieur des mines, qui y signale toutes les circonstances caractéristiques des autres gîtes de même âge.

Le terrain volcanique actuel renferme du soufre au dépôt duquel nous assistons chaque jour.

Enfin nous devons citer comme soufre moderne celui qui se dépose constamment des sources sulfureuses, soit sous forme de concrétions et de stalactites, soit sous forme de cristaux.

Quoi qu'il en soit de ces divers gisements, on peut jusqu'à présent considérer la Sicile comme le seul pays qui fournisse des masses de soufre au commerce.

Le nombre des mines qui y sont actuellement ouvertes est d'environ *deux cents*, et celui des exploitations qu'on pourrait découvrir encore dépasserait certainement ce chiffre. La production annuelle de ces deux cents mines pourrait être facilement quintuplée en substituant, aux moyens grossiers encore employés aujourd'hui, les perfectionnements en usage dans les contrées où les mêmes exploitations sont plus avancées.

En Sicile, les mines de soufre sont en général à la profondeur de 50 à 100 mètres. On y pénètre par des galeries très-inclinées, en forme d'escaliers tortueux, taillées dans le sol, et c'est par cette voie qu'on extrait le minerai à *dos d'enfants*.

L'abatage du minerai se fait à la pointe du pic ou *picon* ; de là le nom de *piconieri* donné aux mineurs. Leur nombre par toute la Sicile est estimé à 5,000 environ, et celui des enfants qui charrient le minerai est double.

La plupart des minerais de Sicile sont fort riches ; ils contiennent jusqu'à 80 pour 100 de soufre ; mais leur richesse tombe quelquefois au-dessous de 10 pour 100. On exploite par liquation ce qui atteint cette proportion, mais on rejette ce qui est inférieur.

Mode de formation. — Voyons rapidement quelle idée on doit

se faire du mode de formation du soufre dans les diverses conditions géologiques où nous l'avons signalé.

Dans tous les cas il provient des profondeurs d'où il est apporté sous forme gazeuse et spécialement à l'état d'acide sulfhydrique qui se dégage des solfatares. On sait que lorsque l'acide sulfhydrique brûle rapidement au contact de l'air, il se transforme en eau et en acide sulfureux ; l'eau se dégage, du soufre en excès se dépose et l'acide sulfureux passe en partie à l'état d'acide sulfurique. Dans les solfatares, cet acide sulfurique réagit sur l'alumine des roches avec lesquelles il est en contact, pour former de l'alun ou du sulfate d'alumine. Si la combustion est lente il se fait encore de l'eau, mais le soufre se dépose presque en totalité à l'état de liberté : c'est ce qui a lieu le plus fréquemment.

L'Islande est la contrée la plus riche en solfatares ; l'île de Bourbon et la Guadeloupe en renferment également ; mais la plus connue de toutes les solfatares est celle de Pouzzole dans les champs Phlégréens. Elle offre la forme d'une ellipse dont le grand axe n'a pas 1,000 mètres de longueur. La vapeur d'eau et l'hydrogène sulfuré s'échappent de toutes les parties de ce cratère par des ouvertures tapissées de cristaux de soufre. La plus grande partie du soufre que l'on exploite à la solfatare provient de la distillation des terres argileuses qui constituent le fond même du cratère.

Outre ce mode de formation qui est de beaucoup le plus important, le soufre a quelquefois été apporté à la surface du globe par voie de sublimation ; telle est l'origine du soufre qui existe en petits amas dans les laves de divers volcans. Quelquefois il provient de la décomposition de certains sulfures qui sous l'influence de l'air se sont transformés en oxydes.

Enfin les terrains sédimentaires renferment parfois du soufre qui résulte de l'action réductrice exercée sur des sulfates, tels que le gypse, par des matières organiques.

Applications. — Les usages du soufre sont nombreux et bien connus de tout le monde. Rappelons qu'il sert à la fabrication de l'acide sulfureux, de l'acide sulfurique, de la poudre, des allumettes ; il est employé en thérapeutique pour détruire les parasites, et l'agriculture en consomme d'immenses quantités dans le traitement de la maladie de la vigne.

On aura une idée de cette consommation spéciale quand nous aurons rapporté le fait suivant. D'après les renseignements recueillis par M. Guibet-Valory, qui exploite une des solfatares les plus considérables de Sicile, cette contrée produit annuellement 200,000 tonnes de soufre ; or, sur cette quantité, la moitié environ, soit 80,000 à 90,000 tonnes est employée au soufrage de la vigne en France principalement et ensuite, en moindres proportions, en Italie, en Espagne, en Grèce et dans l'Asie Mineure.

Si l'oïdium continue à sévir sur les vignes, il est probable que le soufre employé à combattre ses ravages entrera chaque année pour une plus forte proportion dans la consommation des vignobles. Or rien jusqu'à présent ne fait prévoir le terme de la maladie de la vigne. Il y a plus : les vignobles de la région méridionale en sont infestés depuis quinze ans, et elle persiste avec la même intensité ; on peut même affirmer que l'oïdium s'y est constamment étendu, et que ses ravages, lorsqu'il n'est pas combattu, causent des pertes plus fortes que les premières années.

Le soufrage de la vigne paraît donc destiné à faire consommer encore d'immenses quantités de soufre, et à exercer une influence toute particulière sur l'extraction de cette substance.

6^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfure de plomb*.

GALÈNE.

(Du grec, γαλήνη ; même sens.)

Syn. *Plomb sulfuré* (Haüy).

Bleiglanz (Werner).

Caractères généraux. — Sous le nom de galène on désigne une matière métalloïde d'un gris de plomb, dont la densité est égale à 7,76. Elle est avant tout remarquable par l'extrême facilité de trois clivages rectangulaires qui donne à certaines variétés une cassure éminemment lamelleuse. Dans d'autres cas elle est au contraire finement grenue, et ces variétés, dites à *grain d'acier*,

sont caractérisées par la présence d'une proportion plus ou moins grande d'argent.

La galène cristallise dans le système cubique et les résultats de son analyse montrent qu'elle constitue le protosulfure de plomb. Elle fond au chalumeau avec dégagement de vapeurs sulfureuses, et se réduit très-facilement en un globule métallique malléable quand on la chauffe sur le charbon. L'acide azotique la dissout aisément en produisant du sulfate blanc de plomb qui se dépose.

Voici les résultats fournis par l'analyse de diverses variétés de galène :

| | (1) | (2) | (5) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Argent | » | » | » | » | » | » | 7.00 |
| Chaux et silice | » | » | » | 58.0 | » | » | » |
| Plomb. | 69.0 | 68.0 | 64.0 | 54.0 | 69.00 | 85.15 | 79.60 |
| Soufre. | 18.0 | 16.0 | 18.0 | 8.0 | 16.00 | 15.02 | 15.40 |
| Fer. | » | » | » | » | » | 0.50 | » |
| Matières terreuses. | 15.0 | 16.0 | 18.0 | » | 15.00 | » | » |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.00 | 98.65 | 100.00 |

Berthier a donné la composition minéralogique de plusieurs galène, (*Traité des Essais*, t. II, p. 715).

| | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (15) | (14) | (13) |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Galène. | 96.0 | 91.0 | 87.0 | 61.0 | 94.1 | 71.2 | 50.0 | 50.0 |
| Pyrite de fer. | 2.0 | 8.0 | 10.0 | 18.0 | 5.7 | 14.5 | 21.0 | 30.9 |
| Sulfate de baryte. | 2.0 | 1.0 | 5.0 | 21.0 | » | » | 15.0 | 17.4 |
| Blende. | » | » | » | » | 2.7 | 9.7 | 12.0 | 18.0 |
| Quartz | » | » | » | » | 1.5 | 5.0 | 2.0 | 5.7 |
| | <hr/> |
| | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 102.0 | 100.2 | 100.0 | 100.0 |

Gisement. — Les filons métallifères constituent le gisement le plus habituel de la galène. On rencontre d'ailleurs des filons plombifères dans toutes les régions du globe et à tous les niveaux géologiques, depuis les terrains les plus anciens jusqu'aux couches

(1-2) Galène de Dorothée, par Thomson. — (5) G. de Kautenbach, par Hatchette. — (4) G. de Kirschwald, par Vauquelin. — (5) G. de Kampfstein, par Westrumb. — (6) G., par Klaproth. — (7) G., par Beudant.

(8, 9, 10, 11) Galène de Pezey. — (12) G. de Poulkaouen. — (15) G. de Huelgrelh. — (14-15) G. de Pontgibaud.

tertiaires nummulitiques, comme on le voit au Mafreto et à Campiglièse en Toscane, et même, suivant M. Coquand, jusqu'aux couches à *ostrea longirostris*, et conséquemment miocènes, de la province de Constantine.

En France, les filons de galène sont fort nombreux, particulièrement dans le plateau central et dans la chaîne des Vosges. Toutefois c'est seulement dans un nombre très-restreint de localités qu'ils sont exploités. L'une des plus importantes est Pontgibaud, dans le département du Puy-de-Dôme.

En dehors des filons, on a signalé la galène dans un certain nombre de localités.

Par exemple, certaines couches de dolomie appartenant au terrain silurien des États de Missouri et de l'Arkansas renferment de la galène sur une étendue qui n'a pas moins de 112 kilomètres sur 86. Ces gîtes métallifères ne sont pas postérieurs aux couches qui les renferment, mais le minerai a été évidemment précipité en même temps.

Un fait analogue se présente, entre autres, dans les couches triasiques de la Prusse Rhénane. On observe, en effet, à Bleyberg, près de Commern, un grès ou poudingue quartzeux, imprégné de galène et constituant des couches dans le grès bigarré. Ce grès plombifère ne rend en moyenne que 2 pour 100; mais il atteint une épaisseur de 40 mètres, sur laquelle il peut être exploité généralement à ciel ouvert. Déjà exploité dans l'antiquité romaine, le gîte de Commern a surtout acquis une grande importance depuis 1852, époque à laquelle on a adopté le mode actuel d'extraction. Aujourd'hui il constitue le gisement de plomb le plus productif de la Prusse entière.

Applications. — La principale application de la galène est de servir à l'extraction du plomb, dont elle est le minerai par excellence. Elle produit aussi la litharge, et les potiers en tirent parti directement, sous le nom d'*alquifoux*, pour vernisser leurs poteries. Tout récemment on en a fait usage dans la construction d'une pile électrique.

7^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfure de zinc*.

BLENDE.

(De l'allemand, *blenden*, tromper, parce qu'on l'a pris souvent pour de la galène.)

Syn. *Zinc sulfuré*.

Pseudo-galène.

Fausse galène.

Caractères généraux. — La blende est une substance dont l'aspect est très-variable. Il y a des blendes d'un jaune citron qui sont translucides et même transparentes; d'autres sont presque noires et opaques et entre ces deux extrêmes, il existe plusieurs teintes intermédiaires dont la plus fréquente est le brun. Les variétés les plus sombres offrent à la rayure et à la raclure une couleur gris jaunâtre ou brunâtre et un aspect qui n'a plus rien de métallique.

La densité de la blende est égale à 4,16.

Ce minéral devient phosphorescent par le frottement. Certaines variétés offrent même cette propriété à un si haut degré qu'il suffit, pour l'y développer, de les frotter avec la barbe d'une plume.

Au chalumeau sur le charbon, la blende se décompose à peine et ne fond pas. L'acide azotique la dissout en donnant naissance à un dépôt de soufre.

La blende *cristalline* constitue le seul type que nous ayons à considérer. Comme variété, nous signalerons la blende *carbonifère* et la blende *ferrifère* (blende noire).

La composition de la blende est souvent très-compiquée. Voici quelques chiffres relatifs aux variétés les plus habituelles :

| | (1) | (2) | (5) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|--------------------|------|------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| Silice. | 57.0 | 4.6 | » | » | 0.200 | » | » | » |
| Cuivre | 5.4 | 0.9 | » | Traces. | » | » | Traces. | » |
| Plomb | 11.6 | » | » | » | » | » | » | » |
| Zinc | 16.0 | 51.0 | 0.450 | 55.17 | 2.245 | 0.418 | 46.45 | 51.54 |
| Fer | 2.4 | 7.9 | 0.157 | 11.79 | 0.762 | 0.159 | 16.88 | 14.57 |
| Soufre | 17.4 | 55.5 | 0.286 | 55.75 | 1.485 | 0.278 | 55.76 | 52.35 |
| Pyrite | » | » | 0.017 | » | » | 0.046 | » | » |
| Quartz | » | » | 0.080 | » | » | 0.087 | » | » |
| <i>A reporter.</i> | 89.8 | 97.9 | 0.970 | 98.69 | 4.990 | 0.960 | 97.09 | 98.44 |

| | (1) | (2) | (5) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Report.</i> | 89.8 | 97.9 | 0.970 | 98.69 | 4.990 | 0.960 | 97.09 | 98.44 |
| Alumine. . . | 5.2 | » | » | » | » | 0.009 | » | » |
| Oxyde de man- ganèse. . . | » | » | » | 0.74 | » | 0.002 | » | » |
| Oxygène. . . | » | » | 0.017 | » | » | 0.009 | » | » |
| Eau et ac. carb. | » | » | » | » | 0.210 | » | 0.25 | » |
| Perte. . . . | 7.0 | » | » | » | 0.100 | » | » | » |
| | <u>100.0</u> | <u>97.9</u> | <u>0.987</u> | <u>99.43</u> | <u>5.500</u> | <u>0.980</u> | <u>97.52</u> | <u>98.44</u> |

Au point de vue de la composition minéralogique, on remarque que dans la blende, le sulfure de zinc est presque toujours accompagné de proto-sulfure de fer. C'est ce qui résulte des analyses suivantes, insérées par M. Dumas dans son *Traité de chimie* :

| | (9) | (10) | (11) | (12) | (15) | (14) |
|------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Sulfure de zinc. . . | 94.5 | 94.5 | 92.2 | 63.5 | 82.5 | 75.3 |
| Protosulfure de fer. . | 3.5 | 5.4 | 6.5 | 11.7 | 16.2 | 16.0 |
| Gangue | » | » | 1.5 | 24.9 | » | 7.0 |
| | <u>97.8</u> | <u>99.9</u> | <u>100.0</u> | <u>100.1</u> | <u>98.7</u> | <u>98.3</u> |

Gisement. — C'est dans les filons plombifères que l'on rencontre la blende en plus grande quantité.

Applications. — Son usage principal est de servir, concurremment avec la calamine, à la fabrication du zinc.

8° GROUPE. — Minéral essentiel : Sulfure de fer

PYRITE.

(De πύρ, feu, parce qu'elle fait feu au briquet.)

Syn. *Fer sulfuré.*

Pyrite martiale.

Pyrite jaune.

(1) B. de Servos, près de Chamouni. — (2) Blende, par Letanu. — (3) B. noire de Marmote, par Boussingault. — (4) B. brune, par Scheerer. — (5) B. du Puig (Pyrénées-Orientales), par Bouis. — (6, 7, 8) B. conchoidale, par Scheerer.

(9) B. de Vienne (Isère). — (10) B. de Bagnères-de-Luchon. — (11) B. d'Angleterre. — (12) B. d'Argentière (Ardèche). — (13) B. de Chéronies (Charente). — (14) B. de Cogelin (Var).

Pyrite blanche.

Pyrite magnétique.

Marcassite.

Sperkise.

Pyrrhotine.

Schwefelkiess (Werner et Haussmann).

Eisenkiess des Allemands.

L'analyse chimique quantitative des roches essentiellement formées de sulfure de fer les répartit de la manière la plus naturelle en deux types qui correspondent à des formules très-différentes.

Les plus nombreuses de ces roches sont du *bisulfure de fer*, qui en chimie s'écrit FeS^2 . Les minéralogistes en font deux espèces, d'après la considération cristallographique ; à notre point de vue nous devons les laisser ensemble sous le nom de *pyrite de fer*.

Les autres donnent des résultats analytiques qui sont exprimés par la formule $Fe^{\pm}S^{\pm}$; on les désigne sous le nom de *pyrrhotine* et plus souvent sous celui de *pyrite magnétique*.

D'après les principes qui président à notre arrangement des roches, cette circonstance doit nous faire admettre deux sous-groupes dans le huitième groupe de roches unitaires.

1^{er} SOUS-GROUPE : *Pyrite de fer.*

Caractères généraux. — La pyrite de fer est une roche remarquable par son vif éclat métallique et sa couleur d'un jaune de laiton plus ou moins foncé. Parfois une altération superficielle la fait passer au brun. Sa poussière est d'un noir brunâtre.

La densité de la pyrite est comprise entre 4,6 et 5, et cette variation est due à la présence en quantité variable d'éléments accidentels.

La pyrite non décomposée n'agit pas sur l'aiguille aimantée ordinaire. Elle influence très-légèrement cependant l'aiguille astatique, c'est-à-dire soustraite à l'action magnétique de la terre.

Une fois qu'elle a été exposée à la flamme du chalumeau, de façon à dégager des vapeurs sulfureuses, la pyrite devient attirable à l'aimant.

Le bisulfure de fer comprend à notre point de vue deux types

bien distincts, et qui correspondent à peu près à deux espèces minéralogiques différentes, suivant qu'il est *compacte* ou *rayonné*. Dans le premier cas, c'est, comme on sait, la pyrite proprement dite des minéralogistes, et dans le second, c'est la pyrite blanche.

Parmi les variétés du premier type, nous citerons la pyrite *aurifère*.

Voici deux analyses de pyrites qui montrent bien les différences qui existent fréquemment entre des variétés répondant à nos deux types. Le n° 1 est la pyrite la plus commune analysée par Berzelius ; le n° 2 est la pyrite blanche analysée par Stromeyer.

| | (1) | (2) |
|-----------------------------|-------|-------|
| Fer. | 45.7 | 20.5 |
| Soufre | 54.3 | 24.5 |
| Argile | » | 15.0 |
| Phosphate de chaux. | » | 55.0 |
| Carbonate de chaux. | » | 7.0 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.0 | 100.0 |

Gisement et mode de formation. — La pyrite proprement dite est une des substances les plus répandues à la surface du globe. On la trouve dans les filons et au milieu des roches de toutes les formations, et cette dissémination dérive, sans doute, de son mode de formation. On pense qu'elle est due à des sources minérales, contenant à la fois de l'acide sulfhydrique et des sels de fer. Il existe encore de pareilles sources, comme celles de Chaudes-Aigues dans le Cantal, celles de Bourbon-Lancy dans le département de Saône-et-Loire, et celles de Hammam-Maskoutine en Algérie, qui déposent journellement de la pyrite.

La pyrite blanche est moins répandue que la précédente. Elle n'est cependant pas rare dans les filons métalliques, et se rencontre à un état de dissémination plus ou moins grande dans une foule de terrains. C'est ainsi qu'elle existe dans les ampélites où, par sa décomposition, elle donne lieu à la formation du sulfate d'alumine ; et dans les combustibles charbonneux, tels que la houille, le lignite et la tourbe, et c'est à sa présence qu'on attribue l'inflammation spontanée de certaines houillères. On trouve aussi la pyrite blanche, sous la forme de boules ou de rognons, dans les argiles, les marnes et la craie blanche.

Applications. — Les usages de la pyrite jaune sont très-peu importants. Anciennement, on l'employait en nature pour en faire des boutons et d'autres objets de peu de valeur. Dans les premiers temps de l'invention des armes à feu, on s'en est servi, à cause de sa grande dureté, au lieu de pierre à fusil, qu'on lui a substituée plus tard.

Au contraire, la pyrite blanche présente de l'intérêt au point de vue des applications. La facilité avec laquelle elle se convertit en sulfate de fer quand elle est exposée à l'air humide, en fait l'objet d'une grande opération à laquelle on donne le nom de *vitriolisation*. Elle consiste à réunir en tas les pyrites concassées, et à les laisser s'effleurir spontanément. Il suffit ensuite de les lessiver à l'eau chaude pour dissoudre le sulfate de fer, et d'ajouter un sel de potasse s'il s'agit de former de l'alun. Dans certaines localités, on soumet la pyrite à une espèce de distillation qui en extrait environ le tiers du soufre qu'elle renferme.

2° SOUS-GROUPE : *Pyrite magnétique.*

Caractères généraux. — Le sulfure de fer de notre deuxième sous-groupe est ordinairement décrit sous le nom de *pyrrhothine* ou de *pyrite magnétique*. Nous ne nous occuperons que du type renfermant les variétés *compactes*. C'est une matière d'un éclat métallique peu prononcé, d'un brun de tombac ou d'un jaune de bronze mêlé de rougeâtre. Elle est magnétique.

Voici la composition d'une variété très-pure de pyrite magnétique recueillie à Bodenmai, en Bavière, et analysée par M. Henri Rose.

| | |
|------------------|--------|
| Fer. | 60.52 |
| Soufre. | 58.78 |
| Silice | 0.82 |
| | 100.12 |

Gisement. — La pyrrhothine est moins abondante que la pyrite. Elle forme de petits amas, tantôt dans les filons et tantôt dans les

couches des terrains de cristallisation massifs et schisteux. Disons en passant que cette matière a été signalée dans diverses météorites.

9° GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfure de cuivre et de fer.*

CHALKOPYRITE.

(De χαλκός, airain, cuivre, et de pyrite.)

Syn. *Cuivre pyriteux* (Haüy).

Pyrite cuivreuse.

Mine de cuivre jaune.

Kupferkiess (Werner).

Caractères généraux. — Nous n'avons à considérer que la chalkopyrite *compacte* des minéralogistes.

C'est une matière d'un jaune de laiton dont la poussière est noire. Elle est cassante, et cette cassure est inégale et imparfaitement conchoïdale. Sa densité varie de 4,1 à 4,5.

Au chalumeau, la chalkopyrite est fusible en un globule attirable à l'aimant, et qui, traité ensuite avec la soude, donne un bouton de cuivre.

Cette roche est soluble dans l'acide azotique. La solution devient bleue par l'ammoniaque en même temps qu'elle donne un abondant précipité d'oxyde de fer.

Voici la composition de quelques chalkopyrites :

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|------------------|--------|--------|-------|--------|
| Soufre | 55.87 | 50.80 | 56.16 | 56.33 |
| Cuivre | 54.40 | 54.00 | 52.79 | 52.20 |
| Fer | 50.47 | 52.00 | 29.75 | 50.03 |
| Silice | 0.27 | 2.00 | 0.86 | 2.23 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 101.01 | 108.80 | 99.56 | 101.79 |

Souvent, outre le fer et le cuivre, la chalkopyrite renferme d'autres métaux parmi lesquels l'antimoine est le plus abondant.

(1) C. du Ramberg, par H. Rose. — (2) C. de Saint-Sauveur (Lozère), par Berthier. — C. de monte Catini (Toscane), par Bechi. — (4) C. de Finlande, par Hartwall.

C'est ce qui a lieu dans les variétés suivantes, dont il nous paraît fort instructif de donner ici l'analyse :

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Soufre | 26.53 | 26.00 | 25.50 | 26.85 |
| Antimoine. | 16.52 | 19.50 | 25.00 | 12.16 |
| Arsenic. | 7.21 | » | 1.50 | 10.19 |
| Cuivre | 58.63 | 59.80 | 54.50 | 40.60 |
| Fer | 4.89 | 7.50 | 1.70 | 4.66 |
| Zinc | 2.76 | » | 6.50 | 5.70 |
| Argent. | 2.57 | 6.25 | 0.70 | 0.60 |
| | <u>98.71</u> | <u>99.05</u> | <u>94.80</u> | <u>98.74</u> |

Gisement. — Elle forme des amas ou des filons dans les terrains schisteux cristallins, et on la rencontre aussi en veines et en rognons dans les terrains de sédiment qui ont été traversés par des sources thermales et par des roches éruptives, le plus souvent de nature serpentineuse.

Applications. — La pyrite cuivreuse est un des minerais les moins riches du cuivre, mais elle en est un des plus abondants et des plus habituellement exploités.

TROISIÈME SÉRIE : **Oxydes.**

10^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde anhydre de fer.*

Il y a lieu de diviser en deux sous-groupes les roches résultant de la combinaison exclusive du fer avec l'oxygène. Les unes, en effet, sont représentées par la formule Fe^2O^3 ; les autres consistant en sesquioxyde ont pour symbole Fe^3O^5 . On désigne les premières sous le nom de *magnétite*, et les secondes sous celui d'*oligiste*.

(1) C. de Gersdorf, par Rose. — (2) C. de Poratsch (Hongrie), par Klaproth. — (3) C. de Corbières, par Berthier. — (4) C. de Markichen, par Rose.

1^{er} SOUS-GROUPE : *Magnétite*.

(A cause de ses propriétés magnétiques.)

Syn. *Fer oxydulé*.*Aimant, pierre d'aimant.**Mine d'acier.**Fer titané**Fer chromé* } pour certaines variétés.*Magneteisen, des Allemands.*

Caractères généraux. — L'oxyde salin qui porte en lithologie, comme en minéralogie, le nom de magnétite, est une matière d'aspect ordinairement métallique et quelquefois terreux. Sa couleur est le noir brillant en masse, le noir de fer ou le gris d'acier ; dans tous les cas elle est d'un noir pur ou de charbon, lorsqu'on la réduit en poussière. Cette roche est fortement magnétique et quelquefois polaire.

Voici, d'après Berthier, la composition de quelques variétés de provenances très-diverses :

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Protoxyde de fer | 51 | 28 | 18.6 | 17.9 | 26.2 | 22.5 |
| Peroxyde de fer | 29 | 72 | 80.8 | 81.8 | 58.5 | 49.7 |
| Gangue. | » | » | 0.6 | 0.5 | 15.5 | 28.0 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 100 | 100 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Nous distinguons trois types principaux de magnétite suivant qu'elle est *granulaire, compacte* ou *terreuse*. Parmi les variétés il faut signaler tout spécialement dans ces divers types des magnétites *titanifères* désignées souvent sous le nom de fer titané et des magnétites *chromifères* appelées fer chromé.

La composition du fer titané ressortira des deux analyses suivantes exécutées par Mosander, la première (1) sur un échantillon

(1) M. de Suède. — (2) M. de Villa Rica (Brésil). — (3) M. de la Plata (Colombie). — (4) M. de Clactonville (États-Unis). — (5) M. de Villefranche (Aveyron). — (6) M du Vigan (Hérault).

provenant d'Arendal, et la deuxième (2) sur un échantillon provenant d'Egersund :

| | (1) | (2) |
|----------------------------|--------|-------|
| Acide titanique. | 25.59 | 39.04 |
| Peroxyde de fer. | 58.51 | 29.16 |
| Protoxyde de fer. | 19.91 | 27.23 |
| • — de manganèse | » | 0.21 |
| Magnésie | 0.68 | 2.30 |
| Silice. | 1.17 | 0.81 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 103.86 | 98.75 |

L'analyse des fers chromés donne des résultats du même genre ; seulement, d'ordinaire, tout le peroxyde de fer de la magnétite est remplacé par de l'oxyde de chrome. On en jugera par les chiffres suivants qui se rapportent (1) à la chromite de Baltimore (États-Unis), d'après Abich ; (2) à la chromite de Chester (Pensylvanie), d'après Seybert et (3) à celle de Roraas en Norwège, d'après Laugier.

| | (1) | (2) | (3) |
|----------------------------|--------|--------|-------|
| Oxyde de chrome. | 60.04 | 53.10 | 56.82 |
| Alumine. | 11.85 | 10.01 | 9.48 |
| Protoxyde de fer | 20.13 | 56.19 | 26.96 |
| Magnésie. | 7.45 | » | 5.65 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 109.47 | 109.50 | 98.89 |

Le fer titané est en général plus dur que le fer oxydulé ordinaire et offre une cassure plus vitreuse.

Les variétés chromifères (fer chromé) sont en général fort peu magnétiques et quelquefois même pas du tout. Les unes se rapportent au type compacte de la magnétite, les autres au type grenu.

Gisement. — La magnétite appartient principalement aux roches d'origine ignée ou métamorphique. Elle forme des amas éruptifs d'une grande puissance au milieu des gneiss et des micaschistes, et surtout des roches amphiboliques, chloriteuses et serpentineuses qui les accompagnent ; ces amas constituant quelquefois de véritables montagnes de fer magnétique, telles qu'au Taberz, en Suède, à Blagodat et à Kaschkana dans l'Oural.

Le fer titané est disséminé dans beaucoup de roches volcaniques et se présente sous la forme arénacée dans une foule de localités, et parfois en grande abondance. Le sable dont il s'agit est par

exemple commun dans le département de la Haute-Loire, aux environs du Puy-en-Velay.

Le fer chromé présente les mêmes gisements que la magnétite pure.

Applications. — La magnétite est un minerai de fer très-important, surtout dans les régions où il abonde, comme celles du nord de l'ancien continent et quelques parties de l'Europe méridionale. Son traitement est fort simple et le fer produit est excellent. C'est avec ce minerai, provenant des mines de Suède et de Norwége, que les Anglais fabriquent leur acier si renommé. Les variétés chromifères sont exploitées comme minerais de chrome et servent directement à la fabrication du chromate de potasse, dont la teinture fait une si grande consommation.

2° SOUS-GROUPE : *Oligiste.*

(Du grec, *ὀλίγος*, peu, parce qu'il renferme moins de fer que la magnétite.)

Syn. *Hématite rouge*

Fer peroxydé.

Fer oligiste (Haüy).

Fer écailleux.

Oligiste spéculaire.

Fer éclatant.

Fer micacé.

Fer argileux.

Ocre rouge.

Sanguine.

Eisenglanz

Eisenglimmer } des Allemands.

Rotheisenstein }

Caractères généraux. — Dans le deuxième sous-groupe se placent, comme on l'a vu, les roches formées de sesquioxyde de fer; on les désigne surtout sous les noms d'oligiste et d'hématite. Ce sont des roches tantôt métalloïdes et brillantes, tantôt lithoïdes et ternes. La poussière est toujours rouge.

Cinq types principaux doivent être distingués; ils correspondent aux structures cristalline, fibreuse, compacte, terreuse et oolithi-

que. Il convient de donner la composition d'échantillons choisis dans chacun de ces types.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-----------------------------|-------|---------|---------|-------|-------|
| Peroxyde de fer. | 94.50 | 90 | 94 | 99.0 | 75.8 |
| Oxyde de manganèse. | » | Traces. | Traces. | 0.4 | 5.4 |
| Silice. | 4.25 | 2 | 2 | » | 12.8 |
| Alumine. | 1.25 | » | » | » | 2.4 |
| Argile. | » | » | » | 0.4 | » |
| Carbonate de chaux. | » | 1 | Traces. | » | 6.0 |
| Eau. | » | 5 | 2 | » | » |
| Perte | » | 4 | 2 | » | » |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 100.0 | 100 | 100 | 99.8 | 98.4 |

Parmi les variétés, il faut distinguer celles qui sont caractérisées par la présence du *quartz*, du *calcaire*, du *fer oxydulé*, du *mica*, de l'*argile*, etc.

Gisement et mode de formation. — Les types cristallin et compacte sont généralement des matières filoniennes. Ainsi, dans la chaîne des Vosges, on les observe en filons dans les terrains paléozoïques et dans le granite. Le gîte le plus célèbre est celui de Rio, dans l'île d'Elbe, où il constitue un amas énorme, une véritable montagne, logée dans les formations triasique et jurassique. Dans les Pyrénées et dans l'Isère, il est concomitant des minerais de fer carbonaté. Le grès bigarré de Lunel (Aveyron) est cimenté par de l'oligiste.

Les types terreux et lithoïde se trouvent aussi en abondance dans les filons, par exemple à l'île d'Elbe, mais on les rencontre aussi en couches dans les terrains stratifiés. Ainsi, à la Voulte, dans l'Ardèche, on exploite une mine de fer en roche presque complètement composée d'hématite et qui forme un banc de plus de 2 mètres de puissance à la partie inférieure de l'étage oxfordien. Des minerais identiques se montrent dans le lias moyen (Veuzac), dans le lias supérieur (Villebois), à la base de l'oolithe inférieure (Ougney). Les terrains néocomiens dans les environs des Baux ren-

(1) Fer rouge écailleux, par Henry. — (2-3) Hématite rouge, par Daubuisson. — (4) Minerai de la Moselle, par Berthier. — (5) Minerai de la Roche-Bernard (Loire-Inférieure), par Berthier.

ferment des dépôts assez étendus de minerai de fer peroxydé. Enfin, l'hématite doit être citée comme principe colorant de la plupart des grès désignés sous les noms de grès rouges, ainsi que des argiles de même nuance.

Le mode de formation du fer oligiste paraît différer suivant les gisements. Dans les roches volcaniques, et peut-être dans tous les terrains cristallins, il paraît dériver de la réaction du chlorure de fer gazéifié par la chaleur sur la vapeur d'eau : du moins une célèbre expérience de Gay-Lussac confirme-t-elle cette hypothèse. Dans les terrains stratifiés il a toutes les allures d'une substance déposée par les eaux thermales, dont la haute température a déterminé son état anhydre.

Applications. — L'oligiste est un des minerais de fer les plus riches et les plus importants à cause de la bonne qualité du métal qu'il fournit : son exploitation remonte à une époque très-reculée, ainsi qu'on le verra par les détails que nous avons insérés plus bas, à propos de la limonite. Disons seulement ici que la date des premières exploitations de minerai de fer sur le sol de la France se perd dans la nuit des temps, et ne nous est affirmée (mais d'une manière irréfutable) que par les immenses amas de laitiers, ou *ferriers*, comme on dit, qui existent de toutes parts. L'hématite donne aussi d'excellente fonte et l'on en fait encore la pierre à brunir avec laquelle se polissent les métaux. L'ocre rouge est un fer oxydé terreux souvent mêlé d'argile, qui fournit aux dessinateurs la sanguine qu'ils emploient comme crayon rouge.

11^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde hydraté de fer.*

LIMONITE (Beudant).

(De *limus*, marais ; à raison de sa formation dans les marais.)

Syn. *Hématite brune.*

Fer hydraté, fer hydroxydé (Brongniart).

Fer oxydé brun.

Fer limoneux.

Mine en grain.

Fer oolithique.

Œtite.

Ocre jaune.

Bol.

Minerai des marais.

Fer des lacs.

Morasterz } des Allemands.
Quellerz }

Bog-ore, des Anglais.

Caractères généraux. — La limonite est une roche jaune, brune ou noire à rayure jaune ; elle constitue la plupart des minerais de fer des terrains de sédiment.

A notre point de vue, elle forme trois types principaux suivant qu'elle est compacte, globaire ou terreuse. Les variétés les plus importantes sont caractérisées par la présence de l'*argile* et du *quartz*.

Voici la composition moyenne des variétés compactes auxquelles convient surtout le nom d'hématite brune ; ces chiffres sont empruntés à Kobell :

| | |
|--------------------------|--------|
| Peroxyde de fer. | 83.58 |
| Eau. | 15.01 |
| Silice. | 1.61 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Thomson a donné la composition suivante pour le minerai des prairies :

| | |
|------------------------------|-------|
| Peroxyde de fer. | 61 |
| Oxyde de manganèse | 7 |
| Eau | 19 |
| Silice. | 6 |
| Alumine | 2 |
| Perte. | 5 |
| | <hr/> |
| | 100 |

Le type globaire connu sous le nom de mine en grain est plus abondant. Berthier en a analysé un grand nombre de variétés, et nous lui empruntons les chiffres suivants :

| | (1) | (1) | (5) | (4) |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Peroxyde de fer. | 65.5 | 70.0 | 65.5 | 65.7 |
| Protoxyde de fer. | 15.5 | 15.7 | » | » |
| Oxyde de manganèse. | » | » | 2.7 | 0.7 |
| Eau | 6.4 | 1.6 | 16.4 | 14.0 |
| Acide phosphorique. | » | » | 0.8 | 5.0 |
| Silice | 2.0 | 4.6 | 11.6 | 6.4 |
| Alumine | 7.0 | 5.0 | 5.6 | 5.1 |
| Argile | 2.0 | 2.4 | » | » |
| Carbonate de chaux. | » | » | » | 7.0 |
| | <u>100.0</u> | <u>99.5</u> | <u>98.6</u> | <u>97.9</u> |

Beudant a analysé une variété de limonite terreuse qui lui a donné :

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Peroxyde de fer. | 79.5 |
| Oxyde de manganèse. | 4.0 |
| Eau | 13.7 |
| Gangue. | 2.6 |
| | <u>99.6</u> |

Gisement et mode de formation. — La limonite appartient à des gisements fort différents qui ont été pour M. Dufrénoy l'objet d'études spéciales.

Les variétés compactes désignées souvent sous le nom d'hématites brunes forment des filons puissants dans les terrains primordiaux, les terrains paléozoïques et les terrains secondaires : ils remontent jusque dans les étages tertiaires.

La limonite globaire, comprenant les roches réniformes, pisolithiques et oolithiques, est abondant dans les terrains secondaires et tertiaires. Les minerais dits *en grains* sont tantôt libres, tantôt disséminés dans l'argile, dont ils se détachent par la simple dessiccation, tantôt reliés par une pâte de calcaire argilo-ferrugineux. Quand les grains sont très-petits, le minerai est dit oolithique : de pareils minerais se trouvent à divers niveaux géologiques, tels que le lias moyen, le lias supérieur, l'oolithe inférieure, la formation néocomienne. Enfin certaines variétés terreuses dites mi-

(1) Limonite de Châtillon (Côte-d'Or). — (2) L. de Nancy, près Saint-Dizier (Haute-Marne). — (3) L. de la Renaudie. — (4) L. de Buisson-Collot, près d'Ancy-le-Franc (Yonne).

nerais *de marais* sont d'origine moderne et appartiennent soit aux terrains tertiaires supérieurs, soit aux terrains d'alluvion.

Dans un mémoire publié en 1845, M. Daubrée analyse et éclaircit les réactions superficielles qui provoquent journellement la dissolution de l'oxyde de fer renfermé dans la terre végétale et dans les matériaux meubles de la surface des continents. Le fer, sous l'influence d'agents réducteurs qui le ramènent préalablement de l'état de peroxyde à celui de protoxyde, est dissout par l'acide carbonique et certains acides organiques qui se forment dans la décomposition des végétaux. Après un suintement plus ou moins prolongé, les filets d'eau dans lesquels le fer est dissous laissent ce métal se précipiter par suite de son retour à l'état de peroxyde. C'est ainsi que se produisent les nombreuses sécrétions ferrugineuses que nous trouvons partout, jusque dans les alluvions contemporaines. Il faut remarquer aussi que par ces alternatives de réduction et d'oxydation, et par la formation de l'acide carbonique et de l'ammoniaque qui en sont la conséquence, le fer disséminé dans les roches paraît jouer un rôle dans la nutrition des plantes.

Applications. — Les usages de la limonite, à part son emploi comme minerai de fer, sont peu nombreux. Mais, à ce point de vue, c'est une matière de première importance qui fournit à peu près tout le fer fabriqué dans notre pays. Ce n'est pas d'aujourd'hui seulement que date cet état de chose : on s'en convaincra en lisant l'histoire suivant, que nous empruntons tout entier au rapport consacré par M. Daubrée aux *Substances minérales* qui figuraient à Paris à l'Exposition de 1867 :

« Longtemps avant le commencement de l'ère chrétienne, la fabrication du fer, dans la Gaule, avait acquis une grande importance et même, à ce qu'on croit, un haut degré de perfection. On sait en effet, par le témoignage de César, que les *Magnæ ferrariæ* de la Gaule fournissaient du fer en assez grande quantité pour que les Venètes, habitant les côtes de l'Océan, pussent en forger les chaînes des ancres de leurs vaisseaux, qui résistaient victorieusement aux tempêtes, tandis que les câbles de chanvre qui servaient à retenir les vaisseaux romains se brisaient fréquemment pendant les tourmentes. On peut, il est vrai, objecter que

les relations commerciales pouvaient apporter au port de Vannes les chevilles et les chaînes de fer dont parle César ; mais les faits qu'il cite pour Bourges sont plus concluants : au siège d'Avaricum (Bourges), les Romains élevaient des terrassements pour attaquer la ville ; mais les assiégés minaient ces ouvrages en arrivant par des galeries souterraines, qu'ils établissaient d'autant plus facilement qu'ils avaient l'habitude de ce genre de travail par l'exploitation des mines de fer. Ce témoignage montre que, dès cette époque, non-seulement les mines de fer étaient exploitées, mais qu'elles l'étaient par travaux souterrains. Parmi les monceaux considérables de scories que l'on trouve dans une foule de régions de la France, il en est qui remontent non-seulement au moyen âge, mais à l'époque romaine, et peut-être bien au delà. On a en effet trouvé dans ces *ferriers* des monnaies et des tuiles à rebord dont la date n'est pas douteuse, et qu'on doit rapporter aux Romains. Ailleurs, M. Bouillet, de Clermont, a signalé des bracelets et des médailles de l'époque romaine dans des ferriers maintenant recouverts de végétation. Enfin, quelquefois l'âge reculé des scories est également prouvé par ce fait que les voies romaines en étaient empierrées : par exemple, dans le département de la Mayenne, entre Ballé et Épineux, et ailleurs, d'après M. de Caumont. Il existe de nombreuses traces de l'industrie du fer dans la partie du Senonais désignée sous le nom de forêt d'Othe et dans celle du Gâtinais qui avoisine la Puysaye. Ces pays compris dans les départements actuels de l'Yonne et de l'Aube sont constitués par la craie que recouvre un dépôt superficiel tertiaire. Ces *ferriers*, en forme de cône atteignant parfois 10 à 12 mètres de hauteur, se trouvent dans des conditions bien distinctes : d'abord, dans les forêts des hauts plateaux, où leur richesse en fer est considérable et, en outre, dans les vallées au voisinage des cours d'eau où ils sont plus pauvres et se rapprochent davantage des laitiers proprement dits. Les premiers correspondent peut-être à une industrie dans l'enfance, tandis que les autres sont le résultat d'opérations perfectionnées. A l'aspect de ces quantités si considérables de scories, on se demande quelle longue suite d'années il a fallu pour les produire, à des hommes qui n'avaient d'autre force que celle de leurs bras, qui ne forgeaient le fer que pour en

fabriquer des épées, des haches d'arme et quelquefois des chaînes de navire. Outre les ferriers de l'Yonne et de l'Aube, nous citerons ici ceux de la Côte-d'Or, aux environs de Thoste et de Beauregard, qui sont encore exploités aujourd'hui ; ceux de l'Aveyron, aux environs de Kaimas près de Lunel ; ceux d'Indre-et-Loire où, sur plusieurs points, il existe de ces scories anciennes en quantités vraiment surprenantes ; ceux de la Vienne, particulièrement aux environs de Charroux ; ceux de la Nièvre, près de Clamecy ; ceux de la Sarthe, aux environs du Mans, où on a découvert des médailles romaines, notamment à Alloue ; ceux de la Seine-Inférieure, près de Forges ; ceux de l'Eure, près de Bernay, où ces débris ont été examinés par M. Le Prevost ; ceux de l'Orne, aux environs de l'Aigle et de Rugles ; ceux de la Mayenne, où ces scories ont servi à l'empierrement des voies romaines sur différents points ; ceux de la Haute-Marne, à Rouchaires, où des médailles du Haut Empire ont été trouvées dans le fond d'un puits traversant les mines ainsi que dans la Meuse, à Treveray. Il existe, dans beaucoup d'autres localités de la France, des accumulations de scories qui remontent à une époque très-ancienne, et peut-être aussi jusqu'à l'époque romaine ; nous citerons par exemple : la Meurthe ; l'Isère ; le Gard, à Palmesalade ; les Pyrénées-Orientales, au Canigou ; l'Arriège, à Vic-Dessos ; enfin la Dordogne. Ces derniers, qui proviennent de forges à bras, ont été attribués par M. Félix de Verneille à l'époque gauloise. D'après M. Charles de Moulins, le Périgord est véritablement semé de débris de scories. Il en a trouvé au moins une vingtaine de dépôts aux environs de Lanquais, sur le terrain tertiaire. Le silicate de fer qui forme les scories renferme 60 pour 100 de métal. L'un de ces dépôts, remarquable par son volume, est situé au sommet du coteau de Saint-Fond de Coulvey, et occupe au moins 400 mètres carrés ; l'antiquité de ce massif est présumée d'après la transformation de sa partie superficielle en terre végétale. A Exideuil, suivant M. Guillebot de Nerville, on trouve sept ou huit monceaux principaux de scories ou *crassiers* provenant d'anciennes forges à bras. A Hautefort, il y en a cinq ou six au moins. Des tas semblables se rencontrent dans le voisinage des minerais de Bergerac. Enfin, il en existe auprès de la limite de la Haute-Vienne, sur la commune de Saint-Martin de Fres-

sengeac, qui proviennent probablement des minerais du Nantonnais. On peut mentionner aussi les accumulations de scories qui se rencontrent, en une multitude de points, dans cette province de la Belgique nommée Entre-Sambre-et-Meuse ; en quelques localités, elles forment une couche nivelée qui n'a pas moins de 1^m,50 d'épaisseur. »

12^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde anhydre de manganèse.*

PYROLUSITE.

(De πῦρ, feu, et λύο, décomposer ; parce que ce minéral est décomposé par la simple action de la chaleur.)

Syn. *Peroxyde de manganèse.*
Manganèse oxyde noir (Haüy).
Oxyde de manganèse stratiforme.
Manganèse oxyde métalloïde.
Psilomélane (en partie).
Graumanganerz des Allemands.

Caractères généraux. — La pyrolusite est une roche tantôt compacte tantôt terreuse, c'est-à-dire qui peut appartenir à deux types différents. C'est une matière à éclat métalloïde d'un gris d'acier ou d'un noir de fer. La poussière est noire. On aura une juste idée de la composition normale de cette roche, par l'analyse suivante empruntée à Scheffer et relative à la pyrolusite d'Ilmenau :

| | |
|-----------------------------|--------|
| Oxyde de manganèse. | 98.65 |
| Oxyde brun de fer. | 1.50 |
| Chaux. | 0.50 |
| Baryte. | 1.20 |
| Silice. | 0.80 |
| Matière organique. | 5.80 |
| Alumine. | 0.50 |
| | <hr/> |
| | 108.55 |

Parmi les variétés, il faut surtout mentionner celle qui est caractérisée par la présence de la *baryte* et qu'on désigne sous le nom de *psilomélane*.

Il est utile d'en donner la composition. Nous choisirons l'analyse suivante, exécutée par Rammelsberg sur un échantillon provenant de Heidelberg :

| | |
|--------------------------------|--------|
| Silice. | 0.90 |
| Potasse | 2.62 |
| Baryte. | 8.08 |
| Chaux. | 0.60 |
| Magnésie. | 0.21 |
| Oxyde de cobalt. | 0.54 |
| Oxyde de cuivre. | 0.50 |
| Protoxyde de manganèse | 70.17 |
| Oxygène. | 15.16 |
| Eau et perte | 1.45 |
| | 100.01 |

Gisement et mode de formation. — On trouve la pyrolusite dans les terrains de sédiment qui avoisinent les roches cristallines et particulièrement dans ceux qui ont été modifiés par ce contact comme les terrains d'arkose. Elle forme dans ces terrains des amas irréguliers, quelquefois considérables, dirigés tantôt dans le sens de la stratification, tantôt transversalement. Souvent le minerai imprègne tout le terrain, comme ferait une matière colorante que les eaux auraient dissoute et qui s'y serait infiltrée postérieurement. Les diverses circonstances qui accompagnent ces dépôts manganésiens ne permettent pas de douter que leur formation ne soit due à des sources minérales.

Applications. — On emploie la pyrolusite à divers usages. D'abord elle sert à la fabrication du chlore au moyen de l'acide chlorhydrique ; en second lieu, on en retire de l'oxygène en la soumettant à l'action de la chaleur ; enfin elle sert pour décolorer le verre dans les verreries, usage qui lui vaut le nom technique de *savon des verriers*.

15° GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde hydraté de manganèse.*

ACERDÈSE (Beudant).

(De ἀκερδής, sans valeur.)

Syn. *Manganèse oxydé hydraté.*

Manganèse oxydé terreux.

Manganèse argentin.

Manganite.

Newkirkite.

Warwikite.

Caractères généraux. — C'est une substance dont l'éclat est imparfaitement métallique. Elle est d'un brun foncé passant au gris ou au noir de fer, quelquefois très-brillant. Sa poussière est brune, ce qui permet toujours de la distinguer de la pyrolusite.

Elle appartient à deux types principaux, suivant qu'elle est *compacte* ou *terreuse*.

Voici l'analyse d'une variété d'acerdèse :

| | |
|--------------------|--------|
| Manganèse. | 63.00 |
| Oxygène. | 31.60 |
| Eau. | 5.40 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Thomson donne les chiffres suivants pour une acerdèse d'Alsace :

| | |
|-------------------------------|--------|
| Bioxyde de manganèse. | 56.50 |
| Peroxyde de fer. | 40.55 |
| Eau. | 6.70 |
| | <hr/> |
| | 103.55 |

Gisement et mode de formation. — L'acerdèse accompagne souvent la pyrolusite et forme des gîtes assez considérables dans les terrains de cristallisation ou dans les terrains de sédiment qui en sont voisins. Elle se trouve souvent en association avec les dépôts d'hématite. On la rencontre jusque dans les terrains des environs de Paris, disséminée dans les gypses, les calcaires et les grès.

Certains minerais de manganèse, comme celui de Saint-Marcel en Piémont, sont, d'après Ebelmen, le résultat de la décomposition lente du bisilicate, qui est un produit d'origine ignée.

D'autres minerais, comme celui de Vielle dans les Pyrénées, ont été, suivant M. Grüner, déposés par des eaux minérales chargées de bicarbonate et s'échappent par les fissures que l'on observe, garnies de cristaux, au fond des poches. On connaît dans le sud de l'Afrique une source thermale qui dépose journellement beaucoup d'oxyde hydraté de manganèse, et très-probablement le manganèse est, lui aussi, en dissolution dans les eaux à l'état de bicarbonate de protoxyde.

Application. — On emploie l'acérdèse aux mêmes usages que la pyrolusite, sauf la fabrication de l'oxygène, à laquelle elle est impropre.

14^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde anhydre de silicium.*

QUARTZ.

(Mot allemand devenu français.)

Syn. *Cristal de roche.*
Cailloux du Rhin.
Quartz de filon.
Silex.
Pierre à fusil.
Pyromaque.
Meulière.
Pierre à meule.
Silex molaire.
Silex carié.
Quartz nectique.
Quartzite.
Quartz grenu.
Quartz en roche.
Itacolumite.
Grès quartzeux.
Grès lustré.

Poudingue quartzeux.

Brèche quartzeuse.

Sable quartzeux.

Quartzfels

Feuerstein } des Allemands.

Sandstein }

Quartz rock

Flint } des Anglais.

Sandstone }

Caractères généraux. — Les roches de quartz forment des terrains entiers et jouent, par conséquent, dans la nature un rôle très-considérable. Elles sont désignées, suivant les cas, sous les noms principaux de quartz en roche, silex, meulière, grès, quartzite ou sable quartzeux.

Il convient d'indiquer la composition de quelques-unes d'entre elles.

Voici d'abord les nombres obtenus par Buchlolz dans l'analyse d'un quartz en roche :

| | |
|------------------|--------|
| Silice. | 97.75 |
| Alumine. | 0.50 |
| Eau. | 1.00 |
| Perte. | 0.75 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Le même chimiste a trouvé pour la composition de silex ferrugineux :

| | |
|-----------------------|--------|
| Silice. | 93.50 |
| Oxyde de fer. | 5.00 |
| Eau. | 1.00 |
| Perte. | 0.25 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

La pierre meulière donne à l'analyse :

| | |
|---------------------------------|-------|
| Silice. | 96.0 |
| Alumine | 2.0 |
| Perte par calcination | 2.0 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

Un grès aluminifère du Hartz, analysé par Vestrumb, contenait .

| | |
|-----------------------------|-------|
| Silice | 68 |
| Oxyde de fer. | 4 |
| Chaux et magnésie | 2 |
| Alumine | 25 |
| | <hr/> |
| | 99 |

Enfin, un sable quartzeux, tel qu'on en emploie pour la fabrication des moules dans les fonderies, renfermait, d'après M. Kaupmann :

| | |
|-----------------------|---------|
| Silice. | 92.085 |
| Oxyde de fer. | 2.498 |
| Alumine | 5.415 |
| Chaux | Traces. |
| | <hr/> |
| | 99.996 |

Les roches de notre quatorzième groupe se rapportent pour nous à cinq types principaux, suivant qu'elles ont une structure compacte, bréchiforme, agrégée-granulaire ou agrégée-schistoïde.

Certains quartz sont oolithiques, mais on hésite, vu leur peu d'importance géologique, à les admettre au rang des roches. Toutefois, il est intéressant de les citer à cause de la manière dont on conçoit qu'ils ont pu prendre cette structure particulière. Il paraît évident, en effet, que leur forme globulaire n'est qu'une *épigénie* du calcaire dont ils ont peu à peu pris la place. Quant au mécanisme de cette substitution, on doit sans doute l'expliquer par l'arrivée sur les couches de calcaire d'infiltrations siliceuses, qui ont à la fois précipité la matière quartzeuse et dissous l'élément calcaire.

Les variétés de roches de quartz sont extrêmement nombreuses; les principales sont caractérisées par la présence de l'*or*, du *rutile*, de l'*oxyde d'étain*, de l'*oligiste*, du *mica*, du *talc*, de la *limonite*, de l'*hématite*, de l'*argile*, de la *chlorite*, du *calcaire*, de la *dolomie*, du *phyllade*, du *bitume*, etc.

Gisement et mode de formation. — Le gisement est très-variable et l'origine est aussi très-diverse pour les différents types.

Sous ces deux rapports, il faut distinguer ce qui concerne : 1° le quartz éruptif ; 2° le silex ; 3° le grès ; 4° le quartzite.

Les quartz en roche sont principalement abondants au milieu des roches granitiques ainsi que dans les formations de schistes cristallins, qu'elles traversent dans tous les sens sous forme de filons ; ainsi, aux environs des Campaux, au sud de la ville de Saint-Tropez (Var), on observe l'intercalation du quartz éruptif au milieu des micaschistes. Le quartz constitue aussi une des gangues les plus abondantes des filons métallifères et offre dans cette position ces superbes groupes de cristaux qui font l'ornement des cabinets de minéralogie. On peut citer pareillement comme masses éruptives, les filons énormes de quartz qu'on observe dans les environs de Pereta et de Montirto en Toscane, et qui servent de gangue à du sulfure d'antimoine. Ces masses ont disloqué violemment les couches tertiaires nummulitiques à travers lesquelles elles se sont insinuées et livré passage à des gaz volcaniques, qui ont donné naissance sur plusieurs points à des solfatares. Au nord de la Bresse, dans la vallée de la Moselle, on observe, au milieu du granite, des filons puissants ramifiés de quartz dans lesquels sont empâtés des fragments anguleux de granite arrachés à leur gisement, au moment de la sortie de ces quartz éruptifs.

M. Daubrée a tenté d'éclairer le mode de formation du quartz cristallisé des filons, en en produisant d'identique à celui de la nature. Il a pour cela soumis à la chaleur, dans un tube parfaitement clos, du verre à l'action de l'eau. Selon l'auteur, en opérant ainsi, on trouve au bout de quelques jours d'expérience que le tube renferme : « 1° une masse blanche et tout à fait opaque qui résulte d'une transformation complète du verre ; elle est poreuse, happant à la langue, et aurait l'aspect du kaolin si elle n'avait une structure fibreuse très-prononcée. La substance a perdu une quantité notable de son poids, environ la moitié de sa silice et le tiers de son alcali ; il s'est formé un nouveau silicate qui a fixé de l'eau et qui se rapporte par sa composition à la famille des zéolithes ; 2° du silicate alcalin qui s'est dissous en entraînant de l'alumine, 3° enfin, et c'est là le point capital, d'innombrables cristaux incolores d'une limpidité parfaite, qui offrent la forme bipyramidale du quartz et qui, en effet, ne sont autres que de la silice cristallisée.

Certains cristaux ainsi formés atteignent 2 millimètres en moins d'un mois. Tantôt ils sont isolés dans la pâte opaque, tantôt ils sont implantés sur les parois du tube primitif, où ils forment de véritables géodes, qu'il serait tout à fait impossible, à la dimension près, de distinguer de celles que les roches cristallines présentent si fréquemment. »

L'auteur est arrivé, par la même méthode, à faire du quartz, au moyen du silicate alcalin tenu en dissolution dans l'eau naturelle de Plombières. « Ne pouvant opérer que sur 20 ou 30 centimètres cubes, on a préalablement concentrée cette eau par une évaporation assez rapide, pour que l'acide carbonique de l'air n'en décomposât pas sensiblement le silicate et de manière à le réduire encore au vingtième de son volume primitif. L'eau placée dans un tube de verre scellé fut introduite dans un tube de fer et chauffée au rouge. Après une expérience qui fut arrêté au bout de deux jours seulement, les parois du tube étaient déjà recouvertes d'enduit de silice sous la forme de quartz cristallisé et aussi à l'état de chalcédoine. Comme le verre n'était encore altéré qu'à sa surface, ce dépôt devait provenir, au moins presque en totalité, de la décomposition du silicate alcalin contenu dans l'eau de Plombières. »

Le silex pyromaque se trouve en couches interrompues ou en rognons plus ou moins volumineux dans tous les dépôts sédimentaires ; il est abondant surtout dans les divers étages du terrain jurassique (lias moyen), Alloue (Charente) ; à la base de l'oxfordien, dans le Jura, où il est désigné sous le nom de *chailles* ; dans l'étage du grès vert et de la craie blanche (Champagne, Normandie, environs de Paris), ainsi que dans les terrains tertiaires. Dans ces divers gisements, les silex renferment ou remplacent fréquemment des débris organiques, des coquilles, des madrépores, des bois, etc.

Comme le remarque Alex. Brongniart dans son *Traité élémentaire de Minéralogie*, la formation des silex pyromaque en couches interrompues mais parallèles, a beaucoup occupé les géologues, qui ont fini par admettre qu'ils s'y sont formés par infiltration, en venant remplir des cavités abandonnées par des mollusques ou par des zoophytes. Il est clair que cette silice provient d'un départ

opéré dans le carbonate de chaux, toujours un peu silicifère ; quant à la concentration des molécules siliceuses de façon à former des rognons, on ne peut l'expliquer qu'en admettant qu'elle est le résultat des mouvements intestins que la matière nous présente dans tant de circonstances variées.

M. Séguin aîné a cité deux de ces circonstances que nous croyons devoir rappeler spécialement.

Si l'on délaye de l'argile avec une dissolution de sel, qu'on en fasse un mélange aussi épais que l'on voudra et qu'on l'abandonne à lui-même, au bout d'un certain temps, et lorsque le mélange sera durci, on trouvera dans l'intérieur de la masse des parties de sel cristallisé qui auront déplacé l'argile, tandis que les parties salines auront traversé la masse déjà à l'état solide pour venir se réunir sur certains points et y former des cristaux réguliers.

En second lieu, on sait que lorsqu'on empile des glaces polies et qu'elles restent en contact pendant longtemps, sous un certain degré de pression, elles contractent entre elles une telle adhérence qu'elles finissent, sur certains points, par ne former qu'une seule et même masse. Dans cet état, aucun moyen n'existe plus pour les séparer les unes des autres et on est réduit à les briser en éclats. Évidemment, les molécules de ces glaces se sont déplacées les unes par rapport aux autres, et l'on peut dire que ces glaces se sont mutuellement pénétrées.

Les silex meuliers forment des masses et des amas au milieu des couches argileuses et dans les couches calcaires des terrains tertiaires. Elles sont comme cariées intérieurement, et leurs cavités sont tantôt vides, tantôt remplies d'une argile dure. La cassure varie avec le rapprochement des cellules. Lorsqu'elles sont un peu éloignées et que la meulière présente par conséquent des pleins, la cassure est unie et conchoïdale ; dans le cas le plus ordinaire elle est cornée. Ce dernier cas est surtout fréquent dans les terrains tertiaires. Le bassin de Paris offre des meulières à deux étages distincts : le premier associé au calcaire d'eau douce de la Brie, constitue des couches irrégulières sous forme d'amas au-dessus du terrain gypseux ; le second forme des masses irrégulières qui ont généralement peu de suite et sont associées à une

argile grossière qui compose l'assise supérieure des terrains tertiaires parisiens.

Quant à l'origine et au mode de formation des meulières, ils paraissent éclairés de la manière la plus vive par l'étude de ce qui se passe actuellement encore à l'orifice des geysers de l'Islande, sur lesquels nous aurons à revenir en traitant de l'opale.

En comparant en effet les dépôts siliceux de l'Islande encore en pleine activité, avec ceux de nos meulières qui sont complètement arrêtés, éteints pour nous servir d'une expression consacrée, nous arriverons avec M. le docteur Eugène Robert, en procédant du connu à l'inconnu, à pouvoir dire que les meulières des terrains neptuniens se sont sans doute formées de la même manière que celles des terrains volcaniques. La seule différence tient à la présence de l'eau dans les concrétions de geyserite, et il reste à trouver quelle cause a pu déshydrater la meulière.

Les grès, auxquels doivent être rattachés les poudingues et les sables, sont formés aux dépens de roches quartzzeuses plus anciennes, détruites soit par les révolutions que le globe a éprouvées, soit par les causes qui agissent tous les jours. Cette origine commune explique la ressemblance de toutes les roches arénacées qui nous occupent : on en trouve de presque identiques entre elles dans des terrains d'âges géologiques très-éloignés. D'un autre côté, les grès étant formés de débris de roches très-diverses, on rencontre quelquefois, dans la même formation, des grès dont les caractères extérieurs dus à la présence de minéraux accidentels sont très-variables.

On s'est demandé comment se sont formés les grès et on est généralement d'accord pour y voir purement et simplement des sables agglutinés par un ciment minéral. Ce qui confirme cette manière de voir, c'est que très-souvent les grès sont associés sous forme de rognons à de la silice arénacée.

Par exemple, les grès de Fontainebleau constituent au milieu des sables quartzzeux des nodules de formes variées, séparés d'une manière brusque de la substance incohérente qui les enveloppe. Nous nous sommes proposés par des expériences de préciser les conditions de formation de ces nodules et voici quelques-uns des faits que nous avons constatés.

Lorsqu'on examine avec attention ces nodules, dont le volume atteint parfois des proportions considérables, on reconnaît qu'ils se rapportent à deux grands types, reliés, comme il arrive toujours, par de nombreux intermédiaires.

Les uns offrent une structure feuilletée ou stratiforme très-nette; ce sont les plus fréquents et aussi les plus volumineux. Chaque couche dont ils sont formés se sépare de la voisine avec une facilité souvent très-grande et s'en distingue par un autre degré de cohésion. Quelques-unes de ces couches, quoique offrant à la vue un aspect identique à celui des plus dures, se réduisent néanmoins en sable au moindre contact et font à peine effervescence par les acides; ce dernier fait indique que le ciment calcaire n'y existe qu'en très-faible proportion. Ce sont en quelque sorte des ébauches de couches. Il ne faut qu'une attention superficielle pour observer que ces couches friables existent en général à la périphérie des nodules, et comme on ne peut concevoir qu'elles aient laissé passer à travers leurs pores la matière incrustante sans s'en charger, il faut reconnaître que dans les nodules qui nous occupent les couches intérieures sont plus anciennes que celles qui occupent une position plus superficielle. Il est bon de noter ce fait, qui indique, comme on le verra tout à l'heure, certaines conditions de formation des nodules de grès.

Disons en passant que ces notions ne s'appliquent qu'aux nodules encore en place au milieu du sable, car ceux qui sont restés exposés à l'air pendant un certain temps ont nécessairement, sous l'influence des pluies et des frottements qu'ils ont subis, perdu leurs parties friables.

La forme des nodules dont il s'agit est essentiellement variable. Elle a pour caractère constant d'être arrondie. Souvent elle approche de celle d'ellipsoïdes, groupés en nombre plus ou moins considérable. Sur une cassure suffisamment étendue, par exemple sur toute la section d'une carrière établie dans un nodule, on voit un système de couches sensiblement parallèles correspondre à chacun des ellipsoïdes composants, et en outre, des couches générales plus ou moins étendues par-dessus plusieurs ellipsoïdes à la fois. Un nodule un peu gros se compose donc en général d'une série de nodules d'âges différents.

On observe souvent entre les couches dont nous venons de parler des cavités ou poches remplies de sable non agglutiné. Ces poches, qu'on peut comparer aux couches peu cimentées dont il a été question plus haut, ont ordinairement une forme allongée dans le sens horizontal et une épaisseur assez faible. Leur forme générale est celle d'un polyèdre à faces courbes et à angles vifs dont les arêtes sont représentées par l'intersection des couches voisines.

A côté des nodules feuilletés qui nous ont occupés jusqu'ici, on en trouve d'autres qui en diffèrent beaucoup sous le rapport de la structure. Ceux-ci ont une texture botryoïde des plus nettes. Ils sont formés de sphères plus ou moins parfaites soudées entre elles, de manière à former des chapelets et des grappes quelquefois très-volumineux. Les grains sphériques qui les constituent ne présentent pas, au moins ordinairement, une structure concentrique que l'on puisse distinguer. Leur surface extérieure est recouverte de petits fragments siliceux qui la pralinent et qui sont à peine adhérents. La cohésion de ces boules est très-variable. Elle arrive dans certains cas à être excessivement faible, ce qui indique, comme pour les précédents, une très-faible proportion de ciment calcaire. On remarque souvent que les masses botryoïdes forment la partie inférieure des nodules feuilletés et leur sont intimement unis. Dans ces nouveaux nodules on ne trouve pas de poches de sable incohérent analogues à celles qui ont été précédemment citées. Mais les interstices que laissent entre elles les sphérules de grès sont entièrement remplis de sable dépourvu de ciment, de telle façon qu'à cette seconde sorte de nodule correspond une seconde sorte de poches. Celles-ci n'ont pas de forme générale déterminée.

L'altération des blocs de grès sous l'influence des agents atmosphériques représente une sorte d'anatomie de ces blocs qui permet d'en déterminer la structure. Sous l'action des causes de destruction dont il s'agit, la surface primitivement lisse du grès se creuse de sillons étroits indiquant les lignes de moindre cohésion. On voit ainsi se dessiner des feuilletés nombreux sur des blocs qui paraissent dénués de toute structure stratiforme; et il arrive que les masses d'apparence homogène décèlent avec le temps leur organisation sphéroïdale. Ces masses, en effet, par suite de leur destruction se recouvrent d'un très-grand nombre de petits ma-

melons ellipsoïdaux et de grosseur sensiblement uniforme. Dans quelques cas ces mamelons étant très-serrés, leur contact se fait suivant les faces de polyèdres réguliers et le bloc de grès semble recouvert d'un réseau polygonal fort remarquable.

On arrive facilement après cette rapide étude des nodules du grès de Fontainebleau à se faire une idée de leur mode de formation.

D'abord il suffit de jeter un coup d'œil sur une carrière de grès pour être convaincu que la pierre est postérieure au sable qui l'entoure ; la position des masses pierreuses au milieu même de la matière arénacée et surtout l'existence, dans un certain nombre de nodules, de poches remplies de sable en fournissent la preuve.

En second lieu, il est évident que les nodules de grès sont dus à l'arrivée dans la masse incohérente de filets d'eau chargés de la matière incrustante, c'est-à-dire de carbonate de chaux ; du moins n'imagine-t-on pas facilement un autre mode de formation. On peut même préciser davantage dans beaucoup de cas et affirmer que les eaux incrustantes sont arrivées par la partie supérieure pour s'écouler de haut en bas. En effet, il n'est pas rare que l'observation des nodules conduise à constater que l'infiltration n'a pu avoir lieu dans un autre sens. Voici comment : nous avons dit qu'il arrive souvent que des masses botryoïdes existent à la partie inférieure des nodules feuilletés ; or, on observe que les sphéroïdes qui composent ces masses sont souvent terminés en pointe et quelquefois même se continuent à travers le sable en une sorte de stalactite généralement peu prolongée.

Mais, dans quelles conditions spéciales a eu lieu l'incrustation ? L'observation directe ne suffisant pas pour répondre à cette question, nous avons eu recours à l'expérience. La méthode que nous avons employée a consisté à faire arriver dans du sable quartzeux très-fin des solutions aqueuses, plus ou moins concentrées, de sel convenablement choisi ; nous avons fait principalement usage de chlorure de calcium et de silicate de potasse. On conçoit que nous ayons rejeté le carbonate de chaux, dont la faible solubilité, même dans l'eau chargée d'acide carbonique, rend l'emploi très-peu commode.

Lors donc que l'on fait arriver dans du sable quartzeux la dis-

solution concentrée d'un sel bien choisi et qu'on abandonne le tout à la dessiccation, on obtient en général une masse dure plus ou moins mamelonnée, plongée au milieu d'un excès de sable incohérent. Sous ce rapport, le résultat de l'expérience a quelque analogie avec les productions naturelles, mais cette analogie ne se poursuit dans aucun détail de structure. La masse dure n'est pas nettement séparée du sable environnant ; au contraire, du sable de moins en moins cimenté établit entre les deux termes extrêmes une série de transitions. Si l'on coupe le nodule artificiel, on n'y observe rien qui ressemble à des couches superposées ; il ne renferme jamais de poches pleines de sable ; enfin de quelque manière que l'on s'y prenne, il ne présente jamais de parties vraiment botryoides.

On pouvait espérer un résultat meilleur en faisant arriver sur le sable des solutions salines, non plus froides, comme celles employées précédemment, mais plus ou moins chauffées ; ce qui conduirait à faire intervenir les eaux thermales dans la formation des nodules de grès. Mais, bien que nous ayons varié les conditions de concentration de liqueur, de durée de l'expérience et de proportion relative du liquide et du sable, nous ne sommes jamais arrivés par cette méthode qu'à reproduire les résultats déjà fournis par la première série d'expériences.

Nous avons alors songé à renverser les conditions dans lesquelles nous nous étions placés jusque-là, c'est-à-dire que nous avons fait arriver les solutions salines froides sur le sable préalablement chauffé. Dès lors les résultats ont présenté tous les caractères des grès naturels. Nous citerons quelques-unes de nos expériences. Du sable blanc étant chauffé à 150 ou 200 degrés dans un bain de sable ordinaire, on y projette au moyen d'un tube effilé une petite quantité d'eau pure. Dès que cette eau est versée, on cherche dans la masse arénacée au moyen d'une lame métallique et l'on extrait un nodule tout à fait distinct du sable qui l'entoure, doué d'une certaine cohésion et offrant une surface mamelonnée. Par le fait seul de sa dessiccation, ce nodule retombe en poussière ; aucun ciment n'ayant été introduit dans la masse. L'eau pure ayant été remplacée par une dissolution assez concentrée de chlorure de calcium, le nodule put être complètement desséché sans perdre

sa forme et il fut beaucoup plus commode d'étudier ses caractères.

Il avait une forme légèrement mamelonnée et une dureté tout à fait comparable à celle du grès ordinaire. Sa structure était homogène, comme il était facile de le prévoir puisqu'il avait été formé d'un seul jet. Mais nous ne rencontrâmes aucune difficulté à obtenir des nodules feuilletés. Pour cela nous produisîmes un nodule semblable au précédent, puis, sans le retirer, nous fîmes arriver dans le sable, à l'endroit même où le nodule était enfoui, une nouvelle quantité de liquide incrustant. Celui-ci s'étendit sur le nodule pour former une couche plus ou moins distincte de la masse première suivant que les degrés de concentration des liquides incrustants employés étaient plus ou moins différents. Jamais cette couche n'a enveloppé totalement le nodule primitif; la partie inférieure de celui-ci est restée à la surface. C'est d'ailleurs ce que l'on observe quelquefois dans la nature quand les nodules sont convenablement coupés.

Il est clair qu'en faisant arriver de nouvelles liqueurs on peut faire de nouvelles couches presque indéfiniment.

On est par cette expérience mis sur la voie de l'explication d'un fait signalé tout à l'heure; c'est que souvent les couches supérieures des nodules sont les plus friables. Si en effet on prépare un nodule feuilleté, en ayant soin de prendre pour chaque feuillet une solution saline moins concentrée que pour le feuillet précédent, les couches supérieures arrivent bientôt à n'avoir qu'une très-faible cohésion. Il résulte de cette expérience que le fait observé pourrait s'expliquer par un appauvrissement progressif des eaux incrustantes. Les nodules artificiels ont souvent présenté, comme les masses naturelles, les poches pleines de sable qui ont été précédemment signalées. Des résultats pareils ont été obtenus en remplaçant le chlorure de calcium par le silicate de potasse et l'on aurait évidemment pu faire beaucoup varier la nature de la substance incrustante sans déterminer de changement dans les nodules.

Après avoir ainsi produit de véritable grès à ciment de chlorure de calcium ou de silicate de potasse, nous voulûmes en préparer qui, par le ciment lui-même, reproduisit la roche natu-

relle ; ici de grandes difficultés se présentèrent à cause du peu de solubilité du carbonate de chaux. Il aurait fallu laisser l'expérience en train pendant un temps très-prolongé, et dans ce cas, il est certain qu'on eût obtenu un succès complet ; les résultats atteints en quelques heures en sont la preuve évidente. Mais le peu de ciment ainsi introduit dans la masse lui laissait une friabilité incompatible avec une étude complète.

Nous sommes arrivés par la méthode qui vient d'être exposée à préparer outre les grès feuilletés, des masses présentant une structure parfaitement botryoïde. Pour cela, le tube effilé employé ci-dessus et qui débite d'une manière plus ou moins continue le liquide agglutinatif pendant un temps plus ou moins prolongé, a été remplacé par une pipette qui laisse échapper le liquide en gouttes séparées, dont chacune tombe en un endroit particulier. Chacune de ces gouttes détermine la formation d'une sphère à surface pralinée et si ces sphères sont suffisamment rapprochées, elles se soudent sous des formes de chapelets ou de grappes tout à fait semblables à celles du grès naturel. Entre les sphéroïdes ainsi soudés existe un excès de sable parfaitement incohérent, et dans lequel on ne trouve que des traces de la matière saline employée comme ciment.

Nous croyons qu'il serait difficile d'obtenir une plus complète conformité entre les résultats de l'expérience et les minéraux qu'il s'agissait de reproduire. Un seul pas resterait à faire, qui serait d'obtenir des grès à ciment calcaire. Mais l'expérience, qui réussirait à coup sûr, ne vaut certainement pas la peine d'être teutée après celles dont nous venons de rendre compte. Il est hors de doute qu'on obtiendrait avec la solution aqueuse de carbonate de chaux des nodules qu'il serait impossible de distinguer de ceux qu'on rencontre dans la nature.

Les quartzites ne sont autre chose que des grès métamorphiques composés de quartz grenu, de couleur généralement grisâtre, compactes et à cassure cireuse. Quelquefois l'union des grains de quartz dont ils sont formés est tellement intime, que toute trace d'origine mécanique est effacée ; on supposerait alors que les éléments de la roche ont été tenus primitivement en dissolution dans un liquide ; mais avec quelque attention, il est facile de trouver

des grains de quartz roulés, et de constater les passages des variétés à texture grenue à de véritables grès. Les quartzites abondent dans les terrains paléozoïques, aux environs de Cherbourg, dans le massif des Ardennes, aux États-Unis. Ils sont également très-communs dans les Alpes où ils font partie de la formation anthracifère.

Applications. — Les usages des roches de notre quatorzième groupe sont extrêmement nombreux. On peut ajouter qu'ils sont extrêmement anciens, puisque les armes et les instruments de nos premiers ancêtres en étaient fabriqués. Avant l'application des poudres fulminantes, les silex pyromaques étaient d'un emploi très-important pour la fabrication des pierres à fusil. Les silex roulés que l'on rencontre dans les terrains tertiaires et dans les alluvions sont recherchés à cause de leur dureté pour l'empierrement des routes. Le silex meulier sert à la confection de meules de moulin, le rapport des pleins et des vides est ce qui constitue une bonne pierre meulière. Il est nécessaire que les cavités soient nombreuses, mais peu étendues, pour que le grain puisse subir l'action de la meule. La variété de meulière de Brie, connue spécialement sous le nom de *meulière sans coquille*, forme les meules si estimées de la Ferté-sous-Jouare et de Montmirail, qui s'exportent dans presque toute l'Europe et même aux États-Unis. Les *meulières coquillères* des environs de Paris (Meudon, Montmorency) fournissent des produits exclusivement destinés aux constructions. Les grès sont beaucoup moins employés dans l'architecture que les pierres calcaires. Cependant il en est de plusieurs sortes qui présentent assez de solidité et dont on se sert avec succès dans plusieurs contrées. Strasbourg est construit en grès vosgiens ; les palais les plus remarquables de Florence, ainsi que les dalles dont les rues de cette ville et de Livourne sont pavées, ont emprunté leurs matériaux au grès nummulitique. Le grès de Fontainebleau fournit d'excellents pavés ainsi que le grès de Beauchamp ; beaucoup de meules à moulin le grain sont formées avec les poudingues. Certains grès fins servent à la fabrication de pierres à aiguiser. Les verreries font un très-grand usage de sable blanc comme matière première.

15° GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde hydraté de silicium*.

OPALE.

(De *Opalus*.)

Syn. *Quartz résinite* (Haüy).

Silex résinoïde.

Ménilite.

Geysérite, tuf siliceux.

Tripoli, farine fossile.

Diatomépélite (Naumann).

Schiste tripoléen.

Randanite (Salvetat).

Gaise.

Silex terreux.

Kieselghur

Kieselmehl,

Bergmehl

Trippel

Polirschiefer } des Allemands.

Caractères généraux. — Nous distinguons quatre types parmi les roches formées de silice hydratée. Les unes, en effet, sont compactes (opale commune), tandis que les autres sont tufacées (geysérite), les autres sont zoogènes (tripoli), les dernières terreuses (gaise).

Klaproth a donné la composition suivante pour une variété d'opale commune :

| | |
|-----------------------|-------|
| Silice. | 95.5 |
| Oxyde de fer. | 1.0 |
| Eau | 5.0 |
| Perte. | 0.5 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

Mais la proportion d'eau varie beaucoup et atteint souvent des proportions très-considérables : on le voit dans l'exemple sui-

vant dû au même minéralogiste et fourni par une opale bitumineuse :

| | |
|------------------------|--------|
| Silice. | 85.00 |
| Alumine. | 5.00 |
| Oxyde de fer | 1.75 |
| Carbone. | 1.00 |
| Eau. | 8.00 |
| Bitume | 0.33 |
| Perte. | 0.92 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Bucholz a trouvé pour la composition du tripoli :

| | |
|---------------------------|--------|
| Silice. | 81.00 |
| Oxyde de fer. | 8.00 |
| Acide sulfurique. | 3.45 |
| Alumine, | 1.50 |
| Eau. | 4.55 |
| Perte | 1.50 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Gisement et mode de formation. — L'opale commune, dont fait partie la ménilite, constitue des rognons, des veines ou des plaques dans les porphyres argileux, dans les argiles de terrains tertiaires et aussi dans les filons métallifères; ses couleurs sont le jaune, le brun, le bleu, le rouge et le gris.

La geysérite ou tuf siliceux se présente en incrustations schisteuses autour des sources siliceuses de l'Islande et spécialement du grand Geysir d'où vient son nom. Elle se montre en masses concrétionnées d'un blanc grisâtre ou légèrement rougeâtre. Sa structure est cellulaire et testacée. Elle empâte fréquemment des plantes à la manière des incrustations calcaires; le Muséum possède un gant d'Islandais complètement incrusté de geysérite.

Les tripolis constituent des couches à structure schisteuse, mate et terreuse. Ces couches sont le résultat du dépôt de particules siliceuses presque impalpables, qui sont réunies en feuillets minces par la seule force d'adhésion favorisée par la compression. Chaque grain est dû, d'après Ehrenberg, à une dépouille d'infusoire. Les tripolis de Bilin, en Bohême, de Batras, de Creyseille et

du mont Charray dans l'Ardèche sont des exemples classiques de cette roche. Non loin d'Oberohe, dans le baillage hanovrien d'Ebsdorff, on a cité deux couches de silice pulvérulente, parfaitement blanche ou grise, dont la puissance dépasse 9 mètres, et qui sont formées exclusivement de dépouilles d'infusoires. Il en est de même de la *farine fossile* signalée par M. Fournet, à Ceyssat et à Randan, dans le département du Puy-de-Dôme, et qui est composée d'infusoires d'eau douce vivant encore aujourd'hui. Aussi M. Fournet a-t-il reconnu que la production de Ceyssat date de l'époque actuelle, et c'est la même conclusion à laquelle est arrivé Ehrenberg pour les farines d'Ebsdorff, qui sont en ce moment même en voie de formation.

La gaise ou silice terreuse diffère du tripoli en ce qu'elle ne doit pas son origine à des animaux, et par conséquent à ce que sa structure n'est pas zoogène. Elle est le produit d'une précipitation chimique ou d'une rubéfaction naturelle subie par des argiles. La décomposition des silex de divers étages jurassiques, crétacés et tertiaires, donne naissance à une silice impalpable qui polit très-bien les métaux. C'est à cette sorte que s'applique spécialement le nom de gaise usité dans les Ardennes.

Applications. — Les usages des roches qui nous occupent sont très-restreints. Le tripoli doit son nom à la propriété dont il jouit de pouvoir servir à polir les matières dures ; mais on désigne et on consomme sous ce même nom de tripoli une foule de substances de compositions diverses. Récemment on a utilisé la gaise pour la fabrication de briques réfractaires. Enfin, nous devons mentionner l'usage que certaines populations sauvages ou vivant sous des climats rudes ou improductifs font, comme aliment, de certaines variétés de silice hydratée.

En 1855, un paysan de Degersdorf, dans la Bothnie occidentale, sur les confins de la Laponie suédoise, découvrit, en abattant un arbre, une matière terreuse qui fut mélangée avec de la farine de seigle, puis pétrie et cuite au four comme du pain. Elle est particulièrement composée de silice, et sous le microscope paraît ne renfermer que de petits corps allongés, ovoïdes, bacillaires, cylindriques, aciculaires, etc., provenant d'infusoires suivant M. Ehrenberg, tandis que M. Greville n'y voit que des algues.

L'analyse de cette substance a donné à M. T. Stewark-Trail :

| | |
|----------------------------|--------|
| Silice. | 71.15 |
| Alumine. | 5.31 |
| Oxyde de fer. | 0.15 |
| Matière organique. | 22.00 |
| Perte. | 1.41 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Cet usage de certaines terres comme aliment est répandu chez les populations (dites, pour cela, *géophages*) indigènes de l'Amérique méridionale et centrale, ainsi que dans l'Australie : de là leur nom de *farine fossile*.

16^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Oxyde hydraté d'aluminium*.

BAUXITE.

(De *Baux*, localité où cette roche fut découverte.)

Syn. *Alumine hydratée*.

Caractères généraux. — L'hydrate d'alumine, dont Berthier a signalé l'existence depuis 1821, aux Baux, près de Tarascon (Bouches-du-Rhône), a reçu en conséquence le nom de *Bauxite*.

Une variété a donné à l'analyse :

| | |
|---------------------------|-------|
| Alumine | 44.5 |
| Eau | 40.5 |
| Silice combinée | 15.0 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

La bauxite est tantôt compacte tantôt oolithique ; elle comprend par conséquent deux types distincts. Parmi ses variétés, il faut mentionner celles qui sont dues à la présence de la *limonite*.

Gisement. — Loin de ne former qu'un accident restreint, la bauxite constitue dans cette région de la France des gîtes isolés mais assez nombreux et enchâssés dans le terrain crétacé. Ces gîtes

sont alignés suivant une zone qui s'étend de Tarascon jusqu'à Antibes, sur plus de 150 kilomètres de longueur. En outre on a rencontré la bauxite au Sénégal et en Calabre; plus récemment elle a été découverte en Irlande aux environs d'Antrim, ainsi qu'en Autriche à Vorheim, où les gîtes se trouvent sur la limite des terrains triasique et jurassique.

Applications. — La bauxite est maintenant exploitée pour la fabrication de l'aluminate de soude et pour celle de l'aluminium.

QUATRIÈME SÉRIE : **Chlorures.**

17^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Chlorure de sodium.*

SEL GEMME.

(Du latin, *sal*, sel, et *gemma*, pierre.)

Syn. *Sel marin* (Brongniart et d'Omalius).

Sel rupestre.

Soude muriatée (Haüy).

Salmare (Beudant).

Sel commun.

Chlorure de sodium des chimistes.

Bergsalz } des Allemands.
Steinsalz }

Rocksalt des Anglais.

Caractères généraux. — Le sel gemme se divise en trois types suivant qu'il est *saccharoïde*, *fibreux* ou *compacte*. C'est une matière incolore et limpide à l'état de pureté, mais qui peut présenter des nuances très-variées par suite de mélanges accidentels.

A l'état de pureté chimique, le sel gemme doit renfermer :

| | |
|------------------|--------|
| Sodium | 59.65 |
| Chlore. | 60.35 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Mais, dans la nature il ne présente jamais une pareille simplicité, et le chlorure de sodium, au lieu d'en constituer toute la substance,

est toujours mêlé d'une quantité plus ou moins grande de matières étrangères.

On en jugera par les nombres suivants que nous empruntons à Berthier :

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Chlorure de sodium. | 95.19 | 91.14 | 95.11 | 84.97 |
| Sulfate de magnésie | 1.69 | 3.54 | 1.50 | 1.58 |
| Chlorure de magnésium. | » | 0.70 | 2.25 | 0.50 |
| Sulfate de chaux. | 0.56 | 0.33 | 0.91 | 1.65 |
| Matières insolubles. | » | » | 0.10 | 0.80 |
| Eau hygroscopique. | 2.45 | 4.20 | 2.36 | 7.50 |
| | <u>99.89</u> | <u>99.91</u> | <u>99.81</u> | <u>97.00</u> |

M. Boussingault a trouvé dans le sel de Rio Negro :

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Chlorure de sodium. | 0.45 |
| Sulfate de soude. | 0.55 |
| Carbonate de soude. | 0.01 |
| Carbonate de chaux. | 0.03 |
| Iode. | Traces. |
| | <u>1.00</u> |

Les substances accidentelles principales, qui peuvent caractériser des variétés, sont le *brome*, le *soufre*, le *gypse*, la *polyhalite*, la *glaubérite*, la *boracite*, l'*argile*, l'*hématite*, le *bitume*, le *lignite* et diverses *substances colorantes* qui s'évanouissent sous l'action de la chaleur, et dont la nature n'est pas complètement connue.

Cependant il paraît bien constaté, grâce surtout aux travaux de M. le docteur Joly, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, que la nuance rouge si caractéristique que présentent certains sels est due à la même cause qui colore de la même manière les eaux mères des marais salants. Celles-ci sont remplies d'êtres microscopiques, *Monas Dunalii*, qui trouvent dans ces eaux concentrées les conditions de leur existence.

Gisement. — Le sel gemme se présente en dépôts plus ou moins considérables dans le sein de la terre, et en solution dans certaines sources et dans les eaux des mers. Les dépôts salifères sont

(1) Sel d'Ubez. — (2) Sel de Figueras. — (3) Sel de Bouc. — (4) Sel du Croisic.

enclavés dans les terrains sédimentaires de toutes les époques : 1° dans l'étage silurien supérieur du Canada ; 2° dans le terrain permien de l'Angleterre, etc. ; 3° dans le muschelkak du Wurtemberg, etc. ; 4° dans les marnes irisées où sont les dépôts les plus nombreux et les plus importants ; 5° dans le terrain crétacé de la province de Constantine ; 6° dans les terrains tertiaires de la Pologne, etc.

Enfin, les volcans actuels, tels que le Vésuve, Ténériffe, Bourbon, l'Héclat, rejettent quelquefois des masses assez considérables de sel.

Nous croyons devoir emprunter à un important travail de M. Balard, de l'Institut, quelques détails relatifs à l'exploitation des mines de sel gemme, ainsi que des marais salants.

Quelquefois on tire le sel de certaines sources salées dont l'existence indique toujours celle de couches salifères régulières et souvent très-puissantes de sel gemme. Mais on préfère aujourd'hui atteindre par la voie du forage les couches mêmes de sel, et, en imitant et perfectionnant ce que fait la nature, obtenir par des moyens artificiels, à une petite profondeur au-dessous du sol, des eaux presque saturées de sel.

Concevons qu'on ait, avec un trou de sonde, atteint le terrain salifère et placé dans ce trou un tube qui, ne le remplissant qu'en partie, pénètre jusqu'au fond. Si l'on fait couler dans l'intervalle concentrique l'eau d'un ruisseau voisin, elle devra se saturer en formant des cavités d'une dimension croissante dans la masse du sel gemme qu'elle dissout, et remonter dans l'intérieur du tube à une hauteur moindre sans doute que la surface du sol, puisque dans ce système de vases communicants les hauteurs des deux liquides sont en raison inverse de leurs densités. Mais on exhausse au moyen d'une pompe cette eau presque entièrement saturée, et on la ramène directement dans des chaudières où doit s'opérer l'évaporation.

Dans les localités où l'on peut atteindre facilement la couche de sel gemme, on l'exploite comme un autre minéral, et les masses de sel, coloré le plus souvent en rouge, soit par la présence d'un peu d'oxyde de fer, soit peut-être aussi par la présence d'êtres microscopiques de cette couleur, conservés dans la masse, peuvent,

quand le sel est très-pur, être livrées directement à la consommation. Tels sont les sels exploités à Cordona, à ciel ouvert, et qui alimentent la plus grande partie de l'Espagne, et celui des mines si célèbres de Wieliczka, en Pologne. Mais s'il est des sels gemmes qui ne renferment que du sel marin presque pur, il en est d'autres dans lesquels on trouve de petites cavités pleines d'une liqueur où se sont concentrés les produits étrangers au sel. Il faut, dans ce cas, pour rendre ce sel utilisable pour le grand nombre des usages économiques, le dissoudre dans l'eau et obtenir par l'évaporation du sel pur ces petits cristaux cubiques qu'on appelle *sel raffiné*.

Cette évaporation a lieu ordinairement dans de grandes chaudières de tôle, dites *poêles*, chauffées par trois foyers, et auxquelles on donne ordinairement pour la commodité du travail une longueur de 9 mètres sur une largeur de 6 mètres. Cette largeur permet à l'ébullition de se produire sur toute la surface, et aux ouvriers de travailler sur les bords avec de longs ringards. Le sel, qui se produit d'abord en petits cristaux à la surface, se dépose ensuite sur le fond de la chaudière. Quand il est obtenu pour les usages de la table, ce sel est sous la forme de petits cristaux microscopiques, et désigné sous le nom de sel *fin-fin*. Ce serait là la seule forme sous laquelle on devrait obtenir le sel provenant du sel gemme ; car, par cette ébullition active, on obtient, avec une surface de tôle et une quantité de combustible donnée, la plus grande quantité de sel possible. Mais la nécessité d'imiter le sel provenant d'une autre origine, et de l'obtenir en assez gros cristaux qui sont nécessaires pour certains usages déterminés, les salaisons, par exemple, fait qu'on évapore souvent ces eaux dans des chaudières plus grandes, à une température de 60 à 70 degrés. Ce mode d'opérer exige à la fois plus de temps et plus de combustibles et l'emploi de poêles plus nombreux, mais il produit du sel sous la forme de grosses trémies, qui se remplissent plus ou moins ensuite, peu à peu, dans le cours de l'évaporation. Ce sel, dont un hectolitre pèse des poids variables, 70 à 90 kilogrammes, est en cristaux cubiques qui peuvent atteindre jusqu'à un centimètre de côté.

Le sel obtenu est accumulé dans des chambres de bois qu'on

remplit par le haut, à 5 ou 6 mètres de hauteur, pour qu'il s'égoutte ; mais il reste toujours cependant imprégné d'eaux mères qui augmentent très-notablement sa déliquescence naturelle, et il serait préférable de l'amener à l'état de pureté par un lavage convenable avec une solution de sel pur.

Au sel des eaux salées ou du sel gemme tend à se substituer de plus en plus le sel extrait de l'eau de la mer. Dans quelques localités spéciales, on a utilisé quelques moyens particuliers pour extraire le sel contenu dans l'eau de la mer ; ainsi, dans quelques régions polaires, on a tiré parti du froid pour produire avec l'eau de mer de la glace d'eau douce et une eau plus concentrée ; ou bien, comme on l'a fait dans l'Avranchin, on a pu ramasser à la surface le sable qui, mouillé d'eau de mer et desséché, doit être mêlé de sel solide, et obtenir, en lavant ce sable avec l'eau de mer d'une manière méthodique, des eaux assez concentrées pour que leur évaporation pût se compléter par le feu avec avantage. Mais ces méthodes, qui doivent être rappelées pour mémoire, ne sont plus employées aujourd'hui, et c'est en imitant et en régularisant dans les salines ce qui se passe spontanément quand une flaque d'eau de mer se dessèche, que l'on obtient le sel séparé des autres principes de l'eau de la mer, au moyen d'une évaporation méthodique dont la direction constitue l'art du *saunier*.

Les pays tropicaux, qui sembleraient au premier aspect si propres à l'établissement des salines, n'en contiennent cependant que de peu importantes ; c'est dans les régions chaudes et tempérées de l'Europe que sont les principaux établissements de ce genre ; les progrès du commerce et la facilité des transports tendent de plus en plus à en répandre les produits dans le monde entier.

On appelle *saline* une surface horizontale d'un terrain le moins perméable possible, sur lequel l'eau de la mer peut arriver naturellement, ou qui, peu exhaussé au-dessus de son niveau, peut être facilement recouvert de ses eaux.

Concevons deux surfaces égales d'un semblable terrain, l'une recouverte d'une couche épaisse d'eau de mer, et à côté de cette flaque d'eau que nous abandonnons à elle-même, divisons l'autre surface par de petites digues ou compartiments, placés sur des niveaux un peu différents, de manière à ce que les eaux puissent

s'écouler spontanément de l'un à l'autre ; puis, quand la mince couche d'eau dont nous l'aurons recouverte sera presque évaporée, faisons communiquer d'une manière méthodique les parties les plus basses avec celles qui les précèdent immédiatement, jusqu'à ce que, pour maintenir tout couvert d'eau, nous soyons obligés de déverser de l'eau de mer sur les surfaces les plus élevées. Nous observerons dans les deux cas des résultats très-différents, quoique l'évaporation absolue puisse avoir été la même. Quand la saison pluvieuse y aura mis un terme, nous trouverons dans la flaque beaucoup d'eau de mer concentrée, travail réalisé sans doute, mais encore incomplet, tandis que sur la surface de la saline nous aurons de l'eau à tous les degrés, et, sur une partie de la surface, du sel marin recouvert d'eaux mères, c'est-à-dire un travail dont une partie a été complétée et a donné deux produits utilisables, le sel et les eaux mères.

Mode de formation. — On n'est pas fixé sur l'origine du sel gemme ; ce qui est probable, c'est qu'il résulte de l'évaporation d'eaux marines préalablement isolés. On trouve en effet dans les dépôts de sel les mêmes matières que dans la mer, savoir : des chlorures de magnésium et de potassium, de la dolomie et du gypse. On y observe aussi le bitume avec une fréquence bien remarquable.

Applications. — L'usage que l'on fait du sel pour assaisonner les aliments est presque universel. Il est, par cela même, l'objet d'une consommation et d'un commerce immenses dans toutes les parties du monde. Cependant, les aliments que consomment les hommes et les animaux, provenant d'un sol ordinairement recouvert des eaux de la mer, contiennent toujours assez de sel pour suffire aux fonctions de la vie ; l'addition artificielle de ce produit aux aliments n'est donc pas une nécessité physiologique. Aussi a-t-on signalé dans l'intérieur du Brésil des peuplades qui ne connaissent pas l'usage du sel, et quoique son introduction dans les rations des bêtes à corne soit pour elles une cause évidente de bien-être et de santé, on peut cependant, du moins dans nos pays tempérés, ainsi que M. Boussingault l'a constaté par des expériences directes, supprimer le sel de leurs rations sans qu'elles en meurent.

Mais, si ces faits tendent à établir que l'addition artificielle du sel aux aliments n'est pas absolument indispensable, d'un autre côté, le choix de ce produit comme marchandise d'échange fait par tant de peuples sauvages, les longs et périlleux voyages qu'entreprennent en Amérique certaines tribus dépourvues de sel, et qui en connaissent l'usage, dans le seul but d'aller chercher un corps dont elles ne peuvent plus se passer; l'avidité, devenue proverbiale, avec laquelle les bêtes à cornes se précipitent vers les lieux où l'on en opère la distribution, seul moyen qu'il y ait dans l'Amérique du Sud pour réunir périodiquement aux environs des habitations ces animaux qu'une libre pâture finirait par ramener à l'état sauvage; tout témoigne que cet emploi du sel est pour l'homme et pour quelques-unes des espèces d'animaux dont il s'entoure une de ces habitudes invétérées qui sont devenues en quelque sorte une seconde nature.

Les études archéologiques faites récemment en Danemark rendent très-probable que, dans les temps primitifs, les peuplades de la Scandinavie eurent recours, pour assaisonner les aliments, à l'emploi du sel extrait des cendres des végétaux qui croissent sur les côtes maritimes ou dans les eaux de la mer.

Matière première d'une foule d'opérations chimiques, le sel est l'objet d'une grande consommation dans les laboratoires et dans beaucoup d'usines. C'est au moyen du sel qu'on prépare, comme on sait, l'acide chlorhydrique, et le chlore, ainsi que le carbonate de soude employés dans les verreries, les savonneries, etc. On s'en sert comme fondant dans quelques opérations métallurgiques.

C'est encore une question de savoir si le sel joue un rôle en agriculture, ou, en d'autres termes, de savoir s'il est de quelque utilité au développement des plantes.

18^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Chlorure double de potassium et de magnésium.*

CARNALLITE.

(De *caro*, chair, et *λίθος*, pierre; à cause de sa couleur rose qui rappelle celle de la chair.)

Caractères généraux. — La carnallite, considérée jusque-là comme un simple minéral, a été récemment découverte en quantité très-considérable à Stassfurt, en Prusse, où elle forme une couche de plus de 50 mètres d'épaisseur et présente dès lors le caractère essentiel de véritables roches.

Pour ses caractères extérieurs, cette roche se confond complètement avec le sel gemme et ne s'en distingue guère par une déliquescence beaucoup plus grande. L'analyse chimique la différencie d'ailleurs d'une manière complète.

Nous la laissons jusqu'à nouvel ordre dans un type unique.

Gisement. — On doit à M. L. Fuchs, ingénieur des mines, un très-intéressant mémoire sur les gisements de potasse de Stassfurt; nous en tirerons quelques détails résumés avec le plus grand talent par M. P.-P. Dehérain.

Les premiers sondages exécutés en Prusse, à Stassfurt, datent de 1859; quatre années après, en 1845, le sel gemme apparut à une profondeur de 505 mètres; la sonde traversa ensuite une couche de marne de 6^m,25 et pénétra enfin dans une couche de sel gemme, où l'on s'arrêta en 1851, à la profondeur totale de 580 mètres.

Les eaux qu'on obtint d'abord ne renfermaient guère de sel marin, mais des quantités considérables de chlorure de magnésium, et ne pouvaient être employées dans les salines; cependant, cette première difficulté n'arrêta pas le gouvernement prussien qui, en 1851 et 1852, commença les travaux nécessaires à l'établissement de deux puits propres à l'exploitation du sel gemme. A une profondeur de 255 mètres on rencontra des sels riches en chlorure de magnésium, et ce ne fut qu'à 504 mètres qu'on arriva au sel marin pur, déposé en couches dont la puissance est encore inconnue, puisque les travaux poussés jusqu'à 555 mètres, niveau de

l'exploitation actuelle, n'ont pas encore touché les couches sur lesquelles repose le gisement.

En 1858, des travaux analogues furent entrepris dans le petit duché d'Anhalt, enclave de la Prusse, à une distance de 1,165 mètres du puits prussien, et on rencontra le gisement de sel à une profondeur beaucoup moindre qu'en Prusse, car les sels déliquescents, riches en chlorure de magnésium, ne se trouvent qu'à une profondeur de 169 mètres, et le sel marin à 298 mètres.

On n'a poussé les travaux ni dans l'une ni dans l'autre exploitation jusqu'à la base du gisement, et on ne peut se figurer encore nettement la puissance de ces gîtes; toutefois, l'étendue du bassin est d'environ 1,400 kilomètres carrés et présente une source de richesse dans laquelle on peut puiser à pleines mains sans craindre de la tarir.

Le gisement de Stassfurt peut se partager en quatre parties. La plus profonde consiste en une couche de sel gemme pur de 214 mètres de puissance; au-dessus se trouve une couche de sel impur de 62^m,60 qui renferme déjà des sels déliquescents; puis vient une couche de 57 mètres dans laquelle abondent les sulfates; enfin la couche supérieure, épaisse de 64 mètres, est formée d'un mélange de sel gemme, de sulfate de magnésie et de sel de potasse et spécialement de carnallite.

Applications. — Si la découverte d'une masse aussi énorme de sel gemme est fort importante pour le gouvernement prussien et pour le duché d'Anhalt, qui couvre une notable partie de son budget avec le produit de ses salines, l'abondance de la potasse dans l'étage supérieur présente une importance bien plus considérable encore, puisqu'elle assure à l'industrie et à l'agriculture une source, pour longtemps inépuisable, d'une matière dont la rareté commençait à être très-inquiétante.

On ne saurait utiliser directement, comme engrais, la carnallite de Stassfurt; la présence du chlorure de magnésium rendrait son emploi dangereux et on doit procéder à sa dissolution dans l'eau, puis à l'évaporation, pour séparer les deux chlorures; le chlorure de potassium se dépose tandis que le chlorure de magnésium reste dans les eaux mères; on obtient ainsi un produit renfermant 80 pour 100 de chlorure de potassium. D'ailleurs on utilise aussi,

comme engrais, plusieurs produits secondaires qui peuvent être livrés à un prix beaucoup moins élevé que le chlorure de potassium pur.

En 1866, le gîte de Stassfurt a produit 150,000 tonnes de carnallite, dont l'effet immédiat a été de faire considérablement baisser le prix des sels de potasse. L'importance agricole et industrielle des sels de potasse a, dans ces derniers temps, engagé à les rechercher dans d'autres gisements de sel gemme et on les a trouvés tout récemment à Maman, en Perse.

CINQUIÈME SÉRIE : **Fluorures.**

19^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Fluorure de calcium.*

FLUORINE.

(De *fluere*, couler; parce que cette substance est employée dans divers traitements de minerais métalliques, comme fondant des gangues.)

Syn. *Fluorite* (Brongniart).

Chaux fluatée (Haüy).

Fluor.

Spath fluor.

Spath fossile.

Chlorophane.

Ratofkîte.

Flusspath des Allemands.

Caractères généraux. — La *fluorine*, qui est la seule roche de ce groupe, appartient à un type unique, mais comprend plusieurs variétés.

C'est une roche souvent transparente, colorée de manières diverses par des substances organiques, jusqu'ici mal connues. Les variétés principales sont dues à la présence du *bitume*, du *quartz* et de l'*argile*.

Voici, d'après Gay-Lussac (1), Berthier (2) et (5), et Davy (4) l'analyse de diverses variétés de fluorine :

| | (1) | (2) | (5) | (4) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Calcium. . . . | 51.87 | 52.27 | 512.06 | 55.51 |
| Fluor. | 48.15 | 47.75 | 467.58 | 46.69 |
| | <u>100.00</u> | <u>100.00</u> | <u>979.64</u> | <u>100.00</u> |

Gisement. — La fluorine fait partie des matières pierreuses qui, dans les filons métallifères, servent de gangue aux minerais et particulièrement à ceux d'oxyde d'étain et de sulfure de plomb. On la trouve aussi disséminée en petites veines dans les terrains de cristallisation, soit massifs, soit schisteux ou métamorphiques; et même dans les terrains de sédiment secondaires ou tertiaires qui ont été traversés par des filons ou par des sources minérales.

Applications. — On exploite la fluorine lorsqu'elle se trouve en masses considérables, soit en général comme fondant, soit comme minerai de fluor et d'acide fluorhydrique. Quand elle est belle, on en fabrique des vases et des objets d'ornement d'un bel effet et d'un prix très-élevé.

SIXIÈME SÉRIE : **Silicates.**

20^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Silicate double d'alumine et de protoxyde.*

Les roches du vingtième groupe sont extrêmement nombreuses; elles se rapportent à cinq sous-groupes caractérisés de la manière la plus nette pour la composition quantitative.

Pour exprimer cette composition quantitative, nous recourrons à une méthode souvent employée par les minéralogistes, et qui consiste à représenter par des nombres simples les quantités d'oxygène renfermées dans la silice, dans l'alumine et dans le protoxyde : les trois chiffres dont il s'agit, calculés de façon à être aussi petits que possible, donnent ce qu'on peut, pour abrégé, appeler le *rapport atomique* du sous-groupe considéré.

Dans notre vingtième groupe nous avons :

1^o Des roches dans lesquelles les quantités d'oxygène de la silice, de l'alumine et du protoxyde sont entre elles comme les trois nombres 2 : 1 : 1. Le minéral qui les constitue est le *grenat* et on les nomme *grenatites* ;

2^o Des roches dans lesquelles le rapport atomique est exprimé par les nombres 5 : 2 : 1 ; on les nomme *épidotites*, l'*épidote* étant leur minéral essentiel ;

3^o Des roches caractérisées par le rapport 12 : 5 : 1. Le minéral qui les constitue est connu sous le nom de feldspath *orthose* ;

4° Des roches qui sont caractérisées par les nombres 6 : 5 : 1. On les appelle *labradorites*; le minéral constituant est le feldspath *labrador*.

5° Enfin des roches dont les trois nombres 9 : 5 : 1 expriment le rapport atomique; elles sont formées d'*oligoklase* et portent le nom d'*andésite*.

1^{er} SOUS-GROUPE : *Rapp. atom.* 2 : 1 : 1.

GRENATITE, Cordier.

(De *grenat*, minéral caractéristique.)

Syn. *Grenat en roche*.

Grenat stratiforme.

Garnet rock des Anglais.

Grenatfels des Allemands.

Caractères généraux. — Nous répartirons les roches de grenat en deux types, suivant qu'elles sont *grenues* ou *compactes*.

La grenatite est une roche pesante dont les principales variétés, d'ailleurs fort nombreuses, sont caractérisées par la présence de l'*épidote*, de l'*idocrase*, du *quartz*, du *calcaire*, du *talc*, du *mica*, du *pyroxène*, du *feldspath*, etc.

Voici la composition de quelques variétés de grenatites :

| | (1) | (2) | (5) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|
| Silice. . | 43.00 | 42.08 | 39.41 | 37.16 | 39.00 | 36.00 | 42.00 | 52.107 |
| Alumine. | 15.50 | 17.75 | 20.27 | 19.30 | 14.30 | 22.00 | 21.00 | 18.055 |
| Magnésie. | 8.50 | » | 3.69 | 2.03 | » | » | 4.52 | » |
| Ox. d'é- | | | | | | | | |
| tain. . | » | » | » | » | 1.09 | » | » | » |
| Chaux. . | 1.75 | 1.24 | 2.65 | 0.90 | » | 3.00 | 4.98 | 5.775 |
| Oxyde de | | | | | | | | |
| fer. . | 29.50 | 19.26 | 24.81 | 37.65 | 15.44 | 56.80 | 25.18 | 23.540 |
| Perte. . | » | » | » | » | » | » | 0.14 | » |
| Oxyde de | | | | | | | | |
| manganèse. | 0.50 | 19.66 | 7.50 | 5.19 | » | » | 2.57 | 1.745 |
| | 98.75 | 99.99 | 98.34 | 100.25 | 97.75 | 97.80 | 100.00 | 101.202 |

1 est la grenatite du Groënland, d'après Klaproth; 2 celle de Finbo, d'après Arsthenius; 3 celle de Corpenberg, d'après Wachmeister; 4 celle de Brena, d'après Buhr; 5 celle de Brodbo, d'après d'Ohsson; 6 la variété commune, d'après Vauquelin; 7 celle de Hollande, d'après le même, et 8, toujours d'après Vauquelin, la variété de Klammer-Sanné en Norwége.

Gisement. — La grenatite forme de petites couches dans les terrains de cristallisation; notamment dans les gneiss et dans les micaschistes. Elle n'a reçu aucune application.

2^e SOUS-GROUPE : *Rapp. atom.*, 3 : 2 : 1.

ÉPIDOTITE, Cordier.

(De *épidote*, minéral caractéristique.)

Syn. *Épidotite* (Pilla).

Épidote en roche.

Thallite.

Pistazite rock des Anglais.

Pistazitfels des Allemands.

Caractères généraux. — Les épidotites sont tantôt *grenues* et tantôt *compactes*.

Les principales variétés sont dues à la présence de l'*amphibole*, du *grenat*, du *quartz*, du *calcaire*, du *talç*, du *feldspath*, etc.

On trouvera, dans le tableau suivant, les résultats obtenus par Kuhn par l'analyse de diverses variétés d'épidotite. 1 est celle du Dauphiné; 2 celle d'Arendal, et 3 celle de Geyer.

| | (1) | (2) | (3) |
|--------------------|--------------|--------------|---------------|
| Silice. | 29.85 | 56.68 | 40.57 |
| Alumine. | 21.61 | 21.72 | 14.47 |
| Magnésie. | 0.50 | 0.55 | 2.76 |
| Oxyde ferrique . . | 16.61 | 16.72 | 12.10 |
| Chaux. | 22.15 | 25.07 | 50.00 |
| | <u>90.52</u> | <u>98.72</u> | <u>109.90</u> |

Gisement. — Les épidotites sont des roches stratiformes, généralement d'un vert de pistache, qui forment des lits assez minces et quelquefois des rognons dans les terrains primitifs stratifiés.

3° SOUS-GROUPE : *Rapp. atom.*, 12 : 3 : 1.

ORTHOSE.

(De *ὀρθός*, droit; à cause de son clivage rectangulaire.)

Syn. *Feldspath.*
Spath fusible.
Spath étincelant.
Orthoklase.

Les roches du troisième sous-groupe, c'est-à-dire celles qui sont essentiellement formées d'*orthose*, ont reçu des noms très-variés, parmi lesquels il faut particulièrement citer ceux de : pétrosilex, eurite, porphyrite, argilophyre, stigmatite, leptynite, trachyte, ponce, pumite, domite, obsidienne.

Nous les divisons d'après leur structure en huit groupes principaux qui sont : 1° le type de l'*orthose massif*, comprenant la plupart des eurites et des pétrosilex ; 2° le type de l'*orthose porphyroïde*, comprenant la porphyrite ou porphyre feldspathique non quartzifère et l'argilophyre ; 3° le type de l'*orthose noduleux* qui comprend les stigmatites ; 4° le type de l'*orthose grenu*, formé des variétés les plus pures de leptynite ; 5° le type de l'*orthose poreux* ou trachytique correspondant au trachyte ordinaire ; 6° le type de l'*orthose ponceux* comprenant les ponces et les pumites ; 7° le type de l'*orthose terreux* renfermant la domite ; 8° le type de l'*orthose vitreux* qui comprend les obsidiennes.

Eurite (Daubuisson).

Syn. *Feldspath compacte* (Haüy).
Pétrosilex (Brongniart).

Caractères généraux. — L'eurite ou pétrosilex a généralement la cassure translucide sur les bords, esquilleuse et souvent con-

choïdale. Cette roche est toujours plus ou moins fusible au chalumeau en émail blanc (parfois pointillé de noir ou de vert), ce qui permet de la distinguer facilement du phthanite ou du quartzite compacte, avec lesquels on pourrait quelquefois la confondre, mais qui sont infusibles. Les teintes variées que présente le pétrosilex dépendent, soit de celle du feldspath lui-même, soit de celle des éléments accidentels qui y sont associés. Cette roche ne présente aucune cavité bulleuse ou celluleuse et n'est par conséquent jamais amygdaloïde. Sa densité varie de 2,59 à 3.

Voici la composition de deux eurites ; l'une 1 provient du Canada et a été analysée par M. Sterry Hunt ; l'autre 2 est de Bretagne et son analyse est due à M. Durocher.

| | (1) | (2) |
|-----------------------------|--------------|-------------|
| Silice. | 78.40 | 75.4 |
| Alumine. | 11.81 | 15.5 |
| Sesquioxyde de fer. | » | 1.2 |
| Protoxyde de fer | 0.72 | » |
| Chaux. | 0.84 | 1.4 |
| Magnésie. | 0.77 | |
| Potasse | 1.95 | 5.8 |
| Soude. | 4.42 | |
| Perte au feu. | 0.90 | » |
| | <u>99.79</u> | <u>97.3</u> |

Gisement. — L'eurite constitue des couches subordonnées dans les étages des gneiss, des talcschistes cristallifères, et surtout des talcschistes phylladiformes qui font partie du sol primitif.

Applications. — La dureté de cette roche la fait rechercher ainsi que son homogénéité pour l'empierrement des routes et la confection du macadam. Dans certains cas elle peut servir comme pierre d'appareil.

Porphyrite (G. Rose).

(De *πορφύρα*; rouge; à cause de la couleur de la variété la plus célèbre.)

Syn. *Porphyre feldspathique non quartzifère.*

Porphyre syénitique (Cordier) en partie.

Porphyre brun (Élie de Beaumont).

Porphyre rouge antique.

Caractères généraux. — Le type de la porphyrite ou porphyre non quartzifère est fourni par le porphyre rouge antique. Cette roche est remarquable par la présence fréquente mais accidentelle de l'*amphibole* en cristaux peu distincts.

La densité de la porphyrite est en moyenne égale à 2,6.

M. Strenz a analysé de nombreuses variétés de cette roche. Nous lui empruntons les chiffres suivants qui se rapportent à la roche d'Ilfeld (1). Dans la colonne (2) sont les chiffres obtenus par M. Delesse dans l'analyse du porphyre rouge antique.

| | (1) | (2) |
|--------------------|---------------|--------------|
| Silice. | 64.34 | 62.17 |
| Alumine | 16.54 | 14.71 |
| Protoxyde de fer. | 7.61 | » |
| Peroxyde de fer. . | » | 7.79 |
| Oxyde de mangan. | 0.52 | Trecs. |
| Magnésie | 0.89 | 5.00 |
| Chaux | 3.92 | 3.50 |
| Potasse. | 3.70 | 2.04 |
| Soude | 2.92 | 4.10 |
| Eau | 1.05 | 0.58 |
| Acide carbonique. | 1.67 | » |
| | <u>102.76</u> | <u>99.69</u> |

Gisement. — La porphyrite forme ordinairement des enclaves transversaux, des dykes et des filons, soit dans la pegmatite, soit dans les étages cambriens, siluriens, devoniens et carbonifères; mais en Égypte, les épanchements de cette roche semblent se rapporter à des époques plus récentes.

Applications. — La porphyrite est employée comme pierre de décoration. Les anciens en ont fait un grand usage pour une foule d'objets tels que caves sépulcrales, baignoires, tables, socles, colonnes, statues, etc., dont une partie orne aujourd'hui nos musées.

Argilophyre (Brongniart).

(A cause de son aspect argileux.)

Syn. *Porphyre argiloïde* (Cordier).*Cristulite* (Id.).*Feldspath et thonporphyr* des Allemands.*Orthophyre altéré* (Coquand).

Caractères généraux. — L'argilophyre ne diffère de la roche précédente que par une contexture poreuse, due, suivant quelques lithologistes, à ce que la pâte s'est refroidie et consolidée très-rapidement sous une faible pression. Cette roche présente souvent des cavités parfois amygdalaires et alors tapissées de matières siliceuses; sa densité moyenne est égale à 2,9; sa couleur varie du grisâtre au jaunâtre, au brunâtre, au violâtre, au rougeâtre, etc.

Voici, d'après Knop, la composition d'un argilophyre des environs de Chemnitz :

| | |
|----------------------------------|---------|
| Silice | 80.74 |
| Alumine | 11.54 |
| Protoxyde de fer | 0.99 |
| Protoxyde de manganèse | Traces. |
| Magnésie | 0.27 |
| Potasse | 3.50 |
| Soude | 0.16 |
| Eau | 2.11 |
| | <hr/> |
| | 99.11 |

La densité de l'échantillon analysé était égale à 2,625.

Gisement. — Le gisement de cette roche est le même que celui de la précédente qui paraît l'avoir engendrée par simple altération.

Applications. — Dans certains cas, l'argilophyre devient riche en silice et peut être utilisé, comme on le fait en Hongrie, pour la fabrication de meules de moulins.

Leptynite (Haüy).

(De λεπτός, atténué; parce que le grain est très-fin.)

Syn. *Granulite* (Leonhardt).*Feldspath grenu.**Amausite* (en partie).*Weisstein* des Allemands.

Caractères généraux. — La couleur du leptynite est généralement blanchâtre, grisâtre ou jaunâtre; cependant une variété, provenant de l'île de Ceylan, offre une teinte verdâtre, mais cette couleur disparaît au premier coup de chalumeau, et tous les leptynites fondent en émail blanc.

Une des variétés les plus fréquentes est celle que caractérise la présence du *grenat*.

La composition chimique n'offre rien de particulier.

Gisement. — Cette roche se présente en assises plus ou moins stratiformes qui constituent diverses alternances et de puissantes couches toujours subordonnées, soit à l'étage des gneiss, soit à l'étage des micaschistes.

Trachyte (Haüy).

(De τραχύς, rude; à cause de son toucher âpre.)

Syn. *Masegna* (del Rio).*Nenfro.**Necrolithe* (Brocchi).*Domite.**Andésite* (en partie).*Trachydiorite* (en partie).*Trachydolérite* (en partie).

Caractères généraux. — La trachyte est une roche presque entièrement composée de feldspath en grains microscopiques enchevêtrés, laissant des vides entre eux et au milieu desquels sont souvent disséminés des cristaux discernables de la même nature.

Le trachyte est très-poreux, souvent cellulaire, à surface toujours âpre et rude au toucher. Il fond au chalumeau, en verre blanc piqueté de points noirâtres résultant, soit du *fer titané*, soit de l'*amphibole* qui sont très-fréquents. La couleur de cette roche est ordinairement blanchâtre, grisâtre ou d'un gris jaunâtre; il est rare que la teinte soit brunâtre ou rougeâtre; cette dernière couleur est due à la présence d'une petite quantité de fer.

Les chiffres suivants indiquent (1) la composition du trachyte d'Arso, dans l'île d'Ischia, d'après M. Abich; (2) celle du trachyte du Kaisersthul, par M. Schill, et (3) celle du trachyte (domite) de Commentry (Allier), par Ebelmen.

| | (1) | (2) | (3) |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Silice | 60.80 | 57.65 | 59.52 |
| Alumine | 17.21 | 15.30 | 22.08 |
| Peroxyde de fer | 2.87 | » | 2.24 |
| Protoxyde de fer | 1.29 | 7.60 | » |
| Oxyde de manganèse | 0.18 | | |
| Oxyde de chrome | » | » | 0.66 |
| Chaux | 1.43 | 0.98 | 2.31 |
| Magnésie | 2.07 | 0.60 | 1.19 |
| Potasse | 7.77 | 7.05 | 6.65 |
| Soude | 4.64 | | |
| Eau (avec chlore) | 0.56 | 6.00 | 5.50 |
| | <hr/> 99.40 | <hr/> 95.18 | <hr/> 100.40 |

La densité du trachyte est comprise entre 2,11 et 2,68.

Les principales variétés de trachyte sont dues à la présence du *mica*, de l'*amphibole*, du *pyroxène*, de l'*oligoklase*, de la *titanite*, de la *magnétite*, de l'*oligiste*, du *quartz*.

Gisement et mode de formation. — Les trachytes constituent un ordre de volcans particulier dont les produits paraissent ne pas avoir toujours coulé. Ils se sont fréquemment élevés du sein de la terre, à l'état pâteux, sous forme de montagnes arrondies en dôme. Cependant ils ont aussi formé des nappes épaisses, qui se sont étendues sur un sol horizontal.

Applications. — Le trachyte molaire de Hongrie est exploité pour la confection des meules à moudre le grain. Celui de Siebengebirge, dans la Prusse rhénane, fournit de bons matériaux

de construction, connus sous le nom de *pierres de Kœnigswinter*. Les brèches qui contiennent les fragments de trachyte de grosseur moyenne, et qu'on rencontre entre Biot et Villeneuve (Var), sont utilisées comme pierres de construction et comme pierres réfractaires pour le revêtement intérieur et pour les soles des fours à soude de Marseille.

Ponce.

(A cause de sa présence dans les îles Ponces.)

- Syn. *Pumex* (Pline).
Pumile (Cordier et Brongniart).
Obsidienne scoriforme (Haüy).
Trachyte filamenteux.
Tuf ponceux.
Trachyte ponce (Coquand).
Pierre ponce.
Pumice des Anglais.
Bimstein des Allemands.
Rapilli des Italiens.

Caractères généraux. — Tout le monde connaît la ponce, remarquable par sa structure légère, spongieuse et boursouflée. Cette roche est fileuse ou filamenteuse, rude au toucher, assez dure pour rayer le verre et l'acier. Sa densité varie de 1,7 à 2,5 ; elle fond au chalumeau en émail blanchâtre. Sa texture cellulaire la rend communément si légère, que souvent elle flotte sur l'eau. Sa couleur, ordinairement grisâtre ou blanchâtre, est quelquefois jaunâtre, brunâtre ou noirâtre. Son aspect, fréquemment soyeux et comme filé, est un effet de la force de projection qui a étiré la matière au sortir du centre d'éruption.

Dans le tableau suivant, la colonne 1 indique, d'après M. Abich, la composition de la ponce de l'île d'Ischia ; la colonne 2 celle de la ponce de Krufterofen, sur le lac de Laach :

| | (1) | (2) |
|-----------------------|-------|-------|
| Silice | 62.29 | 57.89 |
| Alumine | 16.89 | 19.12 |
| <i>A reporter</i> . . | 79.18 | 77.01 |

| | | |
|-------------------------|--------------|---------------|
| <i>Report.</i> . . . | 79.18 | 77.01 |
| Sesquioxide de fer. . . | 4.15 | 2.45 |
| Oxyde de manganèse. . . | Traces. | » |
| Chaux | 1.24 | 1.21 |
| Magnésie | 0.50 | 1.10 |
| Potasse. | 5.98 | 9.25 |
| Soude | 6.21 | 6.65 |
| Eau (avec chlore). . . | 5.89 | 2.40 |
| | <u>99.15</u> | <u>100.05</u> |

Gisement et mode de formation. — Parfois la ponce se montre à l'état stratiforme, à la surface de quelques courants d'obsidienne ; mais presque toujours elle est à l'état lapillaire, c'est-à-dire qu'elle résulte du refroidissement dans l'air et de la consolidation par petits fragments des matières trachytiques incandescentes, projetées par les volcans, et qui sont retombées sur le sol où elles forment des couches incohérentes mêlées de cendres volcaniques. Ces couches appartiennent à l'époque actuelle.

Applications. — A raison de sa dureté, de la finesse de son grain et de l'absence habituelle de cristaux, la ponce lapillaire est employée dans l'industrie à divers usages : réduite en poudre et délayée dans l'eau, elle sert à polir le bois, l'ivoire, quelques pierres, et jusqu'à des métaux ; à l'état de pierre, elle sert à polir la surface des peaux, des parchemins et de beaucoup d'autres objets. Dans les environs de Tokay, on emploie, pour les constructions, des tufs ponceux qui constituent une pierre blanche légère, très-solide, qui se taille facilement et conserve bien les arêtes et les moulures.

Obsidienne.

(D'*Obsidius*, qui le premier signala cette roche.)

Syn. Verre des volcans.

Agate noire d'Islande.

Marékanite.

Miroir des Incas.

Stigmite (Brongniart) en partie.

Trachyte obsidienne (Coquand).

Obsidian des Allemands.

Caractères généraux. — Enfin l'obsidienne est une roche parfaitement compacte fondant toujours au chalumeau sans boursofflement en verre blanchâtre, lors même qu'elle est d'un noir foncé. C'est un verre naturel plus ou moins translucide, quelquefois opaque, rayant le verre; sa couleur ordinairement noirâtre, est parfois grisâtre ou jaunâtre. Elle offre une cassure largement conchoïdale.

Beaucoup de chimistes ont analysé des variétés diverses d'obsidienne. M. Erdmann a étudié celle de Braunsdorf, en Saxe (1); M. Damour, celle de l'Inde (2); M. Murdoch, celle de la Nouvelle-Zélande (3).

| | (1) | (2) | (3) |
|---------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Silice. | 75.64 | 70.54 | 75.20 |
| Alumine. | 10.64 | 8.65 | 6.86 |
| Sesquioxyde de fer. . . . | 1.56 | » | 6.54 |
| Protoxyde de fer. | » | 10.52 | » |
| Oxyde de manganèse. . . . | 4.00 | 0.32 | » |
| Chaux. | 2.50 | 4.56 | } 3.83 |
| Magnésie. | 0.74 | 1.67 | |
| Potasse | } 3.50 | » | } 7.57 |
| Soude. | | 3.54 | |
| Eau. | 0.25 | » | » |
| | <u>98.40</u> | <u>99.38</u> | <u>100.00</u> |

Gisement. — Elle constitue de grandes assises, des courants, ou des couches dans les terrains volcaniques, tertiaires ou actuels.

Applications. — L'obsidienne connue des anciens Mexicains et des Péruviens, leur servait de miroir, et les éclats leur fournissaient des instruments tranchants, usage auquel cette roche était employée déjà aux temps anté-historiques.

4° SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 6, 3, 1.

LABRADOR.

(De *Labrador*; région où cette roche existe en abondance.)

Syn. *Feldspath opalin.*

Labradorite.

Saussurite.

Jade.

Notre quatrième sous-groupe comprend les roches dont le feldspath constituant est le *labrador*. Nous y distinguons trois types suivant que la roche est *grenue* (labradorite, harmophanite), *compacte* (saussurite) ou *scoriacée* (téphrine, en partie).

Labradorite.

(De *labrador*, minéral caractéristique)

Syn. *Harmophanite* (Cordier).
Feldspath lamellaire en roche.
Pegmatite (en partie).
Feldspathine (Boubée).

Caractères généraux. — Les variétés de labradorites sont surtout caractérisées par la présence du *quartz*, de la *tourmaline*, de la *pinite*, du *mica*, etc.

Voici d'après Chenevix la composition d'une labradorite des Carnates :

| | |
|------------------|--------|
| Silice. | 64.00 |
| Alumine. | 24.00 |
| Chaux. | 6.25 |
| Fer. | 2.00 |
| Perte. | 3.75 |
| | 100.00 |

Gisement. — Les labradorites et les harmophanites forment de petits enclaves transversaux, ou de grands filons-dykes, dans les terrains primitifs stratifiés, ou dans les épanchements granitiques.

Saussurite (Beudant).

(De *Saussure*, nom d'homme.)

Syn. *Feldspath tenace.*
Jade (Saussure).
Jade oriental.
Néphrite.

Caractères généraux. — La saussurite est une roche grasse et luisante ; la couleur est généralement le blanc laiteux, le blanc jaunâtre ou le gris.

Dans le tableau suivant, (1) est la saussurite des Alpes d'après Klaproth ; (2) celle du mont Genève d'après Boulanger, et (5) celle d'Orezza par le même.

| | (1) | (2) | (5) |
|------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Silice | 49.00 | 44.6 | 43.6 |
| Alumine | 25.00 | 50.4 | 32.0 |
| Chaux | 10.50 | 15.5 | 21.0 |
| Oxyde de fer | 6.50 | » | » |
| Magnésie | 5.75 | 2.5 | 2.4 |
| Soude | 5.50 | 7.5 | » |
| Potasse | » | » | 1.6 |
| | <u>100.25</u> | <u>100.5</u> | <u>100.6</u> |

Gisement. — Cette roche se trouve en Corse, à la Nouvelle-Zélande, en Chine, dans les Indes, sous forme de rognons ou de très-petites couches dans l'étage des talcschistes.

Applications. — A la saussurite se rapportent un certain nombre de variétés de pierres, que les Chinois taillent sous des formes variées et qu'on désigne sous le nom de *pagodite*.

Tephriue.

(De *tephra*, cendres; à cause de sa couleur.)

Syn. *Trachyte* (en partie).

Domite (en partie).

Leucostite décomposée.

Phonolithe décomposée.

Trass (en partie).

Argilite (en partie).

Lave (en partie).

Caractères généraux. — Beaucoup de téphrines doivent être citées ici comme formées de labrador scoriacé renfermant à peine des traces de pyroxène. Ce sont des roches essentiellement volcaniques, quelquefois difficiles à distinguer des trachytes.

Elles offrent une pâte grisâtre terne, ayant généralement peu de consistance.

Gisement. — Ces roches très-abondantes dans la nature se trouvent en couches, en amas, en dykes, accompagnant les roches trachytiques proprement dites.

Applications. — Certaines variétés sont susceptibles d'être employées dans la construction des édifices et des trottoirs.

5^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 8 : 3 : 1.

OLIGOKLASE.

(De *ὀλίγος*, rare, et *κλάω*, je fends; parce que ses clivages sont peu nets et peu nombreux.)

Syn. *Andésine* (Abich).

Andésite.

Caractères généraux. — L'andésite offre avec le trachyte la plus complète analogie de caractères extérieurs, et ses variétés sont caractérisées par les mêmes minéraux accidentels. Sa composition ressort des analyses suivantes, exécutées par MM. Abich et Ramelsberg, sur des variétés de l'andésite de Marmato, dans la Nouvelle-Grenade :

| | | |
|-------------------------|-------|--------|
| Silice. | 59.60 | 60.26 |
| Alumine. | 24.28 | 25.01 |
| Sesquioxyde de fer. . . | 1.58 | » |
| Chaux. | 5.77 | 6.87 |
| Magnésie. | 1.08 | 0.14 |
| Soude. | 6.55 | 7.74 |
| Potasse | 1.08 | 0.84 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 99.92 | 100.86 |

Gisement. — Le gisement est analogue à celui du trachyte. L'andésite constitue tous les grands volcans de l'Amérique du Sud.

21^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Silicate hydraté d'alumine et de protoxyde.*

La considération tirée de la composition quantitative qui nous a conduit à créer des sous-groupes parmi les roches précédentes doit

nous porter à répartir les masses qui nous occupent maintenant en quatre catégories caractérisées par les quatre nombres qui indiqueront le rapport des quantités d'oxygène existant dans la silice, l'alumine, le protoxyde et l'eau.

Ces quatre nombres peuvent :

1° Être 2, 1, 4, 4; dans ce cas la roche porte le nom de *chamoisite*.

2° Ou bien 6, 2, 5, 1 (environ); et alors la roche est appelée *glauconite*.

3° Ou bien 18, 12, 15, 15; et dans ce cas la roche est connue sous la dénomination de *chloristoschiste*.

4° Ou enfin tout différents sans qu'on puisse le préciser, ainsi que le montre le *rétinite*.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 2 : 1 : 4 : 4.

CHAMOISITE.

(De *Chamoison*, Valais; localité où elle fut découverte.)

Syn. *Mine de fer bleue*.

Caractères généraux. — Les roches désignées sous le nom de *chamoisite* sont noirâtres ou d'un gris verdâtre; nous les répartirons en deux types d'après leur structure, qui peut être *compacte* ou *globuleuse*.

Les variétés *calcaire*, *magnésifère*, *quartzeuse* et *argileuse* doivent être spécialement citées.

La composition de la *chamoisite* a été déterminée par Berthier, voici ses résultats, relatifs, ceux de la première colonne à la variété pure, ceux de la seconde à une variété calcarifère.

| | | |
|---------------------------------|-------|-------|
| | (1) | (2) |
| Silice | 14.3 | 12.0 |
| Protoxyde de fer | 60.0 | 50.5 |
| Alumine | 7.8 | 6.6 |
| Carbonate de magnésie | « | 1.2 |
| Carbonate de chaux | » | 14.4 |
| Eau | 17.4 | 14.7 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.0 | 99.4 |

Gisement. — La chamoisite a été découverte à Chamoison, dans le bas Valais, et retrouvée dans les départements des Côtes-du-Nord, de Maine-et-Loire, etc. C'est dans le terrain de transition qu'on la rencontre.

Applications. — On emploie la chamoisite comme minerai de fer, bien qu'elle ne donne en général que 20 pour 100 de fonte, en moyenne.

2° SOUS-GROUPE. *Rapp, atom.*, 6 : 2 : 5 : 1.

GLAUCONITE.

(De *γλαυκος*, vert; à cause de sa couleur.)

Syn. *Glauconie.*

Fer chloriteux.

Caractères généraux. — La glauconite est une roche verte ou verdâtre, terreuse et en général peu dure. Voici (1) l'analyse des grains verts de la glauconie du calcaire grossier inférieur du bassin de Paris par M. Blaire, (2) celle des grains analogues d'Allemagne par Berthier; (3) celle de la glauconie oolithiforme de Saint-Laurent, vallée de l'Esteron, dans le Var, par M. Blaire, (4) enfin celle de la glauconie des grès verts de New-Jersey, par M. Rogers.

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Silice | 40.0 | 46.1 | 54.2 | 50.75 |
| Oxyde de fer. | 24.7 | 19.6 | 15.8 | 22.14 |
| Potasse. | » | 5.3 | 5.4 | 12.96 |
| Magnésie. | 16.6 | 3.8 | 5.6 | » |
| Chaux. | 5.5 | » | 3.0 | » |
| Alumine. | 1.7 | 5.5 | 5.4 | 6.50 |
| Eau (et perte au feu). . . | 12.6 | 8.9 | 14.6 | 7.50 |
| Sable quartzeux mélangé. | » | 10.8 | » | » |
| | <u>98.9</u> | <u>100.0</u> | <u>100.0</u> | <u>99.85</u> |

Gisement. — La glauconite se rencontre en rognons ou en en-duits, dans les roches amygdalaires des terrains trappéens, ou en

grains disséminés quelquefois avec profusion, dans les sables et les calcaires des parties inférieures du sol crétaé et du sol tertiaire.

Applications. — A ce sous-groupe se rapportent les terres vertes de Chypre et de Vérone, dont la dernière est employée en peinture sous le nom de baldogée.

5° SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 18 : 12 : 15 : 15.

CHLORITOSCHISTE.

(De *chlorite*, minéral caractéristique.)

Syn. *Schiste vert* (en partie).
Schiste chloriteux.
Talcite chloritique.
Chloritslate des Anglais.
Chloritschiefer } des Allemands.
Chloritin. }
Pierre ollaire.
Topfstein des Allemands.

Caractères généraux. — Dans notre troisième sous-groupe se placent les roches appelées chloritoschistes ou talcites chloritiques. Elles sont essentiellement schistoïdes et très-souvent verdâtres.

Bunsen a analysé le chloritoschiste du Riffelholn en Suisse. Nous rapporterons ses résultats.

| | |
|------------------------------|---------|
| Silice | 42.08 |
| Alumine | 5.51 |
| Protoxyde de fer | 26.85 |
| Oxyde de manganèse | 0.59 |
| Chaux | 1.04 |
| Magnésie | 17.10 |
| Potasse et soude | Traces. |
| Eau | 11.24 |
| | <hr/> |
| | 102.41 |

Gisement. — Les roches qui nous occupent appartiennent essentiellement aux terrains de cristallisation.

Applications. — C'est au chloritoschiste que se rapporte la *Pierre ollaire* qui se laisse tourner facilement et s'emploie en conséquence à la fabrication d'une foule d'objets servant dans les usages domestiques et qui supportent parfaitement l'action du feu, tels que marmites, poteries et autres vases propres à cuire les aliments.

Le véritable type de la pierre ollaire (*topfstein* des Allemands) se trouve à Chiavenna. Voici sa composition d'après M. Delesse :

| | |
|------------------------------|--------|
| Silice | 56.57 |
| Alumine | 1.75 |
| Sesquioxyde de fer | 5.85 |
| Chaux | 1.44 |
| Magnésie | 55.59 |
| Eau | 4.97 |
| Acide carbonique | 14.05 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

4^e SOUS-GROUPE.

RÉTINITE.

(Du grec, *ῥητινός*, résine; à cause de son aspect résineux.)

Syn. *Feldspath résinite*.
Stigmite (Brongniart).
Pechstein.

Caractères généraux. — Le rétinite doit à la présence de l'eau de décrépiter sous l'action du chalumeau, et de fondre en une fritte spongieuse, ou en un émail blanchâtre boursoufflé qui prend un volume trois à quatre fois, et même souvent dix à douze fois, plus considérable que le petit débris essayé. Les teintes sont blanchâtres, grisâtres, jaunâtres, brunâtres, verdâtres, et quelquefois noirâtres.

Voici quelques analyses de rétinites provenant de localités très-distantes.

1 se rapporte à une variété noire de Zwickau, examinée par

M. Vehling; 2 est relatif à une variété rougeâtre venant de Kosbitz, et analysée par M. Borenstab; 3, à une variété un peu bitumineuse de Newry, en Irlande, étudiée par M. Knox; 4 enfin, à une variété recueillie dans l'île d'Arran, en Écosse, et analysée par M. Thomson.

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|---------------------------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| Silice. | 70.40 | 72.42 | 72.80 | 65.50 |
| Alumine. | 9.71 | 11.26 | 11.50 | 12.74 |
| Sesquioxyde de fer. | 5.62 | 0.75 | 3.04 | » |
| Protoxyde de fer | » | » | » | 5.80 |
| Protoxyde de manganèse. | 2.10 | » | r | » |
| Chaux. | 5.51 | 1.55 | 1.12 | 4.46 |
| Magnésie. | 1.52 | 0.28 | » | » |
| Potasse | 4.69 | 5.80 | » | » |
| Soude. | | 2.36 | 2.86 | 6.22 |
| Perte au feu (eau). | 5.95 | 7.64 | 8.50 ¹ | 8.00 |
| | <u>99.78</u> | <u>99.86</u> | <u>99.82</u> | <u>98.72</u> |

La densité du rétinite varie de 2.27 à 2.56.

Gisement. — Cette roche se trouve habituellement dans les terrains volcaniques.

22^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Fluosilicate d'alumine et de protoxyde.*

MICA.

(De *micare*, briller.)

Syn. *Verre de Moscovie.*

Glimmer des Allemands.

Caractères généraux. — Le mica, que l'on trouve en abondance assez grande pour constituer des roches à lui seul, appartient toujours à la même espèce.

C'est une roche toujours schistoïde, dont les principales variétés sont caractérisées par la présence du *feldspath*, de la *tourmaline*, du *corindon*, etc.

¹ L'eau était accompagnée de matières organiques.

Voici, comme type de mica en roche, la composition d'un échantillon provenant de Chursdorf, en Saxe, et analysé par Gmelin.

| | |
|--------------------------|--------|
| Silice | 42.01 |
| Alumine. | 16.05 |
| Oxyde de fer. | 4.95 |
| Magnésie. | 25.97 |
| Potasse | 7.55 |
| Acide fluorique. | 0.68 |
| Eau. | 2.81 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Gisement et mode de formation. — Le mica en roche est peu abondant, et forme seulement de petits amas stratifiés, ou des couches peu étendues dans l'étage des micaschistes. Relativement à l'origine du mica, on ne possède que des données très-incertaines. Toutefois, une expérience de M. Daubrée paraîtrait avoir eu pour résultat la reproduction synthétique de cette espèce minérale. En effet, ayant soumis dans un tube à l'action de l'eau suréchauffée de l'argile de Klingenberg, près Cologne, l'auteur la vit se charger d'une multitude de paillettes blanches nacrées et douées de l'éclat du mica. D'après l'examen fait par M. de Sénarmont, ces paillettes, qui sont hexagonales, jouissent d'un axe optique de double réfraction. Elles sont fusibles et indiquent au chalumeau la présence de la silice; elles sont attaquables par l'acide chlorhydrique qui manifeste la réaction de l'alumine. La trop faible quantité obtenue n'a pas permis d'en faire une analyse quantitative, mais il paraît bien probable que la substance est un mica à un axe, ou une chlorite.

Applications. — Les usages du mica sont peu nombreux. En grandes lames, il peut servir à la construction de vitres soumises à des efforts considérables, et les Sibériens s'en servent comme les marins. Les feuilles minces sont employées comme porte-objet, soit dans les collections, soit dans les préparations microscopiques, et les physiciens tirent parti des propriétés optiques du mica. Sa poussière est employée sous le nom de poudre d'or ou d'argent pour sécher l'écriture.

25^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Silicate hydraté d'alumine.*

L'analyse quantitative des roches de notre vingt-troisième groupe conduit à les répartir en quatre sous-groupes.

Ce sont les sous-groupes du *phyllade*, du *schiste*, de l'*argile* et de l'*argilite*.

1^{er} SOUS-GROUPE.

PHYLLADE.

(De *phyllos*, feuille; à cause de sa structure feuilletée.)

Syn. *Ardoise.*

Schiste feuilleté.

Caractères généraux. — Le phyllade est une roche schistoïde de couleur très-variable que nous laissons sans subdivisions de type, et qui comprend diverses variétés dues à la présence de l'*anthracite*, du *calcaire*, du *quartz*, etc.

M. Sterry Hunt a trouvé dans le phyllade d'Angers (Maine-et-Loire) :

| | |
|---------------------------|--------|
| Silice. | 57.00 |
| Alumine. | 20.10 |
| Protoxyde de fer. | 10.98 |
| Chaux. | 1.25 |
| Magnésie. | 3.59 |
| Potasse. | 1.75 |
| Soude. | 1.30 |
| Eau. | 4.40 |
| | 100.15 |

Gisement. — Cette roche est très-commune dans la nature et appartient à divers étages. Les phyllades constituent des assises puissantes, et se trouvent : 1^o dans les terrains cambriens et siluriens où ils succèdent en stratification concordante aux terrains talqueux primitifs, comme à Deville et à Fumay dans les Arden-

nes, ainsi qu'à Angers (Maine-et-Loire) ; 2° dans les terrains anthraxifères Alpins, où ils sont fréquemment calcarifères, comme à Briançon (Hautes-Alpes), Cesanne et le mont Genève; les environs de Servoz dans la vallée de l'Arve en Savoie ; le Val de Tignes, etc. ; 3° enfin dans les terrains nummulitiques, comme à Glaris en Suisse.

Applications. — Parmi les usages des phyllades, rappelons que ces roches servent à couvrir les édifices, à faire des dalles, des tables, des planches à écrire (ardoises), etc. Les meilleures ardoises de France sont peut-être celles d'Angers, à raison de leur structure très-fine, régulièrement schistoïde et de leur grande durée ; aussi leur extraction s'élève-t-elle annuellement à une valeur d'environ 2 millions. Les ardoises de Fumay sont aussi très-estimées.

2° SOUS-GROUPE.

SCHISTE.

(De σχίζω, je fends ; à cause de ses clivages.)

Syn. *Térénite* (Gordier).

Argile schisteuse.

Novaculite.

Schiste novaculaire.

Coticule.

Schieferthon } des Allemands.

Thonschiefer }

Wetzschiefer }

Caractères généraux. — Le schiste, appelé aussi schiste argileux et comprenant la novaculite et la térénite, est une roche d'apparence analogue au phyllade, mais qui s'en distingue facilement à ce caractère, qu'il perd sa cohérence par l'exposition aux influences météoriques et se transforme en argile, c'est-à-dire en une terre faisant pâte avec l'eau. Cette roche forme des couches à texture schistoïde, à feuillet communément droits, non susceptibles d'une division indéfinie, mais donnant souvent de petits polyèdres terminés par des faces qui ne présentent aucun indice

de division ultérieure. Elle est ordinairement tendre ; ses variétés siliceuses passant au jaspe sont plus dures. Parmi les variétés, il faut citer celles qui sont caractérisées par le *mica*, l'*oligiste*, la *limonite*, l'*anthracite*, le *bitume*, l'*andalousite*.

Berthier a obtenu les nombres suivants dans l'analyse d'un schiste des environs de Cherbourg.

| | |
|-----------------------|-------|
| Silice. | 68 |
| Alumine | 15 |
| Oxyde de fer. | 5 |
| Magnésie | 2 |
| Chaux. | 1 |
| | <hr/> |
| | 91 |

Gisement. — C'est dans les terrains anciens, et particulièrement dans les couches siluriennes, qu'on rencontre les schistes.

Applications. — Certains schistes très-fins sont désignés sous le nom de novaculite et sont très-recherchés comme excellentes pierres à aiguiser les rasoirs, les lancettes, les canifs, etc. Au Canada, il en existe une variété (pierre à calumet), remarquable par sa couleur rouge uniforme, due à du peroxyde de fer, et qui est très-employée par les Indiens pour la fabrication de leurs pipes et de divers autres objets.

3^e SOUS-GROUPE.

ARGILE.

(De ἀργίλλος; même sens.)

Syn. *Kaolin*.

Terre de pipe.

Terre à porcelaine.

Smectite

Pierre à détacher

Savon de soldat.

Cimolithe.

Terre à foulon.

Argile plastique.

Terre glaise.

Glaise.

Terre à pot.

Figuline.

Clay

Fullersearth } des Anglais.

Thon

Teqel

Klebschieffer } des Allemands.

Walkerde

Caractères généraux. — Notre troisième sous-groupe, celui des argiles, peut être divisé en trois types, savoir : 1° celui des roches terreuses et lâches (kaolin); 2° celui des roches terreuses et serrées (argiles plastique, smectique, cimolithe, etc.); et 3° celui des roches schistoïdes (klebschieffer des Allemands).

Le kaolin, ou terre à porcelaine, est une roche infusible faisant difficilement pâte avec l'eau et happant légèrement à la langue.

Le kaolin de Saint-Yrieix, dont la manufacture de Sèvres consomme de très-grandes quantités, a donné à Berthier :

| | |
|-------------------|---------|
| Silice. | 46.8 |
| Alumine | 57.5 |
| Potasse. | 2.5 |
| Magnésie. | Traces. |
| Eau | 1.3 |
| | <hr/> |
| | 99.6 |

L'argile plastique fait avec l'eau une pâte tenace qui conserve les formes qu'on lui imprime, et qui, par l'action du feu, devient dure; fragile, rude au toucher, et perd la propriété de faire pâte avec l'eau. Ses couleurs sont le blanc, le grisâtre, le noirâtre, le brunâtre, le rougeâtre, le rosâtre, le verdâtre, le bleuâtre, unies ou bigarrées.

Parmi les variétés très-nombreuses de l'argile, on peut citer celles qui sont dues à la présence du *mica*, du *charbon*, du *sel marin*, de l'*oxyde de fer*, etc.

Comme type d'argile plastique, nous donnerons la compo-

sition d'une variété très-abondante à Vaugirard-Paris. Elle renferme :

| | |
|-----------------------|-------|
| Silice. | 51.84 |
| Alumine. | 26.10 |
| Oxyde de fer. | 4.91 |
| Chaux | 2.25 |
| Magnésie | 0.25 |
| Eau. | 14.58 |
| | <hr/> |
| | 99.91 |

Enfin, le klebschieffer ou schiste happant est une roche schistoïde remarquable par la force avec laquelle elle happe à la langue et qui, lorsqu'elle est desséchée, absorbe l'eau avec sifflement. Son aspect est terne, sa couleur : le grisâtre passant au brunâtre ou au blanchâtre.

Voici les résultats obtenus par Berthier, dans l'examen d'une variété provenant de Saint-Ouen, près Paris :

| | |
|-----------------------|-------|
| Silice. | 51.0 |
| Alumine | 14.0 |
| Magnésic. | 15.4 |
| Oxyde de fer. | 3.0 |
| Eau | 18.2 |
| | <hr/> |
| | 99.6 |

Gisement. — Le kaolin forme des amas ou des filons dont la couleur est ordinairement blanche et quelquefois jaunâtre, grisâtre, verdâtre ou rougeâtre. L'argile plastique se rencontre en couches, en amas ou en filons dans tous les terrains.

Applications. — Le kaolin est employé, comme on sait, pour la fabrication de la porcelaine.

L'argile sert à la fabrication des poteries, des briques, etc. Sous le nom de *Smectite*, on se sert de certaines argiles pour dégraisser et donner le lustre aux draps et aux autres étoffes de laine (terre à foulon).

Celle qu'on emploie surtout en Angleterre et qui provient du Hampshire renferme :

| | |
|------------------------|--------|
| Silice | 50.80 |
| Alumine | 25.00 |
| Chaux | 2.50 |
| Oxyde de fer | 0.70 |
| Magnésie | 0.20 |
| Eau | 24.50 |
| | <hr/> |
| | 101.50 |

4^e SOUS-GROUPE.

ARGILITE.

(De *argile*; parce qu'elle s'en approche, et de *λίθος*, pierre; parce qu'elle est dure.)

Syn. *Argile durcie*.

Argile endurcie.

Argilolithe.

Werkærterthon des Allemands.

Caractères généraux. — L'argilite est une roche infusible qui ne fait point pâte avec l'eau, et offre souvent la propriété de se rompre naturellement en petits fragments anguleux, tendant à la forme cuboïde ou rhomboïdale irrégulière. Elle a ordinairement des couleurs assez vives, grisâtre, verdâtre, violâtre, rougeâtre et quelquefois noirâtre.

Voici les résultats fournis par l'analyse d'une variété d'argilite, provenant d'Andeuves, aux environs de Namur, en Belgique.

| | |
|------------------------|-------|
| Silice | 52 |
| Alumine | 27 |
| Oxyde de fer | 2 |
| Eau | 19 |
| | <hr/> |
| | 100 |

Gisement. — Cette roche forme des couches dans diverses assises du sol sédimentaire, tels que les terrains devonien, houiller, triasique, crétacé et même tertiaire.

Application. — Elle peut, dans certains cas, servir comme pierre de construction.

24^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Silicate hydraté de magnésie.*

Ces roches sont très-nombreuses. Nous les diviserons en trois sous-groupes d'après les résultats de leur analyse quantitative savoir : 1^o le sous-groupe de la *magnésite*; 2^o le sous-groupe de la *serpentine*; 3^o le sous-groupe du *stéaschiste*.

1^{er} SOUS-GROUPE.

MAGNÉSITE.

(de *magnésie*; parce que cette substance en est la base.)

Syn. *Sépiolite* (Glocker).

Écume de mer.

Meerschaum des Allemands.

Caractères généraux. — Le premier sous-groupe comprend la *magnésite* ou *écume de mer*. Elle se rapporte à deux types principaux. C'est une roche *compacte* ou *schistoïde*, opaque, terne et d'aspect terreux, de couleur blanche, grise, jaune ou rosâtre; spongieuse, très-légère quand elle est desséchée et happant fortement à la langue; faisant difficilement pâte avec l'eau. Certaines variétés sont *calcarifères*, *argilifères*, etc.

La magnésite de l'Anatolie a fourni à Klaproth, dans deux analyses, les résultats que voici :

| | (1) | (2) |
|------------------------|---------------|---------------|
| Silice. | 50.50 | 41.00 |
| Magnésie. | 17.25 | 18.25 |
| Chaux. | 0.50 | 0.50 |
| Acide carbonique . . . | 5.00 | » |
| Eau. | 25.00 | 59.00 |
| Perte | 1.75 | 1.25 |
| | <u>100.00</u> | <u>100.00</u> |

Gisement. — La magnésite forme des couches dans les terrains lacustres tertiaires, et divers autres terrains. C'est surtout sur les

côtes de la Crimée et de l'Asie Mineure ainsi qu'à la Nouvelle-Galles du Sud, que se trouvent les variétés les plus pures.

Applications. — On emploie l'écume de mer à fabriquer des pipes très-estimées ; les variétés moins pures servent à la préparation de la magnésie et de ses sels.

2° SOUS-GROUPE.

SERPENTINE.

(De *serpens*; parce que ses couleurs rappellent parfois la peau des reptiles.)

Syn. *Ophiolithe* (Brongniart).

Marmolithe.

Renslaerite (Emmons).

Caractères généraux. — Les *serpentes* constituent notre deuxième sous-groupe. Elles se répartissent en quatre types principaux, suivant qu'elles sont *compactes*, *schistoïdes*, *globulaires* ou *bréchiiformes*.

Ce sont des roches tenaces, mais tendres. La couleur est souvent le vert foncé; d'autres fois le brunâtre, le noirâtre, le rougeâtre, ordinairement bigarrée et rarement unie.

Parmi les substances accidentelles qui caractérisent les principales variétés, il faut citer la *diallage* le *calcaire*, le *grenat*, le *quartz*, la *grammatite*, la *magnétite*, le *fer chromé*, etc.

La densité moyenne de la serpentine est égale à 2,7. Sa composition élémentaire ressort des chiffres obtenus par M. Delesse, dans l'analyse des variétés provenant la première (1), du col de Perthuis dans les Vosges, et la seconde (2) de Villa Rota sur le Pô, en Italie :

| | (1) | (2) |
|-----------------------|---------------|--------------|
| Silice. | 40.85 | 41.34 |
| Alumine. | 0.92 | 5.22 |
| Protoxyde de fer. . . | 7.59 | 5.54 |
| Oxyde de manganèse . | Traces. | » |
| Chaux | 1.50 | » |
| Magnésie | 57.98 | 57.61 |
| Oxyde de chrome. . . | 0.68 | Traces. |
| Eau et perte au feu . | 10.70 | 12.06 |
| | <u>100.00</u> | <u>99.77</u> |

Quant à sa composition immédiate ou minéralogique, elle a été mise en évidence par un long travail que nous avons exécuté nous-mêmes sur des variétés très-nombreuses. D'après ce travail, la serpentine, au lieu d'être formée comme on l'admet partout et comme l'indique la place qu'elle occupe ici, d'une seule espèce minéralogique, renferme normalement quatre minéraux *essentiels*. Ce sont : 1° un hydro-silicate magnésien, 2° du pyroxène, 3° du péridot, 4° des grenailles de fer oxydulé. Nous avons réalisé, par des procédés chimiques la séparation de ces trois principes immédiats, et la connaissance de cette nature complexe éclaire d'un jour tout nouveau la question si mal élucidée jusqu'ici de l'origine des serpentines.

En traitant la serpentine pulvérisée par une lessive assez concentrée de potasse et à une température voisine de l'ébullition, on arrive à attaquer complètement tout le silicate hydraté. La poudre qui reste est absolument anhydre, mais elle est partiellement attaquable par l'acide chlorhydrique et l'analyse chimique y démontre la présence simultanée du pyroxène et du péridot.

Gisement. — On trouve dans les montagnes granitiques de la Provence, des Vosges, de la Vendée et du Limousin, des dépôts circonscrits de serpentine, que M. Élie de Beaumont considère comme postérieurs au terrain triasique et antérieurs au terrain jurassique. La Ligurie, la Toscane, la Corse et les Alpes du Dauphiné sont en Europe la patrie par excellence des roches serpentineuses. En Toscane, la serpentine associée à l'euphotide et au mélaphyre forme un système considérable, dont l'histoire géologique, suivant la très-juste remarque de M. Coquand, est absolument indivisible. Les montagnes formées par ce système sont de moyenne hauteur, et ressemblent à des coupoles dont la base est généralement associée à des couches appartenant à l'étage nummulitique.

Il est incontestable que ces serpentines sont postérieures au terrain tertiaire éocène, car non-seulement on voit celui-ci traversé par les serpentines sous forme de dykes et de filons, mais encore les modifications énergiques qu'il a subies à leur contact en fournissent une preuve tout aussi convaincante.

Origine et mode de formation. — Les recherches citées plus haut nous ont fourni, comme nous le disions il n'y a qu'un instant,

des lumières nouvelles quant à l'origine et au mode de formation des serpentines. Leur composition immédiate les fait apparaître, en effet, comme les résultats d'une hydratation plus ou moins avancée d'une roche originairement anhydre et formée essentiellement de pyroxène et de périclote. Or on ne trouve de roche satisfaisant à la fois à cette composition spéciale et présentant la structure des serpentines que parmi les météorites ou pierres qui tombent du ciel.

Malgré l'extrême distance qui sépare les gisements de ces deux roches, et en application d'une des plus grandes découvertes modernes, à savoir l'unité de constitution du système solaire, on est autorisé à voir dans les météorites en question, désignées en lithologie sous le nom d'*aumalite*, la représentation des roches terrestres cachées à nos yeux par leur profondeur d'où dérivent les serpentines par hydratation. Ces roches profondes faisant éruption à travers les terrains superficiels se sont nécessairement trouvées en présence d'actions hydratantes qui rendent compte, jusque dans leurs moindres détails, des particularités des serpentines. Cette manière de voir explique, entre autres, ce fait incompréhensible autrement, que les serpentines sont à la fois d'origine évidemment éruptive et de nature essentiellement hydratée. Qu'il nous soit permis de renvoyer ceux de nos lecteurs que ce sujet de géologie comparée intéresserait au volume que nous avons publié récemment à la librairie Didot, sous ce titre : *Le Ciel géologique*.

Applications. — La serpentine, notamment celle qui appartient au type pseudo-fragmentaire, est exploitée sur une grande échelle pour la marbrerie de luxe. On l'emploie à la confection d'une foule d'objets d'art, tels que vases, socles, pendules, encriers, colonnettes, etc., et elle est d'autant plus propre à ces usages qu'elle se rapproche davantage du véritable ophtalme. Les variétés talqueuses sont appliquées dans quelques pays, comme pierres ollaires, à la confection de poêles et de fourneaux, et l'on en fait aussi quelquefois des vases réfractaires.

5° SOUS-GROUPE.

STÉASCHISTE (Brongniart).

(De *στῆσις*, suif; à cause de son toucher onctueux.Syn. *Talcschiste* (en partie).*Craie de Briançon.*

Caractères généraux. — Notre troisième sous-groupe comprend le *stéaschiste*. C'est une roche qui forme des couches à texture schisteuse plus ou moins *compacte, grenue, porphyroïde* ou *amygdaloïde*. Elle est quelquefois douce et onctueuse au toucher; souvent rude, propriété qui paraît due aux matières accidentelles. Son éclat est ordinairement luisant, ses couleurs sont souvent le vert, quelquefois le grisâtre, le jaunâtre, le rougeâtre, le brunâtre, etc. Comme variétés principales, on peut citer celles qui sont dues à la présence du *quartz*, du *feldspath*, du *grenat*, du *calcaire*, etc.

Les nombres suivants indiquent d'après M. Werther, la composition du stéaschiste de Zoptan :

| | |
|-----------------------------|-------|
| Silice. | 55.28 |
| Alumine. | 4.45 |
| Sesquioxyde de fer. | 6.94 |
| Chaux. | 1.51 |
| Magnésic. | 29.85 |
| Perte au feu | 2.60 |
| | 98.61 |

Gisement. — Les stéaschistes sont associés avec les micaschistes et les schistes cristallins. Ils se lient d'une manière insensible aux talcschistes qui sont essentiellement formés de talc et de quartz, par les variétés quartzceuses qui sont très-abondantes. On rencontre surtout les roches qui nous occupent dans les chaînes des Alpes et dans les Pyrénées. Elles existent aussi en Corse, dans le Tyrol, en Toscane.

Application. — Quand il est homogène et uniforme, le stéaschiste constitue une excellente pierre réfractaire, avec laquelle on revêt l'intérieur des hauts fourneaux, etc. Cette roche fournit aussi de bons moellons et des pierres de tailles.

25^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Silicate anhydre de magnésie.*

Les roches de notre vingt-cinquième groupe se divisent très-naturellement en deux sous-groupes, suivant que le rapport entre les quantités d'oxygène de la silice et de la magnésie est représenté par 2 : 1 ou par 9 : 4. Dans le premier cas, le minéral constituant est du pyroxène ; dans le second cas, c'est de l'amphibole.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 2 · 1.

PYROXÈNE.

Le minéral composant des roches de ce premier sous-groupe, est connu sous le nom de pyroxène. Mais il y a plusieurs espèces de pyroxène caractérisées par des différences très-légères dans la composition quantitative, ou dans la forme des cristaux, et qui cependant sont admises par tous les minéralogistes.

C'est ainsi que nous sommes contraints de réunir dans le sous-groupe auquel nous sommes arrivés des roches formées entièrement de coccolithe, des roches entièrement formées de diallage et des roches entièrement formées d'hypersthène.

Il se trouve d'ailleurs que ces divisions de pure minéralogie coïncident presque exactement avec celles que nous conduit à instituer la considération de la structure, qui est notre caractère distinctif des divers types.

Pyroxénite.

(De *pyroxène*, minéral caractéristique.)

Syn. *Coccolithe.*

Coccolite.

Caractères généraux. — La pyroxénite, appelée souvent coccolithe, est une roche essentiellement grenue. Les minéraux acci-

dentels qui caractérisent ses principales variétés sont : l'*apatite*, le *calcaire*, le *talc*, le *mica*, l'*amphibole*, le *feldspath*, etc.

D'après Wachmeister, la composition de la roche de Norwége résulte des analyses suivantes fournies par deux échantillons :

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| Silice. | 57.21 | 57.40 |
| Alumine. | 0.45 | » |
| Chaux | 24.94 | 25.10 |
| Magnésie. | 16.75 | 16.74 |
| Oxyde de fer. | 0.20 | » |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 99.55 | 97.24 |

Gisement. — C'est dans les terrains primitifs de granite, de gneiss et de micaschites que se trouve la coccolithe en amas stratiformes ou en rognons : ainsi elle affecte un pareil gisement dans le Tyrol, dans le Piémont, en Suède, etc. On l'observe cependant à Arendal, en Norwége, sous la forme de filons.

Diallagite.

(De *diallage*, minéral caractéristique.)

Syn. *Bronzite.*

Smaragdite.

Schillerspath des Allemands.

Caractères généraux. — La *diallagite* ou *diallage* en roche est tantôt grenue et tantôt compacte. Le *talc*, la *serpentine*, l'*hypersthène*, le *feldspath*, caractérisent ses principales variétés.

Celle de Piémont a donné à l'analyse :

| | |
|---------------------------|-------|
| Silice | 50.05 |
| Chaux. | 15.65 |
| Magnésie. | 17.24 |
| Protoxyde de fer. | 11.98 |
| Alumine. | 2.58 |
| Eau. | 2 15 |
| | <hr/> |
| | 99.61 |

Gisement. — La *diallagite* forme tantôt de petits lits, des amas

ou des couches dans les terrains stratiformes (étages des talschistes); tantôt des veines, de petits filons ou des amas, notamment dans les serpentines. On peut l'observer entre autres en Toscane, en Piémont et dans la Valteline.

Hyperthénite.

(De *hyperthène*, minéral caractéristique.)

Syn. *Hypérite* (en partie).
Syénite hyperthénique.
Sélagite (en partie) (Cordier).
Paulitsfels } des Allemands.
Schillerspath }

Caractères généraux. — Haussmann donne le nom d'*hyperthénite* à l'*hyperthène* en masse des minéralogistes : c'est une roche essentiellement grenue, qui présente de nombreuses variétés dues au *quartz*, au *calcaire*, au *mica*, à la *diallage*, au *labrador*, etc. Cette dernière fait passer la roche à l'état de *sélagite* ou *hypérite*.

Laugier a trouvé pour une variété d'*hyperthène*, en roche :

| | |
|------------------------------|---------|
| Silice | 42.00 |
| Alumine | 12.00 |
| Chaux | 11.00 |
| Magnésic | 2.25 |
| Potasse | Traces. |
| Oxyde de fer | 50.00 |
| Oxyde de manganèse | 0.25 |
| Eau | 0.75 |
| Perte | 1.75 |
| | 100.00 |

Gisement. — L'*hyperthénite* constitue tantôt des couches stratiformes dans les divers étages du sol primitif, tantôt des enclaves transversaux ou des dykes dans les mêmes terrains, et quelquefois dans les terrains sédimentaires; on la trouve dans un grand nombre de localités.

2^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 9 : 4.

AMPHIBOLE.

L'amphibole qui peut entrer dans la constitution des roches étant d'une seule espèce minéralogique, nous n'avons pas ici à faire des distinctions analogues à celles qu'il a fallu établir parmi les roches de pyroxène.

Amphibolite.(De *amphibole*, minéral caractéristique.)Syn. *Hornblendeschiefer* des Allemands.

Caractères généraux. — L'*amphibolite* est la seule roche de ce second sous-groupe ; elle est ou schistoïde, ou grenue, ou compacte, et comprend diverses variétés caractérisées par la présence du quartz, du disthène, du talc, du mica, du pyroxène vert, de la diallage, de l'épidote, du grenat, du feldspath, etc.

Voici, d'après M. G. Bischof la composition chimique des amphibolites de Miltez en Saxe (1) ; de Hartmannsgrün, près de Greshubel, en Bohême (2) ; de Mittelstein, en Silésie (3) ; de Kalvole, en Finlande (4).

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Silice. | 48.65 | 48.62 | 54.75 | 50.15 |
| Alumine | 16.42 | 20.19 | 13.48 | 13.30 |
| Sesquioxyde de fer . . | 18.62 | 12.15 | » | 27.54 |
| Protoxyde de fer. . . | 4.69 | » | 14.38 | » |
| Oxyde de manganèse . | 0.48 | Traces. | » | 0.50 |
| Chaux | 7.16 | 11.95 | 6.19 | 0.59 |
| Magnésie | 2.32 | 1.90 | 4.79 | 2.65 |
| Potasse. | 0.56 | 1.27 | } 4.61 | 0.89 |
| Soude | 0.89 | 2.51 | | 1.70 |
| Perte au feu. | 0.21 | 0.62 | 1.80 | 0.26 |
| | <u>100.00</u> | <u>98.99</u> | <u>100.00</u> | <u>97.58</u> |

La densité de l'amphibolite est très-sensiblement égale à 3,00 en moyenne.

Il est démontré aujourd'hui que l'on doit considérer comme constituant un type compacte d'amphibolite, une partie des roches désignées sous le nom de *jade néphrite* et de *jade oriental* dont beaucoup sont formés de labrador.

Voici en effet (1) la composition du jade oriental d'après M. Rammeisberg (2), celle de la même substance d'après M. Damour, et enfin (5), celle d'un jade de la Nouvelle-Zélande.

| | (1) | (2) | (5) |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|
| Silice | 54.68 | 58.24 | 57.10 |
| Magnésic | 26.01 | 27.14 | 25.29 |
| Chaux. | 16.06 | 11.94 | 15.48 |
| Oxyde de fer | 2.15 | 1.14 | 5.29 |
| — de manganèse. | 1.59 | » | » |
| Aluminé. | » | » | 0.72 |
| Eau. | 0.68 | » | 2.50 |
| | <u>100.97</u> | <u>98.46</u> | <u>100.48</u> |

La densité de l'échantillon (2) était égale à 2,97.

Gisement. — Les amphibolites compactes forment des enclaves transversaux et des dykes dans les terrains crétacé supérieur et tertiaire inférieur, comme à Bagnères-de-Bigorre.

L'amphibolite schistoïde, très-riche en minéraux accidentels, se trouve en couches ou en amas subordonnés, dans les étages des gneiss, des micaschistes et des talcschistes. Elle se rencontre, par exemple, au bourg d'Oisans, au Saint-Gothard, en Sardaigne, en Piémont, dans le Tyrol, etc. Les amphibolites grenue et compacte sont ordinairement dépourvues de parties accidentelles.

SEPTIÈME SÉRIE : Carbonates.

26^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate de fer.*

SIDÉROSE.

(De *σίδηρος*, fer.)

Syn. *Fer carbonaté.*

Fer oxydé carbonaté.

Fer spathique.

Mine d'acier.

Oligonspath } des Allemands.

Spatheisenstein }

Flatiron des Anglais.

Caractères généraux. — Ces roches sont connues sous le nom général de *sidérose*. Nous y distinguerons trois types comprenant :

le premier, les variétés *spathiques* (mine d'acier), le second, les variétés *schistoïdes* (blackband), et le dernier, les variétés *lithoïdes* (fer des houillères). Les principales substances accidentelles sont le *quartz*, l'*argile* et le *bitume*.

Voici l'analyse d'échantillons se rapportant à ces divers types.

| | (1) | (2) | (5) |
|-------------------------|--------|--------------------------------|--------|
| Acide carbonique . . . | 58.72 | 50.76 | 58.40 |
| Protoxyde de fer . . . | 59.97 | 58.80 | 41.40 |
| Oxyde de manganèse. . . | » | 0.07 | 4.10 |
| Chaux. | » | 5.30 | 0.20 |
| Magnésie | » | 6.70 | 0.50 |
| Silice | » | 10.87 | 12.50 |
| Alumine. | » | 6.20 | 5.50 |
| | <hr/> | | |
| | 100.00 | Peroxyde de fer 0.35 | <hr/> |
| | | Charbon 1.87 | 100.00 |
| | | Soufre. 0.16 | |
| | | <hr/> | |
| | | 101.06 | |

Gisement. — La sidérose spathique est une substance de filons qu'on rencontre dans les terrains anciens, et même dans les terrains secondaires, où elle est généralement accompagnée de cuivre pyriteux et de fer oligiste. La sidérose schistoïde disséminée principalement dans le terrain houiller se retrouve dans la plupart des terrains secondaires en bancs ou en rognons intercalés dans ces terrains et contemporains des couches qui les contiennent. Le fer carbonaté lithoïde se trouve aussi en rognons disséminés au milieu des argiles et des schistes bitumineux de la formation permienne des environs d'Abov, près de Rodez (Aveyron). La formation jurassique renferme quelquefois du carbonate de fer : ainsi la mine de la Voulte (Ardèche), qui est exploitée sur une couche de plus de 2 mètres de puissance, à la base de l'étage oxfordien, est composée de fer oxydé rouge, et de fer carbonaté. Dans beaucoup de localités, on observe, au milieu des étages marneux jurassiques, des rognons très-riches en sidérose et susceptibles de fournir de véritables minerais. Tels sont les rognons que l'on remarque dans le lias supérieur des environs de Milhau (Aveyron) et d'Orpierre (Drôme) et dans l'oxfordien de la Voulte.

Les marnes du terrain néocmien supérieur renferment, dans

la province de Constantine, des rognons très-volumineux de cette substance ; Dufrénoy en cite pareillement dans les grès verts de la Biscaye; la portion du terrain tertiaire désignée sous le nom de terrain nummulitique, contient, en Toscane, de nombreux rognons de sidérose lithoïde; enfin rappelons qu'en 1857, M. Charles d'Orbigny a découvert à Vanves et à Vaugirard, aux portes de Paris, une variété d'argile plastique intéressante en ce qu'elle renferme une multitude de petits globules de carbonate de fer qui pourrait être exploité avec avantage, si le banc dans lequel il se trouve devenait un peu plus puissant.

Applications. — La sidérose est un minerai important pour la préparation du fer et particulièrement propre au traitement dit à la catalane. Bien que, généralement, tous les terrains houillers contiennent du fer carbonaté lithoïde, ce n'est que dans un petit nombre de localités qu'il existe avec assez d'abondance pour donner lieu à l'établissement de hauts fourneaux. Quand cette circonstance se présente, la réunion du combustible et du minerai permet de fabriquer le fer à un prix très-modéré : telle est la cause de la supériorité incontestable de l'Angleterre pour la production du fer.

27° GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate de zinc.*

CALAMINE.

Syn. *Zinc carbonaté.*
Zinkspath des Allemands.

Caractères généraux. — Ces roches sont désignées sous le nom de *calamine* qui s'applique aussi quelquefois à l'hydrosilicate de zinc et surtout au mélange de cet hydrosilicate avec le carbonate de zinc.

C'est une substance présentant un aspect lithoïde, une couleur blanche ou jaunâtre, une cassure vitreuse et qui est opaque et quelquefois translucide. Deux types doivent être distingués, suivant que la calamine est concrétionnée, et par conséquent *crystalline*,

ou qu'elle est *compacte*. Les variétés sont dues à la présence du *silicate de zinc*, de la *sidérose*, du *carbonate de manganèse*, etc.

La composition d'une variété moyenne provenant de Silésie est indiquée par les nombres suivants :

| | |
|----------------------------|-------|
| Acide carbonique | 50.71 |
| Eau | 0.57 |
| Oxyde de zinc | 56.53 |
| Oxydule de fer | 1.85 |
| — de manganèse | 0.50 |
| Silice. | 9.36 |
| Chaux. | 0.10 |
| Oxyde de cadmium | 0.25 |
| | 99.67 |

Gisement et mode de formation. — La calamine se rencontre dans deux gisements différents : 1° en filons dans les terrains anciens ou de transition, comme à Matlock, dans le Derbyshire ; ce gisement est le plus rare ; 2° en amas ou en gîtes irréguliers avec le silicate au milieu de terrains de sédiment plus modernes, comme à Mendip-hill, en Angleterre ; à Tarnowitz, en Silésie ; et surtout à Altenberg ou Vieille-Montagne, près de Moresnet, en Belgique. Ces derniers dépôts, les plus considérables de tous, se trouvent au milieu du calcaire carbonifère, dans des poches plus ou moins profondes, ou des cavités en forme d'entonnoirs évasés, placés au-dessus de fentes provenant de grandes dislocations du sol. Le minerai remplit ces cavités avec des argiles ferrugineuses, et il est souvent associé à des sulfures de plomb, de zinc, de fer et de cadmium. Suivant M. Delanoue, qui a fait une étude particulière de ces gîtes, la calamine n'est pas une épigénie de la blende comme on l'a cru ; elle serait due à la réaction des carbonates calcaires ou magnésiens du terrain sur les eaux thermales ou métallifères qui l'ont traversé anciennement.

Application. — La calamine constitue le principal minerai de zinc.

28° GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate de magnésie*.

GIOBERTITE.

(De *Giobert*, nom d'homme.)

Syn. *Magnésie carbonatée*.

Magnésie native.

Baudissérite.

Walmstédite.

Breunérite.

Caractères généraux. — La *giobertite*, considérée longtemps comme un minéral rare, a été découverte en masses pures et considérables aux environs de Kraubath, en Styrie, où elle est exploitée pour les besoins des laboratoires et de l'industrie.

Deux types principaux de *giobertite* doivent être affectés, l'un aux variétés spathiques et l'autre aux variétés compactes. Ces variétés sont d'ailleurs caractérisées par la présence du *calcaire*, du *disthène*, de la *magnésie*, etc.

Voici la composition de deux variétés de *giobertite* dont la première est originaire de Castello-Monte, près Turin, et la seconde de Krubschnitz, en Moravie.

| | (1) | (2) |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Magnésie | 26.5 | 45.42 |
| Alumine | » | 0.50 |
| Silice | 14.2 | 4.50 |
| Acide carbonique. | 46.0 | 47.00 |
| Fer | Traces. | 0.50 |
| Chaux | » | 0.08 |
| Eau | 12.0 | 2.00 |
| Perte | 1.5 | » |
| | <hr/> 100.0 | <hr/> 100.00 |

Gisement. — On a récemment rencontré la *giobertite* en Autriche, près de Bruck, dans la vallée de Fragvoess, dans les terrains anciens qu'on rapporte au système silurien. Elle y forme des couches à la manière du fer spathique, auquel elle ressemble beaucoup par l'aspect.

Un autre gisement important de cette substance vient d'être dé-

couvert à Grochau, près de Wartha, en Silésie, où il est exploité, non-seulement pour préparer des sels de magnésie, mais aussi de l'acide carbonique, exempt d'odeur, et d'un prix de revient très-peu élevé. Des couches considérables que l'on rencontre dans les terrains anciens du Canada, et que l'on prenait pour du calcaire ou de la dolomie, consistent, d'après les analyses de M. Sterry Hunt, en carbonate de magnésie. Enfin, cette même substance est signalée par M. Blake dans plusieurs localités de Californie, où elle constitue des couches pures atteignant 2 mètres d'épaisseur, et associées à des talcschistes et à de la serpentine.

Application. — La giobertite est par excellence le minéral de magnésie et de magnésium.

29° GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate double de magnésie et de chaux.*

DOLOMIE.

(De *Dolomieu*, nom d'homme.)

Syn. *Chaux carbonatée magnésifère.*

Chaux carbonatée lente.

Spath perlé.

Miémite.

Marbre élastique.

Cargnieule.

Dolomit des Allemands.

Caractères généraux. — La *dolomie* se divise en quatre types, suivant qu'elle est *grenue*, *schistoïde*, *compacte* ou *terreuse*. Les variétés sont dues pour la plupart à la présence du *calcaire*, du *quartz*, de la *stéatite* ou de l'*argile*.

M. Deville a trouvé la composition suivante pour la dolomie moyenne :

| | |
|-----------------------------|------|
| Chaux | 25.5 |
| Magnésie | 16.9 |
| Oxyde de magnésie | 2.1 |
| Argile | 14.6 |
| Oxyde de fer | 0.8 |
| Acide carbonique | 40.0 |
| | 99.7 |

Gisement et mode de formation. — La dolomie appartient à toutes les formations sédimentaires. On commence à la rencontrer dans les terrains paléozoïques des Pyrénées ; elle existe en masses considérables dans le terrain permien de l'Allemagne centrale, ainsi que de l'Angleterre ; dans le terrain triasique, et surtout dans l'étage des marnes irisées, elle forme, à des niveaux différents, des masses régulièrement stratifiées qui alternent avec du sel gemme, des argiles et des gypses. On la rencontre en couches continues sur de grandes étendues, séparées par des couches de calcaire ou d'argile, à la partie inférieure du lias, du sud et du sud-ouest de la France, notamment dans les départements de la Dordogne, de la Corrèze, du Lot, de l'Aveyron, du Tarn et de l'Hérault. Près de Montbron (Charente), elle se montre dans l'étage jurassique inférieur ; dans une grande partie de la Provence et sur quelques points du Jura, les calcaires portlandiens passent à la dolomie ; on cite la roche qui nous occupe dans la formation néocomienne. Enfin, M. Élie de Beaumont a reconnu dans le terrain de craie de Paris une roche de dolomie qui se trouve au milieu même de cette formation et sur différents points qui embrassent une étendue de plusieurs lieues.

L'origine de la dolomie a beaucoup exercé la sagacité des géologues et on pense généralement maintenant que des sources, aux diverses époques géologiques, ont amené dans les mers des eaux chargées de carbonate de magnésie et que ce sel s'est incorporé au carbonate de chaux tenu en dissolution dans les mêmes mers. Il s'est déposé alors, au lieu d'un carbonate simple, un double carbonate de chaux et de magnésie. Cette hypothèse est rendue probable par les remarques de M. Daubeny, qui a constaté à la Torre de l'Annunziata, que certaines eaux thermales salines et acides, précipitent entre autres produits du carbonate de magnésie. Certaines dolomies cristallines subordonnées aux micaschistes ou se montrant en relation avec les roches cristallines d'origine ignée, sont dues évidemment à des actions métamorphiques. La théorie la plus généralement adoptée pour expliquer leur formation est due à Léopold de Buch. Elle repose sur l'hypothèse qu'au moment de l'apparition des roches plutoniques, la magnésie se dégagait à l'état de vapeur, pénétra dans les couches de calcaire et constitua,

en s'interposant à leur substance, un carbonate double de chaux et de magnésie. Cette hypothèse a été très-vivement attaquée par divers géologues, au premier rang desquels il faut citer le savant et regrettable M. Fournet.

Application. — La dolomie saccharoïde pure a été employée par les anciens comme marbre statuaire. Elle sert encore comme pierre de construction. Les dolomies compactes et terreuses sont susceptibles de donner de bonnes chaux hydrauliques et même des ciments.

50° GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate de chaux.*

CALCAIRE.

(De *calx*, chaux, qui en fait la base.)

Syn. *Chaux carbonatée* (Haüy).

Spath calcaire.

Marbre.

Albâtre.

Pierre à bâtir.

Pierre à chaux.

Pierre lithographique.

Craie.

Blanc d'Espagne.

Tuffau.

Travertin, etc.

Kalkstein des Allemands.

Chalc } des Anglais.
Cornsbrash }

Caractères généraux. — Ces roches, connues sous le nom de calcaire, forment un des groupes les plus nombreux. Nous le divisons en huit types principaux correspondant : 1° au calcaire *saccharoïde*; 2° au calcaire *fibreux*; 3° au calcaire *compacte*; 4° au calcaire *globulifère*, comprenant les calcaires tuberculeux, brocatelle, pisolithiques et oolithiques; 5° au calcaire *spongieux*; 6° au calcaire *zoogène* et *phytogène*; 7° au calcaire *terreux*; et 8° au calcaire *clastique*.

Les variétés sont extrêmement nombreuses; nous signalerons surtout celles qui sont dues à la présence de l'*argile*, du *quartz*, de la *glauconie*, de la *limonite*. La composition est si variable que nous devons donner successivement des nombres se rapportant à des types différents.

Voici d'abord la composition d'un calcaire cristallin très-pur d'Andreasberg :

| | |
|----------------------------|--------|
| Acide carbonique | 45.56 |
| Chaux. | 53.98 |
| Magnésie avec fer. | 0.55 |
| Humidité. | 0.11 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Le muschelkalk, qui peut servir de type de calcaire compacte, renferme :

| | |
|--------------------------------|-------|
| Carbonate de chaux | 91.13 |
| — de magnésie | 5.02 |
| — de fer. | 0.52 |
| Oxyde de fer et perte. | 2.46 |
| | <hr/> |
| | 98.93 |

Un calcaire oolithique du Jura contenait :

| | |
|---------------------------|-------|
| Chaux | 54.6 |
| Magnésie | 0.9 |
| Argile et sable. | 1.5 |
| Acide carbonique. | 43.0 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

Le calcaire grossier de Paris donne :

| | |
|---------------------------|-------|
| Chaux | 55.6 |
| Argile et sable. | 1.5 |
| Acide carbonique. | 42.9 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

Enfin la craie à silex de Meudon se résout en :

| | |
|----------------------------|-------|
| Chaux | 47.0 |
| Magnésie | 8.0 |
| Acide carbonique | 55.0 |
| Silice | 7.0 |
| Alumine | 2.0 |
| Oxyde de fer | 0.5 |
| | <hr/> |
| | 97.5 |

Gisement et mode de formation. — Le calcaire est l'une des substances les plus abondantes et les plus répandues ; l se rencontre dans les terrains de toutes les époques et de tous les modes de formations ; mais à l'état de roche, c'est-à-dire en grandes masses, il appartient surtout aux terrains sédimentaires dont il forme un des éléments essentiels. Il se présente d'ailleurs dans ces terrains avec des caractères qui varient suivant les étages. Dans les terrains schisteux cristallins, il offre généralement les structures lamellaire et saccharoïde. Les marbres salins de Paros, de Carrare, des Alpes et des Pyrénées ont été regardés longtemps comme primitifs, mais on a reconnu que ce sont des calcaires secondaires, la plupart de l'âge du lias ou de la craie. Dans les terrains de sédiment les plus anciens, on rencontre des calcaires compactes fins, à teintes foncées et riches en fossiles, des calcaires d'un gris cendré ou noirâtre, ou des calcaires marbres de différentes couleurs, renfermant des trilobites et des coquilles caractéristiques (orthocères, nautilus, productus, etc.) ; dans l'étage carbonifère, les calcaires sont ordinairement noirâtres ou d'un gris bleuâtre, et contiennent de nombreux débris d'encrines ; plus haut, dans le terrain permien, ce sont des calcaires d'un gris cendré, dits *zechstein*, souvent poreux ou cellulés, quelquefois fétides ; plus haut encore, on trouve un calcaire coquillier de couleur grise, dit *muschelkalk*, et où les ammonites se rencontrent pour la première fois. A la base des terrains jurassiques est un calcaire marneux, dit *calcaire du lias*, à teinte encore très-foncée souvent de couleur bleuâtre ; et, dans les parties moyennes et supérieures, des calcaires compactes ou oolithiques de couleur plus claire, blancs ou jaunâtres, parmi lesquels

se trouvent les bancs de pierres lithographiques et de pierres à chaux hydraulique. Le sol secondaire se termine par les calcaires crétacés qui renferment les diverses variétés de calcaire terreux, dit craie verte ou glauconieuse, craie grise ou jaunâtre (tuffau) et craie blanche. Les calcaires grossiers, les calcaires siliceux et les travertins, les faluns appartiennent aux divers étages du sol tertiaire. L'époque actuelle est riche aussi en calcaire : les atolls et les conglomérats modernes, tels que ceux de la Guadeloupe, en sont la preuve.

L'origine du calcaire est une des questions les plus intéressantes de la géologie. La plus grande partie du calcaire connu à la surface du globe a passé par la vie organique. Toutefois il est évident que le réservoir primitif de cette substance est dans les profondeurs infragranitiques, et c'est ce que prouve d'une manière tout à fait péremptoire l'existence de cristaux de spath d'Islande dans la gangue des filons métalliques.

Application. — Les usages du calcaire sont aussi nombreux que variés. L'art de bâtir, la statuaire, la lithographie, la peinture, l'agriculture, tirent différents partis de cette précieuse substance.

Dans l'art des constructions, les pierres calcaires sont, comme on sait, celles dont l'emploi est le plus fréquent, non-seulement parce qu'elles sont les plus abondantes, mais encore parce qu'elles ont en général l'avantage de se laisser tailler plus facilement que toutes les autres, et d'avoir cependant assez de ténacité pour résister à la pression, pour conserver les arêtes, les moulures, etc. Les pierres qui conviennent le mieux à l'architecture sont les variétés compactes, à cassure inégale, et celles qui sont formées de coquilles liées entre elles par un ciment semi-cristallin, semi-terreux.

Ces variétés abondent surtout dans les terrains secondaires et tertiaires. Les calcaires de l'étage oolithique inférieur sont à petits grains serrés bien soudés entre eux, constituant des blocs d'une grande dimension qui résistent fort bien aux intempéries de l'air et fournissent d'excellentes pierres de taille : il suffit de citer les carrières de Niort, et surtout les célèbres carrières ouvertes près de Bayeux et de Caen, dans la grande oolithe dont on a extrait les pierres qui ont élevé Saint-Paul de Londres et qui fournissent

des pierres d'appareil, exportées jusqu'à Anvers pour les ouvrages gothiques. L'abondance et l'excellente qualité des pierres d'appareil que fournit le terrain jurassique, ont déterminé, comme le fait remarquer M. Coquand, dans un travail auquel nous empruntons ces détails, la construction de villes qui sont remarquables par la beauté de leurs habitations particulières et de quelques-uns de leurs édifices ; on peut citer entre autres Besançon, Metz, Nancy, Dijon, Bourges, Poitiers ; et si on examine sur la carte géologique la position qu'occupent ces villes, les mieux construites après les villes capitales, telles que Paris, Bordeaux et Marseille, qui sont situées sur des bassins tertiaires, on remarque qu'elles sont toutes placées sur les contours des bandes jurassiques qui entourent le bassin parisien en contournant le plateau central. Les Romains eux-mêmes, en choisissant le calcaire jurassique pour la construction des monuments d'Arles, de Nîmes et du pont du Gard, ont fait preuve de l'expérience qu'ils avaient des bonnes qualités que présentent les matériaux fournis par ces terrains. Ils ont aussi employé, dans les monuments qu'ils ont élevés à Besançon, un calcaire à grosses oolithes appartenant à l'étage corallien supérieur du plateau d'Amancey.

Dans le sud-ouest et dans le midi de la France, le terrain crétacé fournit d'excellents matériaux. Les calcaires durs, dits *pierres de Cassin*, et les pierres de taille des environs de Calissanne, près d'Aix, appartiennent à l'étage néocomien supérieur. Dans les deux Charentes et dans le département de la Dordogne, les grès verts supérieurs donnent des pierres de taille dont l'extraction est peu coûteuse et qu'on peut scier avec une grande facilité. Les villes d'Orléans, de Saumur, d'Angoulême, de Tours, de Saintes, de Rochefort, doivent l'élégance de leurs constructions à la bonté des carrières qui existent dans leur voisinage et dont les produits sont exportés au loin.

A leur tour, les terrains tertiaires présentent des matériaux de construction extrêmement variés. On y rencontre des calcaires tantôt assez tendres pour que la taille en soit facile et qui offrent très-souvent une résistance suffisante pour être employés dans les constructions importantes. Quelquefois les calcaires sont fort durs et divisés en bancs assez minces ; ils sont alors avantageusement

exploités pour le dallage ; quand ils sont marneux ils peuvent donner des chaux hydrauliques. A Paris, on emploie presque exclusivement les pierres calcaires des terrains tertiaires. Les ouvriers en distinguent plusieurs variétés qui sont propres à tel ou tel usage, et qu'ils désignent sous les noms particuliers de *Pierre de liais*, *cliquart*, *banc franc*, *Pierre de roche*, *lambourde*. Elles font partie de l'étage connu sous la dénomination de calcaire grossier parisien.

Les calcaires d'eau douce, généralement siliceux, que renferment les formations tertiaires, sont souvent susceptibles, par leur compacité, de recevoir les détails les plus fins de la sculpture : aussi sont-ils employés pour la construction des monuments importants. L'arc de triomphe de l'Étoile, le pont de l'École-militaire ont été construits avec le calcaire d'eau douce de Château-Landon, près de Nemours.

Les formations tertiaires moyennes renferment, dans le midi de la France, à Saint-Paul-Trois-Châteaux, près d'Aix, et à Fontvieille, près d'Arles, un calcaire coquillier qui fournit d'excellentes pierres de taille dont Marseille et Lyon font une grande consommation et que l'on transporte même en Afrique.

En Toscane, l'étage tertiaire supérieur est couronné par un calcaire coquillier, nommé *panchina* par les Italiens, qui possède les qualités de la pierre de Fontvieille et sert aux mêmes usages. Enfin, on emploie, en plusieurs lieux, les dépôts calcaires, ou *tufs*, qui se rattachent aux formations les plus modernes ; il en est d'excellente qualité. On peut citer principalement le *travertin*, commun en Italie, et avec lequel ont été élevés, à Rome, tous les temples antiques et la plupart des monuments modernes. C'est une pierre blanchâtre ou jaunâtre dont il existe de vastes carrières auprès de Tivoli et dans différentes parties de la Toscane.

Par la calcination, les pierres calcaires, suivant qu'elles sont pures ou mélangées d'éléments différents, donnent des chaux qui possèdent des propriétés différentes, et qu'on désigne sous les noms spéciaux de chaux grasses, de chaux maigres et de chaux hydrauliques.

La chaux qui provient de la cuisson des marbres et qui est parfaitement pure, fuse quand on la mouille et *foisonne* presque au

double de son volume ; elle constitue la chaux grasse. Si, au contraire, elle est mélangée de matières étrangères de nature quelconque, elle ne foisonne pas et constitue la chaux maigre.

Certaines chaux maigres possèdent la faculté de durcir sous l'eau et d'être, par conséquent, tout à fait propre aux constructions submergées, comme les piles de ponts, etc. On les appelle *chaux hydrauliques*. Quelques chaux, moyennement hydrauliques, *sont prise* sous l'eau au bout de 6 à 8 jours et acquièrent au terme de 6 mois, la consistance des pierres tendres ; d'autres, éminemment hydrauliques, n'exigent que 4 jours pour la prise et, au terme de 6 mois, sont transformées en pierres dures faisant feu au briquet. D'autres, enfin, n'ont besoin que d'être gâchées comme le plâtre et avec une quantité d'eau convenable, et aussitôt, comme le plâtre, elles se solidifient. Ce sont les *ciments*, dits *romains*, de Vassy, de Boulogne, de Portland.

Beaucoup de savants se sont occupés de l'hydraulicité. La véritable théorie de ce phénomène si intéressant est due à M. le professeur Fremy, de l'Institut.

En agriculture, le calcaire s'emploie à divers états. Quand on l'introduit dans le sol à l'état de chaux calcinée ou caustique, cette opération prend le nom de *chaulage* ; on la nomme *marnage* lorsque le calcaire est à l'état de carbonate de chaux plus ou moins argileux, comme la marne.

L'introduction de la chaux caustique dans le sol est surtout appliquée par les Anglais, avec une sorte de prodigalité ; et les grandes améliorations qu'ils en ont obtenues dans la culture des céréales, ne permettent plus d'en révoquer en doute la parfaite efficacité. L'action en est surtout très-énergique, soit dans les sols privés de l'élément calcaire, soit dans ceux où l'acide carbonique surabonde, comme dans les terres tourbeuses.

La dose de chaux qu'on doit introduire dans le sol est extrêmement variable, et l'on conçoit qu'il en soit ainsi puisque les terres n'ont pas la même composition.

En Angleterre, le chaulage se fait à la dose de 150 à 400 hectolitres par hectare ; les plus fortes proportions sont réservées pour les terres tourbeuses et argileuses, et les plus petites pour les sols siliceux. En France, où il s'agit seulement de fournir l'élément

calcaire, la proportion est beaucoup moins forte et diminue d'autant plus que le chaulage est plus fréquemment renouvelé. Ainsi, dans la Sarthe, 10 hectolitres par hectare suffisent tous les trois ans; dans l'Ain, 60 à 100 hectolitres par hectare sont nécessaires tous les neuf ans; dans les environs de Dunkerque, on donne au sol 40 hectolitres de chaux tous les dix ans, ou 4 hectolitres par année moyenne. Ailleurs, l'application de la chaux pour la culture des céréales est également variable. La constitution géologique d'une contrée, l'analyse des terres et surtout l'expérience, peuvent fournir des indications, plus ou moins précises, sur la dose de chaux qu'il faut introduire dans le sol pour qu'il atteigne à son maximum de fertilité. La prudence exige, dans la plupart des cas, qu'on commence par des essais en augmentant graduellement la proportion; car, en agriculture, c'est toujours par la méthode expérimentale qu'il faut procéder, si l'on ne veut pas commettre des erreurs quelquefois aussi funestes que dispendieuses.

L'exécution du chaulage a lieu de diverses manières; le moyen le plus usité consiste à déposer la chaux en petits tas, également espacés et recouverts de terre; l'humidité atmosphérique et celle du sol ne tardent pas à la faire fuser; alors on l'étend avec des pelles aussi régulièrement que possible. Dans quelques contrées, comme en Belgique, on fait fuser la chaux en la plaçant entre les lits successifs de roseaux, de feuilles mortes, de gazon, et l'on transporte ensuite ce compost sur le sol qu'on veut fertiliser.

Il arrive quelquefois que l'on chaulé et qu'on fume en même temps; mais on évite en général de pratiquer le chaulage par un temps humide ou pluvieux; car alors la chaux forme des grumeaux et se répand moins uniformément. C'est ordinairement à la fin de l'été, quand la terre est bien sèche et la chaux bien divisée que l'assimilation s'opère avec le plus d'avantage. Le parfait mélange des deux substances est très-important pour la végétation.

Ce n'est pas seulement comme élément de nutrition que la chaux est favorable au développement de la vie végétale; elle exerce aussi dans le sol certaines réactions qu'il importe de signaler. Ainsi, d'après M. Liebig, la chaux agit sur l'argile en en séparant la silice et l'alumine; alors cette silice, étant à l'état nais-

sant et extrêmement divisée, se dissout dans l'eau et peut être absorbé par les racines des plantes.

La chaux est très-favorable à la culture des graminées ; elle est éminemment utile aux terres tourbeuses, où elle se change en carbonate en puisant dans le sol la surabondance d'acide carbonique qu'il contient. Elle agit avec efficacité sur les terres argileuses et froides, sur les terres des landes et des bruyères. Partout enfin où la chaux est convenablement appliquée, le sol s'améliore, les terres fortes s'assouplissent et les terres légères prennent de la consistance. La chaux a encore d'autres avantages : saupoudrée sur les plantes, elle fait périr les pucerons qui détruisent les colzas, les turneps, les navets, etc. Elle fait mourir aussi les larves et les œufs des insectes nuisibles.

31^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Carbonate de soude*.

NATRON.

(Nom extrêmement ancien.)

Syn. *Trona*.

Soude sesquicarbonatée.

Urao.

Borech.

Caractères généraux. — C'est une substance saline d'une saveur urineuse, caustique, dont les principales variétés sont caractérisées par la présence du *sel gemme*, du *sulfate de chaux*, du *sable quartzeux* ou de *l'argile*.

Soumises à l'analyse, diverses variétés ont donné les résultats suivants :

| | (1) | (2) |
|-------------------------------|-------------|--------------|
| Soude | 57.0 | 41.22 |
| Acide carbonique. | 58.5 | 59.00 |
| Sulfate sec de soude. | 2.0 | » |
| Matières étrangères. | » | 0.98 |
| Eau | 22.5 | 18.80 |
| | <hr/> 100.0 | <hr/> 100.00 |

(1) Natron de Suckna, dans le Felzau, par Klaproth. — (2) N. de Mérida (Amérique méridionale), par Mariano de Rivero et Boussingault.

Klaproth a donné l'analyse minéralogique du natron de Makarie, dans la Basse-Égypte. Voici ses résultats :

| | |
|------------------------------|-----|
| Carbonate de soude | 165 |
| Sulfate de soude | 104 |
| Chlorure de sodium | 75 |
| Eau | 158 |
| | 500 |

Gisement. — Cette roche appartient à l'époque actuelle. Elle se présente sous forme d'efflorescences, d'incrustation, de croûte ou de couche superficielle parfois très-étendue à la surface de la terre, notamment sur les bords et aux environs de certains lacs ou lagunes dont les eaux en renferment une certaine quantité. Les amas d'eau dont l'évaporation produit le natron, sont vraisemblablement alimentés par des sources minérales. Le natron vient aussi former des efflorescences dans les volcans, à la surface des laves et des scories.

Application. — Le natron est d'une grande importance par ses usages dans les arts, où on le remplace maintenant cependant par du carbonate de soude artificiel. Il est exploité avec activité, principalement en Égypte et dans l'Inde. C'est le *nitre* d'Hérodote et de la Bible.

HUITIÈME SÉRIE : **Phosphates.**

32^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Phosphate de chaux.*

PHOSPHORITE.

(De *phosphore.*)

Syn. *Chaux phosphatée.*

Apatite.

Coprolithes.

Guano.

Sombrérite.

Caractères généraux. — Ces roches sont tantôt *saccharoïdes* et tantôt *compactes* : de là l'établissement de deux types comprenant,

le premier, les *apatites* et, le second, les *phosphorites*. D'après Gustave Rose, ces matières contiennent d'une manière constante une certaine quantité de chlorure et de fluorure de calcium. Le *quartz* et le *calcaire* caractérisent les principales variétés.

MM. Pelletier et Donadei ont donné la composition de l'apatite de l'Estramadure. Elle renferme :

| | |
|------------------------------|-------|
| Acide carbonique. | 1.0 |
| Acide chlorhydrique. | 0.5 |
| Fer | 1.0 |
| Quartz | 2.0 |
| Chaux | 59.0 |
| Acide phosphorique. | 54.5 |
| Acide fluorique | 2.0 |
| | <hr/> |
| | 100.0 |

Il est très-intéressant de donner, d'après Berthier, la composition minéralogique de diverses variétés d'apatite. Dans le tableau suivant, la 1^{re} colonne indique la proportion du fluorure de calcium, la 2^e, celle du chlorure de calcium, la 3^e, celle du phosphate de chaux.

| | (1) | (2) | (3) |
|--------------------------------|-------|---------|--------|
| Snarum (Norwége). | 4.590 | 4.280 | 89.250 |
| Cap de Gate (Espagne). | 7.049 | 0.885 | 92.066 |
| Arendal (Norwége). | 7.010 | 0.801 | 92.189 |
| Greiner (Tyrol). | 7.690 | 0.150 | 92.160 |
| Faldigl (Tyrol). | 7.620 | 0.100 | 92.280 |
| Saint-Gothard | 7.690 | Traces. | 92.310 |
| Eherenfriedersdorff. | 7.690 | Traces. | 92.310 |

Enfin, voici les résultats obtenus, par Berthier, dans l'analyse des nodules de phosphorite du cap de la Hève :

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Acide phosphorique. | 25.7 |
| Acide carbonique. | 4.2 |
| Chaux | 55.4 |
| Protoxyde de fer. | 6.7 |
| Magnésie | 1.0 |
| Argile et silice. | 18.6 |
| Eau et matières bitumineuses. | 7.5 |
| | <hr/> |
| | 99.1 |

Gisement. — M. Daubrée a publié sur la chaux phosphatée une notice, à laquelle nous emprunterons quelques détails relatifs surtout au type compacte et terreux.

Sous cet état terreux, la phosphorite n'a rien qui puisse attirer l'attention. Présentant, selon la nature des substances dont elle est mélangée, des colorations variées : blanche, jaune, verdâtre, noire, elle peut être facilement confondue avec le calcaire impur ; aussi est-ce un titre de gloire de Berthier que d'avoir su reconnaître, en 1818, la véritable nature des rognons de phosphorite du cap de la Hève. Dans cette localité, comme à Vissant, dans le Pas-de-Calais, la phosphorite se trouve dans le terrain crétacé. Les découvertes de Berthier portèrent, en Angleterre, l'attention sur des rognons semblables renfermés aussi dans le terrain crétacé (dans le grès vert), dans les comtés de Kent et de Surrey. Ces rognons sont devenus l'objet d'une active exploitation. En France, la même matière fut retrouvée au même niveau, dans les départements du Nord et des Ardennes, où on la rencontre aussi dans la craie blanche, et aujourd'hui, grâce surtout aux recherches de MM. Meugy, de Molon et Lory, la chaux phosphatée est connue dans trente-neuf de nos départements. La France a produit, en 1867, environ 24,000 tonnes de phosphorite dont la valeur est d'environ 18 fr. par tonne.

La chaux phosphatée a été découverte aussi dans beaucoup d'autres pays, tels que le Nassau, la Westphalie et la Belgique. Elle forme des filons puissants en Espagne et en Portugal, et entre comme partie constituante de certains filons métallifères. Il y a de l'intérêt à énumérer rapidement ces différents gisements.

Les terrains tertiaires très-récents, connus en Angleterre sous le nom de *crag*, renferment des couches d'ossements que l'on exploite dans le Suffolk comme phosphate de chaux. — Dans le midi de la France, dans le Lot par exemple, les couches tertiaires renferment de nombreux amas de rognons de phosphorite. — Les rognons rencontrés jusqu'à présent dans le terrain crétacé sont surtout concentrés dans les couches du gault, comme à Grand-Pré et à Nouvion-Porcien. A ce niveau, ils constituent une zone remarquablement étendue : car elle a été poursuivie dans diverses parties de l'Angleterre, dans l'est de la France et jusque dans le départe-

ment des Alpes-Maritimes. Elle a été retrouvée en Espagne, en Bohême et même en Russie. En outre, le terrain crétacé renferme deux autres étages de phosphorite : l'un sur la limite du grès vert supérieur, à la base des marnes de la craie (Montbois, Saint-Morel, Sainte-Marie, département des Ardennes), et l'autre à la partie inférieure de la craie blanche (environs de Rethel). — Dans le terrain jurassique, on connaît depuis longtemps la couche que l'on a désignée sous le nom de *bone bed* ; elle est très-intéressante, non-seulement par l'abondance des débris d'os et de dents de vertébrés dont elle est partiellement formée, mais aussi par sa continuité. — Certaines couches du lias abondent en coprolithes. — Dans le trias on connaît aussi, à Lunéville, par exemple, des couches où abondent des coprolithes, dents, écailles et autres débris de reptiles et de poissons. — Dans le terrain houiller, on peut citer les gisements de Westphalie. — C'est au calcaire devonien que se trouvent superposés les gîtes de fer dans lesquels la phosphorite a récemment été découverte en abondance dans le Nassau. — Certaines couches du terrain silurien du Canada contiennent du phosphate de chaux en quantité considérable. — Enfin, les roches cristallines associées au gneiss renferment parfois beaucoup d'apatite ; on cite, par exemple, à North Elmsley, un calcaire pétri de phosphate de chaux, qui forme des couches de 5 mètres d'épaisseur.

Certaines roches éruptives présentent de l'apatite, soit en cristaux confus, soit en veines, comme dans la Wétéravie, le Nassau et la Bohême. Le même minéral fait aussi partie de filons métallifères, comme en Saxe et en Estramadure, etc.

Applications. — La phosphorite sous ses diverses formes est très-recherchée pour le phosphore qu'elle contient et offre un intérêt spécial pour l'agriculture.

L'une des variétés les plus recherchées pour cet usage est le *guano*, qui est un véritable engrais fossile, un fumier minéralisé, suivant l'expression de M. Simonin. Le guano s'exploite surtout aux îles Chincha, voisines de la côte du Pérou. On en trouve aussi sur la côte bolivienne et au nord du Chili, vers le désert d'Atacama, enfin, dans certaines îles tropicales du Pacifique, de l'océan Indien, de la mer Rouge et de l'Atlantique.

C'est, comme on sait, une déjection d'oiseaux fossilisée et ren-

fermant, outre le phosphate de chaux, des sels à base d'ammoniaque, qui sont, pour la terre végétale où on les met, comme une manne bienfaisante qui en augmente singulièrement la fertilité.

« Ces produits, dit M. Simonin, qui les a déposés? Nous l'avons dit déjà. Des volatiles marins, les cormorans, les pélicans, les pingouins, oiseaux avides de poissons et qui s'en gorgeaient à qui mieux mieux. Les oiseaux marins d'aujourd'hui opèrent encore comme leurs ancêtres. Il faut les voir allant en guerre sur les eaux calmes et transparentes du Pacifique. Des chefs mènent la bande qui se déroule comme un immense anneau, puis la pêche commence. On cerne le poisson et chaque volatile plonge, happe au passage la sardine et le hareng de l'endroit et s'en repaît avidement. La bombance finie, la troupe regagne l'île ou le rivage le plus voisin, et là, sur le rocher, silencieuse, recueillie, elle prélude à l'élaboration lente et difficile des produits ingurgités. Peu à peu, avec le temps, la masse ainsi déposée augmente d'épaisseur. Il se forme comme des couches de sédiments géologiques au milieu desquels se rencontrent même des fossiles, des oiseaux qui tombent sur place, n'en pouvant plus, et des poissons rendus tout entiers. Le climat du pays aide lui-même à cette précieuse formation. Au Pérou, jamais il ne pleut : pas un atome ne se perd du guano déposé jadis ou de celui qui se confectionne encore sous nos yeux. Nous savons que les Incas, ces premiers maîtres du pays, connaissaient les propriétés fertilisantes du curieux engrais ; ils l'employaient dans la culture des terres et avaient défendu, sous peine de mort, de tuer aucun des oiseaux marins producteurs du guano. Après la conquête du Pérou par Pizarre, l'usage de cet engrais se perdit. Ce n'est que de nos jours que l'on y a de nouveau recouru et avec le plus grand succès. L'emploi en est devenu général. Tout agriculteur veut aujourd'hui user du guano et en réclame impérieusement. Le Pérou, lui, a tout gagné à l'exploitation de l'utile fumier. Il en tire le plus net de ses revenus en en fournissant le monde entier. Il y a là une réserve qui pourra durer encore une trentaine d'années, d'autres disent plus, d'autres disent moins. Il faudrait aller soi-même mesurer le tas pour connaître l'exacte vérité. Les magnifiques plantations de sucre de Cuba, de la Réunion, de Maurice, ont, par l'emploi du guano, doublé et quadru-

plé leur rendement. Les pauvres Chinois qui fouillent les gîtes et les marins qui transportent ce produit à l'odeur trop caractéristique, sont les seuls à s'en plaindre. La poussière fine du guano pénètre les organes et n'est point faite pour les récréer. »

Les rognons de phosphate des terrains stratifiés sont employés au même usage. Dans une foule de localités, comme dans les Ardennes, on se borne à les broyer dans des moulins spéciaux qui les réduisent en une poudre grossière ; mais quelquefois on leur fait subir une opération préalable qui a pour but d'augmenter leur richesse en phosphore en les privant d'une partie de leurs bases. Cette opération, désignée en Angleterre sous le nom de *superphosphatisation*, consiste à traiter la phosphorite broyée par de l'acide sulfurique : il se fait du sulfate de chaux aux dépens d'une partie des bases et le résidu est un phosphate très-analogue à celui qui constitue les os. Les frais de la manipulation sont couverts et bien au delà par la plus-value acquise par l'engrais et par la diminution des transports.

NEUVIÈME SÉRIE : **Nitrates.**

55^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Nitrate de soude.*

NITRATINE.

(De *nitre*, sel dont cette roche se rapproche par la composition.)

Syn. *Soude nitratée.*

Caractères généraux. — La *nitratine* est une roche blanche faiblement déliquescente, d'une saveur fraîche et un peu amère. Elle a été découverte en Bolivie, dans les environs d'Yquique ; elle forme un lit de plus d'un mètre d'épaisseur sur une étendue de près de 40 lieues dans les districts de Tarapaca et d'Atacama. Ce lit est quelquefois mêlé de sable et il est recouvert par une couche d'argile. La composition de la nitratine est indiquée par les deux

analyses suivantes exécutées, l'une (1) par Hochstetter, sur la roche du Chili, et l'autre (2) par Hayes, sur la roche du Pérou.

| | (1) | (2) |
|-----------------------------|---------|-------|
| Iodure sodique. | » | 0.65 |
| Sulfate sodique. | » | 3.00 |
| Nitrate sodique. | 94.291 | 64.98 |
| Chlorure de sodium. | 1.990 | 28.69 |
| Sulfate potassique. | 0.259 | » |
| Nitrate potassique. | 0.426 | » |
| Nitrate magnésique. | 0.858 | » |
| Résidu insoluble. | 0.203 | 2.60 |
| Eau. | 1.993 | » |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.000 | 99.90 |

Applications. — On l'exploite avec avantage pour la préparation de l'acide nitrique. On a cherché aussi à l'utiliser dans la fabrication de la poudre, mais on a renoncé à cet emploi parce que la nitratine est un peu trop déliquescente.

DIXIÈME SÉRIE : **Sulfates.**

34° GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfate double d'alumine et de potasse.*

ALUNITE.

(De *alun*, sel dont cette roche a la composition.)

Syn. *Alumine sous-sulfatée alcaline.*

Pierre d'alun.

Aluminite.

Caractères généraux. — Il y a quatre types à distinguer, suivant que l'*alunite* est *compacte*, *porphyroïde*, *terreuse* ou *bréchoïde*.

C'est une roche blanchâtre, grisâtre, jaunâtre ou rosâtre, dure et opaque, dont les principales variétés sont dues à la présence du *soufre*, du *quartz*, de l'*aluminite*, etc.

Dans le tableau suivant, la première colonne (1) indique la com-

position, d'après Vauquelin, de l'alunite du Mont-Dore, et la deuxième (2), d'après Cordier, celle de l'alunite de la Tolfa.

| | (1) | (2) |
|--------------------------|--------|---------|
| Silice. | 28.40 | » |
| Acide sulfurique | 27.05 | 55.495 |
| Alumine. | 51.80 | 59.654 |
| Potasse. | 5.79 | 10.021 |
| Protoxyde de fer. . . . | 1.44 | » |
| Eau | 5.72 | 14.850 |
| Perte. | 1.82 | » |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.06 | 100.000 |

Gisement et mode de formation. — La formation de l'alunite, qui se continue encore aujourd'hui, est liée d'une manière intime au dégagement du gaz sulfhydrique qui s'exhale des profondeurs. A Montioni, à Campiglia et à la Tolfa, où la fabrication de l'alun a été pratiquée sur une vaste échelle, l'alunite forme des gisements circonscrits au milieu des schistes argileux rougeâtres de l'époque jurassique. Ceux-ci, par l'action de l'hydrogène sulfuré, ont été transformés en une pierre d'alun plus ou moins parfaite. D'ailleurs, la manière dont l'alunite se produit encore aujourd'hui dans la solfatare de Pereta, donne l'explication des causes auxquelles on doit attribuer l'origine des anciennes alunites. On reconnaît que, dans cette localité, le gaz sulfhydrique se décompose, et que le produit de cette décomposition est du soufre qui se dépose et de l'acide sulfurique, lequel se forme par un procédé analogue à celui que l'on remarque dans les eaux thermales. L'acide sulfurique réagissant à son tour sur les roches à travers lesquelles il suinte, les altère plus ou moins profondément; ainsi, sur les points d'attaque, les calcaires sont transformés en gypse, les grès sont blanchis et les schistes argileux convertis en alunites sans que la stratification ait été dérangée.

Applications. — L'alunite est exploitée comme mine d'alun. Il suffit de la griller pour qu'elle abandonne ensuite à l'eau une grande quantité de ce sel double.

A la Tolfa, l'opération est pratiquée de la manière suivante : l'alunite, détachée de la roche et concassée en morceaux de la

grosseur de la tête environ, est introduite dans un fourneau chauffé au bois et analogue à ceux qui servent à la cuisson de la chaux et du plâtre. Ce fourneau est divisé horizontalement en deux compartiments au moyen d'une sole en forme de voûte, percée de trous et construite à une faible distance du fond du fourneau. Le compartiment inférieur qui, par ses dimensions, équivaut à peu près au cinquième de la cavité totale, constitue une chambre dans laquelle circule la flamme d'un foyer placé à l'extérieur. Grâce à cette disposition, la voûte que forme la sole du compartiment supérieur s'échauffe d'abord, puis, au moyen des orifices qui s'y trouvent pratiqués, la flamme pénètre dans ce compartiment où se trouvent empilés les fragments d'alunite dont elle traverse la masse en élevant leur température.

Sous l'influence de la chaleur, la décomposition s'accomplit et l'on continue le feu jusqu'à ce que les vapeurs dégagées au sommet du fourneau paraissent blanchâtres et indiquent la décomposition d'une partie du sulfate d'alumine. Lorsque cette production se manifeste, on arrête l'opération qui, d'habitude, exige trois heures environ, puis on défourne le minerai calciné. Celui-ci est alors entassé sur des aires planes, ou mieux, dans des citernes en béton, puis humecté tous les jours avec de l'eau jusqu'à ce qu'il se réduise de lui-même en une masse friable et quelquefois pâteuse. Trois ou quatre mois sont nécessaires pour obtenir ce résultat. Lorsqu'il est atteint, on enlève la masse, on la porte dans des chaudières en plomb où on la lessive à l'eau bouillante ; puis on abandonne plusieurs jours au repos, dans de grandes citernes, la liqueur trouble formée par le lessivage. Une fois éclaircie, cette solution est soutirée, évaporée à la manière ordinaire, puis abandonnée à la cristallisation. Elle fournit alors une masse de cristaux cubiques, très-légèrement colorés en rose, que l'on désigne dans le commerce sous le nom d'*alun de Rome*.

55^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfate de baryte*.

BARYTINE.

(De *baryte*; substance caractéristique.)

Syn. *Baryte sulfurée*.
Hépatite.
Pierre pesante.
Pierre de Bologne.
Spath pesant.
Borosélenite.
Schwespath des Allemands.

Caractères généraux. — La barytine, qui est essentiellement une matière de filons, est une roche peu abondante, ordinairement blanche ou jaunâtre et quelquefois noirâtre. Nous en faisons deux types correspondant à la structure *lamellaire* et à la structure *compacte*.

Parmi les substances accidentelles qui caractérisent les variétés de barytine, il faut citer spécialement le *bitume* qui teint en noir le sulfate de baryte de Goslar et de Freyberg.

Voici l'analyse de deux variétés de barytine se rapportant ; la première (1) au type lamellaire de Nutfield, et l'autre (2) au type compacte des Basses-Alpes.

| | (1) | (2) |
|---|-------|-------|
| Sulfate de baryte | 99.57 | 86.50 |
| Sulfate de chaux | » | 8.60 |
| Oxyde de fer, alumine, silice | 0.05 | 5.20 |
| Eau | 0.07 | » |
| Matières bitumineuses | » | 1.40 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 99.49 | 99.70 |

Origine et mode de formation. — Il est assez difficile d'expliquer le mode de formation de la barytine que l'on rencontre dans les terrains stratifiés. La substitution de ce minéral au test des coquilles du lias, par exemple, suppose nécessairement une action graduée et lente, la présence de divers agents capables d'enlever le calcaire et de déposer après coup la substance nouvelle.

M. Gruner émet l'idée que la baryte ait été à l'origine dissoute

dans les eaux minérales à l'état de sulfure de baryum, comme aujourd'hui les eaux des Pyrénées renferment du sulfure de sodium; ou bien, hypothèse plus probable, qu'elle était unie, comme les autres bases à l'acide carbonique et que plus tard d'autres sources ont transformé le carbonate en sulfate. Dans l'un et l'autre cas, l'acide carbonique a dû dissoudre le test des coquilles et la baryte, à l'état de sulfure ou de bicarbonate, sera venu occuper l'espace vide occupé par les fossiles, ainsi que toutes les fissures et géodes du terrain liasique; là, elle aura été peu à peu transformée en sulfate par l'oxygène en dissolution dans l'eau ou par des sulfates solubles.

Applications. — La barytine sert souvent comme matière colorante et on l'emploie comme support des extraits de garance. On a proposé de l'utiliser dans l'épuration des sucres à la place de la chaux, mais elle a l'inconvénient d'être vénéneuse.

56° GROUPE. — Minéral essentiel: *Sulfate de strontiane.*

CÉLESTINE.

(A cause de la couleur bleue de quelques variétés qui rappelle celle du ciel.)

Syn. *Strontiane sulfatée.*

Cælestin des Allemands.

Caractères généraux. — La *célestine* se rapporte à deux types, l'un comprenant les variétés *lamellaires* et l'autre les masses *compactes*. Citons parmi les variétés la *célestine calcarifère*, qui se présente en masses tuberculeuses, et la *célestine bitumineuse*, qui forme des masses radiées et de petites couches.

Voici l'analyse de deux célestines, dont la première (1), lamellaire, vient des environs d'Iéna, et l'autre (2), compacte, vient de Montmartre, à Paris.

| | (1) | (2) |
|------------------------------------|-------|--------|
| Sulfate de strontiane. | 99.21 | 91.42 |
| Oxyde de fer et manganèse. | 0.05 | 0.25 |
| Chaux carbonatée. | 0.10 | 8.55 |
| Argile. | 0.05 | » |
| Bitume et eau. | 0.11 | » |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 99.50 | 100.00 |

Gisement. — La célestine a les plus grandes analogies d'aspect, et même, dans certains cas, de gisement avec la barytine. Cependant sa formation est en général plus récente; elle se trouve dans les roches basaltiques et surtout dans les terrains de sédiment, où elle ne commence guère à paraître que vers le point où finit la barytine. A partir de là, on la rencontre aux divers étages jusqu'aux formations les plus supérieures. Son gîte principal est dans les formations gypseuses où elle s'associe au soufre, au gypse et au sel gemme; les marnes du gypse de Montmartre la renferme sous forme de rognons.

Applications. — On emploie la célestine comme minéral de strontium. Les artificiers s'en servent pour fabriquer directement leurs feux rouges.

57° GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfate anhydre de chaux.*

ANHYDRITE.

(De ἀν, privatif; et ἄνεργον, eau, parce qu'elle est anhydre.)

Syn. *Karsténite.*

Gypse anhydre.

Muriacite.

Pierre de tripes.

Vulpinite.

Marbre bleu de Wurtemberg.

Caractères généraux. — L'*anhydrite*, appelée aussi *karsténite*, se rapporte pour nous à trois types distincts, suivant qu'elle est *saccharoïde*, *compacte* ou *clastique*. Elle est ordinairement de couleur blanche ou grisâtre et quelquefois bleuâtre. Les matières accidentelles qui caractérisent ses principales variétés sont le *quartz*, le *sel gemme*, l'*argile*, le *bitume* et le *soufre*.

Voici la composition d'une variété saccharoïde à grandes lames :

| | |
|---------------------------|-------|
| Chaux. | 41.41 |
| Acide sulfurique. | 56.78 |
| Oxyde de fer. | 0.05 |
| Silice. | 0.26 |
| Eau. | 0.94 |
| | 99.42 |

Gisement. — L'anhydrite constitue quelquefois des couches ou amas subordonnés dans les terrains primitifs stratiformes et dans quelques terrains sédimentaires ; elle est alors d'origine sédimentaire. D'autres fois elle forme des amas transversaux épigéniques dans les terrains calcaires de divers étages, qui, après avoir été fissurés, ont été ensuite traversés par des vapeurs sulfureuses et acides qui ont transformé en sulfate le carbonate de chaux préexistant.

Applications. — Les plus belles variétés de cette roche, celles qui proviennent de Vulpino en Italie, par exemple, s'emploient à faire des tables et des chambranles de cheminée d'un aspect assez agréable. Une variété grenue, connue sous le nom de marbre bleu du Wurtemberg, est exploitée pour la décoration. Toutefois ces marbres exposés à l'air humide se ternissent très-vite par suite de leur propriété de se transformer en gypse ; ils ne peuvent donc être employés qu'à l'intérieur.

58^e GROUPE. — Minéral essentiel : *Sulfate hydraté de chaux.*

GYPSE.

(De γῆ, terre ; et ἔπτω, je cuis.)

Syn. *Chaux sulfatée.*

Sélénite.

Pierre à plâtre.

Spath sélénite.

Pierre à Jésus.

Caractères généraux. — Ces roches, désignées sous le nom général de *gypse*, comprennent trois types principaux, suivant qu'elles sont *saccharoïdes*, *grenues* ou *fibreuses*.

Le gypse, ordinairement blanc et habituellement à l'état cristallin, se reconnaît aisément à son peu de dureté qui permet à l'ongle de le rayer aisément. Le *sel gemme*, le *calcaire*, l'*argile* caractérisent les principales variétés.

Voici, comparativement, la composition du gypse saccharoïde des Alpes (1) et du gypse compacte calcaire de Paris (2) :

| | (1) | (2) |
|------------------------------|-------|--------|
| Chaux | 55.58 | 29.59 |
| Acide sulfurique. | 44.16 | 41.00 |
| Eau | 21.00 | 18.77 |
| Carbonate de chaux | » | 7.63 |
| Argile | » | 5.21 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 98.54 | 100.00 |

Gisement. — On rencontre le gypse dans deux gisements bien différents : tantôt il est en couches puissantes qui paraissent contemporaines au terrain qui les renferme, et formées comme lui par voie de sédiment ; tels sont les dépôts de gypse des marnes irisées qu'on trouve dans la Meuse, la Meurthe et l'Aveyron, ou bien ceux des terrains tertiaires de Paris et d'Aix en Provence ; tantôt il est en amas plus ou moins considérables, mais que tout annonce être postérieurs aux roches qui les contiennent et qu'elles traversent et coupent irrégulièrement. Tels sont les dépôts des terrains métamorphiques des Alpes et des Pyrénées, où le gypse est associé à des roches plutoniques ; tels sont aussi les dépôts des mines de sel gemme et de soufre, et des terrains traversés anciennement par des sources thermales et où le gypse est accompagné de différents sulfates, de dolomie, de bitume, etc.

Applications. — On sait que le principal usage du gypse est de fournir le plâtre par la calcination. En effet, exposé à une température de 120 degrés, il perd son eau d'hydratation, et, réduit en poudre, il acquiert la propriété de se solidifier presque instantanément lorsqu'on le *gâche* avec 35 à 50 pour 100 d'eau : propriété bien précieuse dont on tire le plus grand parti pour tous les travaux d'urgence : murs, voûtes de caves, moulages de corniches ou plafonds, enduits, sellements, tout se fait avec une facilité extrême ; mais comme le plâtre est soluble dans l'eau et qu'il est attaqué par la pluie, il n'a de durée véritable qu'à l'intérieur ; à l'air sa résistance est limitée.

Gâché avec de la colle de poisson et coloré par des oxydes métalliques, le plâtre devient le *stuc*, connu dès l'antiquité, et qui

sert à reproduire à l'intérieur les imitations plus ou moins parfaites des marbres naturels.

Le plâtre est aussi l'un des engrais minéraux les plus usités. La découverte de son action sur la végétation marque une grande époque dans les fastes agricoles. Ce fut vers le milieu du dix-huitième siècle qu'un ministre protestant, appelé Mayer, étudia cette substance comme engrais. Le brillant résultat qu'il en obtint sur les fourrages fut bientôt connu dans toute l'Europe et jusqu'en Amérique, où les effets surprenants du plâtrage furent bientôt confirmés par l'imposante autorité de Franklin.

Les effets du plâtre ayant, dans les deux mondes, excité des transports d'admiration, on considéra d'abord cette substance comme un stimulant favorable à toutes les cultures et à tous les sols ; mais la pratique ne tarda pas à faire reconnaître que, pour agir avec efficacité, le plâtre, comme la chaux, comme la marne, a besoin du concours d'engrais organiques ; car l'effet en est presque nul quand le sol est entièrement dépourvu de ces engrais. L'expérience prouva, en outre, qu'il n'agit utilement que sur un nombre limité d'espèces végétales. Aujourd'hui il est bien reconnu qu'au moyen de deux à trois cents kilogrammes de plâtre, répandus sur un hectare, la luzerne, le trèfle, le sainfoin, etc., prennent un développement considérable et presque double de celui qu'on obtient sans l'emploi de cette substance ; les feuilles de ces plantes deviennent alors plus nombreuses, plus larges, et d'un vert plus foncé ; les racines participent également à cette augmentation de poids. Le colza, la navette, le chanvre, le lin, le sarrasin, les vesces, les pois, les haricots prospèrent aussi au moyen du plâtrage ; mais l'action du plâtre est douteuse sur les récoltes sarclées, et les céréales, nous le répétons, n'en ressentent aucun effet appréciable.

L'époque la plus convenable pour plâtrer est généralement le printemps, alors que les plantes présentent déjà un certain développement. C'est surtout le matin qu'il convient de répandre cette poudre blanche, afin qu'elle adhère momentanément aux feuilles encore mouillées par la rosée. On obtient aussi de très-bons effets en incorporant le plâtre au sol à l'époque des labours d'automne ; mais, par la raison que tout engrais inorganique agit avec d'au-

tant plus d'énergie qu'il est plus divisé, on regarde la méthode de saupoudrer comme la meilleure, parce que le plâtre, s'attachant aux feuilles humides, ne s'en sépare ensuite que peu à peu et se répartit ainsi plus uniformément.

En général, la proportion de plâtre que l'on répand sur un hectare varie de deux cents à deux mille kilogrammes, selon la nature des sols et des cultures. Malheureusement, le prix en est souvent assez élevé pour influencer sur la quantité des doses et pour en faire quelquefois rejeter l'emploi.

DEUXIÈME DIVISION : **ROCHES BINAIRES**

Roches formées par le mélange de deux minéraux différents. Nous les avons classées suivant l'ordre même adopté pour la classification des minéraux simples; le minéral arrivant le premier dans cette classification déterminant la place de la roche dont il fait partie.

Chacun des groupes qui vont suivre est caractérisé par la nature minéralogique des éléments des roches qu'il comprend; il admet des sous-groupes chaque fois que ces éléments peuvent appartenir à des *espèces* minéralogiques distinctes. Les types seront, comme dans la première division, caractérisés sur la structure, et les variétés par la nature des minéraux accidentels.

ONZIÈME SÉRIE : **Carbone** ou **carbure** et **silicate**.

59° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Combustible minéral*. — *Silicate hydraté d'alumine*.

AMPÉLITE.

(De ἀμπελος, vigne; parce que c'est un amendement pour cette plante.)

Syn. *Schiste alunifère*.
Phyllade alunifère.

Pierre noire à dessiner.

Crayon de charpentier.

Schiste graphique.

Pierre d'Italie.

Alaunschiefer des Allemands.

Zeichenschiefer.

Caractères généraux. — L'*ampélite* ou schiste graphique présente une structure *schistoïde*, souvent tourmentée et quelquefois *terreuse*. Cette roche est souvent pénétrée de pyrite de fer dont la décomposition engendre du sulfate de fer et d'alumine qui donne naissance à des efflorescences.

L'*ampélite* de Hurlet, en Écosse, a donné à Wilson :

| | |
|----------------------------|---------|
| Silice | 48.28 |
| Alumine. | 26.96 |
| Protoxyde de fer | 3.72 |
| Chaux. | 2.38 |
| Magnésie | Traces. |
| Potasse | 0.24 |
| Eau. | 2.02 |
| Charbon. | 3.98 |
| Pyrite. | 11.13 |
| Hydrogène. | 1.07 |
| Azote. | 0.62 |
| | <hr/> |
| | 100.40 |

Sa densité est égale à 2,54.

Les variétés *calcarifères* et *pyriteuses* doivent être spécialement mentionnées.

Gisement. — On rencontre assez communément l'*ampélite* dans les Pyrénées et en Bretagne, associé aux schistes argileux de la période silurienne. Il est aussi en relation avec des grès micacés, dans lesquels on trouve des orthocères, comme dans la gorge d'Esquiéry. Au-dessus du pont des Soupirs, près de Bagnères-de-Luchon, l'*ampélite* renferme des macles dont la couleur blanche ressort d'autant plus vivement que la roche qui leur sert de gangue est parfaitement noire. Le gisement le plus ordinaire de l'*ampélite* est cependant le terrain houiller.

Applications. — L'*ampélite* pyriteuse est appliquée, depuis un

temps immémorial, pour l'amendement des terres à vignes, et c'est de là que vient le nom même de la roche. L'ampélite terreuse sert à faire des crayons noirs, dits crayons d'Italie ou crayons des charpentiers.

40^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Bitume*. — *Silicate hydraté d'alumine*.

NAPHTOSCHISTE.

(De *naphtha*, bitume, et de *schiste*; parce que cette roche donne du bitume par la distillation.

Syn. *Schiste bitumineux*.

Pyroschiste.

Domanik (nom populaire dans l'Oural).

Brandschiefer des Allemands.

Bog head des Anglais.

Caractères généraux. — Le naphtoschiste est une roche feuilletée grisâtre ou blanchâtre, coulant avec facilité en dégageant une odeur bitumineuse.

D'après M. Dumas, le naphthoschiste de Vouvant, en Vendée renferme :

| | |
|--|-------|
| Cendres | 61.6 |
| Carbone | 7.7 |
| Matière volatile au rouge sombre | 3.2 |
| Huiles | 14.5 |
| Eau | 3.2 |
| Gaz (par différence) | 9.8 |
| | 100.0 |

Gisement. — Le naphtoschiste forme des couches puissantes et multiples dans les terrains houillers d'un très-grand nombre de localités, telles qu'Autun (Saône-et-Loire), Buxière-le-Grue (Allier), Vouvant (Vendée), Boghead (Écosse); on le retrouve dans le lias supérieur des environs de Dorchester.

Applications. — Le principal usage du naphtoschiste est de

servir à la fabrication des huiles de schiste et du gaz d'éclairage. A ce point de vue, le naphtoschiste renferme :

| | |
|-----------------------|-------|
| Huile brute | 15 |
| Eau | 3 |
| Gaz | 12 |
| Coke. | 79 |
| | <hr/> |
| | 100 |

Le coke ne renferme que 8 pour 100 de charbon.

La matière est reçue dans les usines en morceaux d'un très-grand volume ; on transporte ces morceaux sur des wagons dans un atelier précédant la distillation ; là, ils sont cassés en fragments de 10 centimètres carrés sur 1 centimètre d'épaisseur environ. La première opération est la séparation des matières solides, des gaz et des matières liquides ; pour cela, on opère dans des cornues en fonte placées horizontalement, et pouvant contenir 200 kilogrammes de boghead. On a essayé de placer les cornues deux à deux dans un même fourneau, mais cette disposition n'offre pas des avantages en rapport avec les inconvénients, qui sont l'inégalité de chauffage, la réparation d'une cornue entraînant l'arrêt de l'autre, etc. Cette distillation doit être conduite très-lentement, afin de ne pas transformer les produits liquides en gaz.

Une grande amélioration a été apportée dans ces derniers temps aux cornues. Comme il est très-difficile de chauffer constamment à la même température, on a imaginé de placer la cornue disposée à cet effet sur un bain de plomb maintenu constamment à son point de fusion. Les résultats sont considérables : outre le peu de coloration des huiles, le rendement est plus fort et les huiles d'une densité plus faible, ce qui indique évidemment qu'il ne s'est pas produit de goudron pendant la distillation.

Au sortir des cornues, les produits de la distillation passent dans des serpentins refroidis, où se condensent les eaux ammoniacales et les huiles ; les extrémités des serpentins possèdent deux tuyaux, l'un s'élevant pour aller plonger dans un barillet comme dans les usines à gaz, l'autre plongeant dans des réservoirs où se rendent les huiles.

L'on obtient ainsi de 45 à 50 pour 100 d'huile marquant 35°

Baumé ; le gaz, au sortir du barillet, est aspiré et envoyé au gazomètre par les appareils purificateurs, et il reste dans la cornue un coke conservant la forme du boghead. Ce coke, qu'on emploie au chauffage des cornues, laisse comme résidu de la combustion une matière composée de silicate d'alumine dont on tire un très-bon parti pour la fabrication des briques réfractaires, et qu'on peut aussi transformer en sulfate d'alumine en la calcinant avec de l'acide sulfurique dans un four à réverbère.

Le gaz obtenu par ce procédé, quoique moins riche que celui distillé seulement en vue du gaz, possède encore un pouvoir éclairant triple de celui du gaz de houille ; c'est, du reste, le gaz vendu à Paris comme *gaz portatif*.

DOUZIÈME SÉRIE : **Carbone** ou **carbure** et **carbonate**.

41^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Combustible minéral*. — *Carbonate de chaux*.

ANTHRACONITE.

(De ἀνθραξ, noir, et conis, pierre.)

Syn. *Anthracolithe*.

Luculite.

Pierre de porc.

Caractères généraux. — L'anthraconite est une roche d'un noir foncé, qui blanchit complètement au chalumeau. Elle est composée de calcaire cristallin mêlé à de l'anhracite. Nous n'avons pas les résultats d'analyse bien faite de cette roche intéressante, mais peu abondante.

Gisement. — L'anthraconite est toujours cristalline, et constitue des couches dans la formation silurienne de la Suède, de la Norwége, etc.

TREIZIÈME SÉRIE : **Deux oxydes.**

42^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de fer.* — *Oxyde anhydre d'aluminium.*

ÉMERI.

(Du grec, *σμίρις*, même sens.)

Syn. *Emeril.*

Caractères généraux. — L'émeri comprend deux types principaux, correspondants aux structures *compacte* et *grenue*. C'est une roche de couleur foncée dont les variétés principales sont caractérisées par la présence du *quartz*, de la *chlorite*, de l'*oligiste*, etc.

Voici, d'après Tennant, l'analyse de l'émeri de Naxos :

| | |
|------------------------|-------|
| Alumine | 86.0 |
| Oxyde de fer | 4.0 |
| Silice | 5.0 |
| | <hr/> |
| | 95.0 |

Gisement. — L'émeri se trouve en couches ou en amas stratiformes dans les étages des gneiss et des micaschistes. Ses principaux gisements sont en Saxe, en Chine, dans les Indes et en Asie Mineure, où la roche qui nous occupe a fourni à M. Lawrence Smith le sujet d'un travail devenu classique. C'est en effet à ce savant qu'on doit la découverte, en 1847, de l'émeri en Asie Mineure, découverte qui eut pour résultat de faire baisser très-considérablement le prix de ce minéral si utile aux arts.

Le premier gisement où l'émeri fut rencontré est Gumuch-Dagh, près de l'antique ville de Magnésie. Il est resté jusqu'ici le seul point de ces contrées où l'exploitation puisse être poursuivie d'une manière très-fructueuse. Dans cette localité, dont l'âge géologique n'est pas déterminé avec précision, mais qui est fort ancien, on voit des calcaires métamorphiques bleuâtres en contact avec des micaschistes et des gneiss. Au sommet de la montagne de Gumuch, l'émeri se trouve dispersé sur le sol en fragments anguleux d'une couleur foncée. D'énormes blocs pesant souvent plusieurs milliers de kilogrammes sortent à la surface du sol. En fouillant à une cer-

taine profondeur, on trouve des blocs d'émeri de différentes dimensions qui y sont enfouis. Un peu plus profondément on arrive au roc qui le contient. En brisant le marbre qui se montre en cet endroit à la surface, on est sûr de trouver des fragments d'émeri. Quelquefois ce minéral forme des masses de plusieurs mètres de longueur et de largeur, et sa dureté est si grande qu'à parfois, ne pouvant les rompre, on est contraint de les abandonner. Nulle part dans cette région l'émeri ne se présente en veines ou avec des indices de stratification.

Applications. — On connaît l'usage de l'émeri, que sa dureté rend propre au polissage des corps durs. Aussi y a-t-il intérêt à déterminer avec précision cette dureté. Voici un procédé susceptible d'être appliqué dans l'industrie et que recommande M. Lawrence Smith.

On détache quelques fragments de l'échantillon soumis à l'examen et on le brise dans un mortier d'Abich au moyen de deux ou trois coups de marteau; ensuite on jette le contenu du mortier dans un tamis de crin ayant par exemple 900 trous par centimètre carré: ce qui passe à travers le tamis est recueilli, et le reste est remis dans le mortier, cassé et tamisé encore, et ainsi de suite jusqu'à l'épuisement de l'émeri.

Ainsi pulvérisé et bien mêlé, l'émeri est pesé et soumis à l'épreuve suivante. On pèse une lame de verre ronde ayant environ dix centimètres de diamètre et on y place l'émeri par très-petites doses à la fois. On le frotte avec le fond d'un mortier d'agate. On enlève l'émeri de temps en temps avec une petite brosse ou une barbe de plume, et quand tout a passé une fois sur le verre on le recueille sur du papier pour recommencer la même opération qui est répétée deux ou trois fois. Le verre est pesé encore et soumis de nouveau au frottement avec le même émeri, qui commence à devenir impalpable. On continue ainsi jusqu'à ce que la pesée indique que l'émeri a cessé d'user le verre. La perte de poids du verre sous l'action de divers émeris donne une idée exacte de leur *dureté effective comparée*; et en prenant pour *unité* un corps déterminé, par exemple le saphir bleu de Ceylan, on pourra exprimer ces duretés en chiffres.

43° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de fer*. — *Oxyde anhydre de silicium*.

ITABIRITE.

(De *Itabira*; nom de la localité du Brésil où s'en trouve le type.)

Syn. *Siderocriste* (Brongniart).

Quartzite sidérocriste (d'Omalius).

Eisenglimmerschiefer des Allemands

Caractères généraux. — L'*Itabirite* est tantôt *grenue* et tantôt *schistoïde*. Sa densité varie entre 4 et 5. Le *talc*, le *mica*, le *feldspath* caractérisent ses principales variétés. La composition de cette roche n'a pas été l'objet d'analyses chimiques ou minéralogiques spéciales. Elle est souvent aurifère, et traitée alors comme minerai d'or.

Gisement. — L'*Itabirite* est abondante dans diverses localités du Brésil, telles qu'*Itabira*, *Villa Rica*, *Mariana*; on la retrouve en France, en Italie, en Grèce, etc. Elle accompagne souvent l'*Itacolumite*, et gît, soit au contact des gneiss et des micaschistes, soit dans l'étage des talcschistes.

QUATORZIÈME SÉRIE : Oxyde et silicate.

44° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de fer (chromifère)*. — *Silicate anhydre de magnésie*.

DUNITE.

(De *Dun*; nom de la localité où elle a été découverte.)

Syn. *Olivinfels* (v. Hochtetter).

Chassignite.

Caractères généraux. — Cette roche, dont nous ne connaissons jusqu'à présent qu'un seul échantillon, d'ailleurs de petite taille, qui figure dans la collection du Muséum, a reçu de M. Hochtetter, qui l'a découverte, le nom de *dunite*.

Gisement. — Elles forment, à la Nouvelle-Zélande, la chaîne

des montagnes des Dunes (Dun Mountains). Un trait fort intéressant de cette roche est d'être *identique*, au point de vue minéralogique, à certaines météorites péridotiques très-rares, dont celle de Chassigny (1815) est le type le mieux caractérisé.

45° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium*. — *Borosilicate d'alumine et de protoxyde*.

HYALOTOURMALITE.

(De ὕαλος, cristal, et *tourmaline*.)

Syn. *Tourmalinite* (Sæmann).

Quartz tourmalinifère.

Schorlfels des Allemands.

Shorlock des Anglais.

Carvoira des Brésiliens.

Caractères généraux. — L'hyalotourmalite, appartenant à un type unique, est formée par le mélange exclusif du quartz hyalin et de la tourmaline noire. L'analyse y indique donc simplement la composition des tourmalines avec un très-grand excès de silice. Parmi les variétés, doit être signalée celle qui résulte de la présence de l'*orthose*, comme minéral accidentel.

Gisement. — L'hyalotourmalite est assez rare ; elle forme des veines, des amas, des filons ou des dykes dans les granites de quelques localités, telles que : Quesnoy, près d'Avranches (Manche); Saint-Jean-de-Nay (Haute-Loire); environs de Bland (Morbihan); Predazzo (Tyrol); Heidelberg; île d'Elbe; Kieringbrikka (Suède); États-Unis; Brésil.

46° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium*. — *Silicate d'alumine et de protoxyde*.

Les roches de notre 46° groupe sont fort nombreuses : elles résultent du mélange du quartz avec le feldspath orthose.

Elles se rapportent à huit types principaux d'après leur struc-

ture, qui peut être : 1° *grenue* (granulites); 2° *graphique* (pegmatite); 3° *porphyroïde* (porphyre quartzifère); 4° *granitoïde* (id.); 5° *schistoïde* (id.); 6° *globulaire* (pyroméride); 7° *grésiforme* (arkose); 8° *clastique* (brèches porphyriques). Ce groupe comprend, comme on voit, les roches désignées en général sous les noms de pegmatite, de porphyre quartzifère et d'arkose.

PEGMATITE.

(De $\pi\tau\gamma\mu\alpha$, incrustation; à cause de la disposition du quartz.)

Syn. *Granite graphique.*

Granite feldspathique (Coquand).

Quartzmatite (Boubée).

Schriftgranit des Allemands.

Caractères généraux. — La pegmatite est une roche éminemment phanérogène. Le feldspath est souvent blanchâtre et quelquefois rougeâtre ou brunâtre; le quartz est gris. Quand elle est grenue, la roche ressemble à certaines arkoses; mais la variété tout à fait caractéristique est celle qu'on désigne sous le nom de *graphique*. Le quartz y est comme fiché dans le feldspath, où il forme des lignes brisées qui donnent l'idée de l'écriture hébraïque.

Voici, d'après M. Kprulf, la composition chimique d'une pegmatite des environs de Predazzo, en Tyrol :

| | |
|---------------------------|--------|
| Silice | 70.725 |
| Alumine | 14.161 |
| Protoxyde de fer. | 5.225 |
| Chaux | 1.026 |
| Magnésie | 0.659 |
| Potasse. | 5.566 |
| Soude | 2.544 |
| Perte au feu | 1.100 |
| | <hr/> |
| | 98.806 |

Gisement. — Les pegmatites se trouvent dans des conditions très-différentes. Tantôt elles constituent des assises stratiformes puissantes et de grande étendue dans l'étage du gneiss; tantôt elles résultent d'épanchements et constituent des enclaves transversaux

ou bien de grands filons-dykes, soit dans le sol primitif stratifié, soit dans les enclaves granitiques et quelquefois dans les terrains sédimentaires. La pegmatite stratifiée a la même origine que le gneiss qui l'entoure, c'est-à-dire qu'elle paraît résulter, comme les autres terrains primitifs, du premier refroidissement planétaire.

Applications. — La pegmatite grenue est employée, sous le nom de *petunzé* (mot chinois), à faire la couverte ou le vernis de la porcelaine, après avoir été préalablement pulvérisée et broyée. La décomposition de la pegmatite fournit presque tous les beaux kaolins dont on se sert pour fabriquer la porcelaine.

PORPHYRE FELDSPATHIQUE QUARTZIFÈRE.

(De *πορφυρα*, pourpre, à cause de la couleur de certaines variétés.)

Syn. *Quartz porphyr* }
Felsitporphyr } des Allemands.
Feldsteinporphyr }
Elvan des Anglais.

Caractères généraux. — Le porphyre est une roche formée d'une pâte ayant la composition de l'eurite, dans laquelle sont disséminés des cristaux de feldspath et de quartz auxquels se joignent souvent diverses autres matières accidentelles. Les couleurs dont cette roche est susceptible sont extraordinairement variées.

Parmi les très-nombreuses analyses dont le porphyre a été l'objet, nous donnons (1) celle du porphyre à cristaux, de quartz bipyramidés de Montreuillon (Nièvre), par M. Delesse; (2), celle d'un porphyre rouge brun de Lauterberg, par M. Streng; (3), celle d'un porphyre chocolat clair, de Nyholmen, près de Christiania, par M. Kprulf; et enfin (4), celle du porphyre de Gottesgab, en Silésie, par M. Bischof :

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Silice. | 71.70 | 75.17 | 75.195 | 74.23 |
| Alumine | 15.00 | 12.72 | 10.857 | 14.77 |
| Sesquioxyde de fer | 2.90 | » | » | 1.51 |
| <i>A reporter.</i> | 89.60 | 87.89 | 86.050 | 90.51 |

| | | | | |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| <i>Report.</i> | 89.60 | 87.89 | 86.050 | 90.51 |
| Protoxyde de fer . . | » | 3.25 | 3.214 | » |
| Protoxyde de mangan. | » | 0.98 | » | » |
| Chaux. | 0.40 | 0.40 | 0.480 | » |
| Magnésie | } 8.88 | 0.59 | 0.558 | 1.55 |
| Potasse | | 7.77 | 5.085 | 1.54 |
| Soude. | | 0.00 | 5.976 | 4.80 |
| Perte au feu | 1.20 | 1.35 | 0.707 | 0.99 |
| | <u>100.00</u> | <u>102.03</u> | <u>97.868</u> | <u>98.79</u> |

Gisement. — Le porphyre quartzifère est l'une des roches les plus abondantes. Il constitue des enclaves transversaux, des dykes et des filons qui ont commencé à se former à la fin de l'époque cambrienne, mais se rapportent surtout aux dislocations et nombreux épanchements qui ont eu lieu après le dépôt des terrains houillers. Quelques porphyres, tels que ceux des Vosges, sont plus récents ; ils paraissent dans quelques localités avoir une origine éruptive et s'être formés à la manière des laves. En effet, les détritiques, conglomérats et couches de matière très-atténuées qui accompagnent ces porphyres semblent correspondre aux déjections volcaniques.

Le type globulaire qui porte, comme on vient de voir, le nom de pyroméride, est assez rare. Il se trouve surtout en Corse et dans le Var, où il forme de petits enclaves ou des dykes, soit dans les terrains siluriens, soit dans certains enclaves de porphyre. Il en existe aussi dans un certain nombre d'autres localités.

Applications. — On emploie le porphyre comme pierre de décoration, et c'est en vue de cette application qu'on l'exploite en Suède, en Corse, dans les Vosges, etc. Les prismes porphyriques de Kreutznach (Palatinat) sont facilement convertis en pavés excellents au moyen de simples cassures transversales. C'est ainsi, par exemple, que la ville de Bingen est en partie pavée.

Une fois poli, le pyroméride présente un très-bel aspect qui le fait rechercher comme pierre d'ornement.

ARKOSE

Syn. *Grès feldspathique.*
Grès arkose.

Grès granitoïde.
Psammite granitoïde.
Mimophyre quartzeux.
Granite recomposé.
Porphyre régénéré.

Caractères généraux. — Cette roche, souvent entrecoupée par des veines de quartz, est grisâtre, jaunâtre ou légèrement colorée en rouge par des matières ferrugineuses. Elle se rapproche par l'aspect de certains grès, mais elle en diffère par ce fait que les grains, d'un volume très-variable, qui la composent, sont rarement arrondis; le plus souvent ils ont conservé des formes anguleuses indiquant que les éléments constituants ont subi un transport peu prolongé.

Une arkose, de composition moyenne, a donné :

| | |
|-----------------------------|----|
| Silice | 68 |
| Oxyde de fer | 4 |
| Chaux et magnésie | 2 |
| Alumine | 25 |
| | 99 |

Gisement. — Anciennement, l'arkose n'était connue que dans le terrain infraliasique où elle se montre en abondance, par exemple, à Avallon, dans l'Yonne. Mais on a reconnu qu'elle figure dans presque toute la série des étages composant l'ensemble des terrains sédimentaires. En effet, il en existe en France dans les terrains siluriens (chaîne de l'Estérel); dans les terrains houillers (Creuzot), près d'Autun (Saône-et-Loire); Alais (Gard), etc., dans les marnes irisées. On en trouve également dans les terrains tertiaires du Tarn, de la Haute-Loire, du Puy-de-Dôme, etc.

47° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium.* — *Silicate hydraté d'alumine.*

Le silicate hydraté d'alumine, qu'on peut trouver en association avec le quartz, se rapporte aux trois sous-groupes de l'argile, du

kaolin et du schiste ; les roches du 47^e groupe doivent donc être elles-mêmes divisées en trois sous-groupes.

Le premier comprend les masses désignées généralement sous les noms de *jaspe*, de *lydiennes*, etc. ; le second contient les *metaxites* et le troisième les *traumates*.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Quartz, argile.*

Les roches formées par le mélange du quartz et de l'argile sont connues sous les noms de *jaspe* et de *psammite*.

Jaspe.

(De Ἰασπις, même signification.)

Syn. *Caillou de Rennes.*

Quartz jaspe.

Quartz Lydien.

Lydienne.

Lydite.

Pierre de touche.

Caractères généraux. — Le jaspe est une roche opaque, même sur les bords les plus minces ; la matière alumineuse qu'il contient est souvent riche en oxyde de fer, ce qui lui donne des couleurs jaunes ou rouges plus ou moins foncées : d'autres fois, ce sont des matières anthraciteuses accidentelles qui le colorent en noir. Dans ce dernier cas, il reçoit le nom spécial de *phtanite* et sert comme pierre de touche.

Voici la composition d'un jaspe appartenant à cette dernière variété :

| | |
|--------------------|---------|
| Silice | 85.000 |
| Alumine | 2.000 |
| Chaux | 1.000 |
| Charbon. | 2.700 |
| Soufre | 0.600 |
| Fer | 1.700 |
| Humidité | 2.500 |
| Perte | 4.500 |
| | 100.000 |

Gisement. — Les jaspes sont stratiformes et constituent soit des lits de rognons, soit des couches très-minces, mais d'une grande étendue, subordonnés à divers étages, depuis la période cambrienne jusques et y comprise la période tertiaire. Les plus beaux jaspes dits jaspes sanguins, se trouvent surtout en Italie, en Sibérie et en Égypte.

Applications. — On en fait différents objets d'ornement, de décoration et de bijouterie.

P I T E.

(De ψάμμος, sable; à cause de sa structure arénacée.)

Syn. *Métarite* (en partie).

Grès houillers }
Grès bigarrés } pour la plupart.

Caractères généraux. — Le psammite, appelé souvent grès argileux, grès de houillères, etc., est tenace ou friable, quelquefois meuble; ses couleurs sont le rougeâtre, le grisâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le brunâtre, le noirâtre, le blanchâtre, etc.; unis ou bigarrés. Il est souvent *micacé*, d'autres fois *charbonneux*, *maclifère*, etc.

La composition de cette roche n'a pas été l'objet de recherches spéciales. Son analyse donne les résultats qu'on est en droit d'attendre de tout mélange de quartz et de feldspath.

Gisement. — Le psammite, qui est extrêmement abondant dans la nature, forme dans divers terrains des couches, des amas et peut-être des filons.

Applications. — On l'emploie comme pierre à bâtir, pierre à paver, pierre à aiguiser, etc.

2° SOUS-GROUPE. *Quartz, kaolin.*

MÉTAXITE.

(De μετὰξὺ, entre, qui alterne; parce que les grains de feldspath altéré ou kaolin, y alternent parfois avec des grains de feldspath intact.)

Syn. Partie de l'*Arkose* (d'Omalius et Brongniart).

Partie du *Grès feldspathique* (de Coquand).

Caractères généraux. — Le métaxite se reconnaît à ce que l'argile qu'il contient appartient à la variété dite kaolin. Il est de couleur blanchâtre, grisâtre, jaunâtre, brunâtre, violâtre, etc. On le regarde comme un produit d'altération de l'arkose.

Dans sa composition entrent, sous forme de minéraux accidentels, les espèces suivantes : *barytine, calcaire, giobertite, mica, pétrole, sidérose, blende, malachite, galène, etc.*, et quelques autres à chacune desquelles correspond une variété spéciale.

Le métaxite contient souvent des débris de végétaux.

Gisement. — Comme l'arkose, il appartient à toutes les périodes du sol sédimentaire. Il commence à apparaître dans le terrain silurien, mais c'est surtout à l'époque houillère qu'il forme des assises puissantes.

Applications. — Quelquefois, le métaxite est recherché pour le kaolin qu'il contient et qu'on emploie à faire de la porcelaine : en général, il sert comme pierre de construction ou comme meule de moulin (mill stone gritt des Anglais).

3° SOUS-GROUPE. *Quartz, schiste.*

TRAUMATE.

(De τραῦμα, fragments.)

| | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Syn. <i>Psammite</i> | } de quelques géologues. |
| <i>Grauwacke</i> | |
| <i>Arkose</i> | |
| <i>Schiste</i> | |
| <i>Grès argileux</i> (en partie). | |

Caractères généraux. — Dans le traumaté, le silicate d'alumine hydraté doit être rapporté non plus à l'argile, mais au schiste.

Le feldspath et le mica se présentent quelquefois comme parties accidentelles et caractérisent alors des variétés. La composition chimique du traumaté est extrêmement variable.

Gisement. — Cette roche constitue des couches quelquefois puissantes, dans les terrains cambriens, siluriens, devoniens, houillers et nummulitiques.

48° GROUPE. -- Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium.* — *Silicate hydraté de magnésie.*

TALCSCHISTE.

{ De *talc* et de *schiste.* }

Syn. *Schiste talqueux.*

Talcite (Cordier)

Stéaschiste

Stéatite

Talcaide (Boubée)

Talkschiefer des Allemands

} en partie.

Caractères généraux. — A ce groupe correspond le *talcite* proprement dit. C'est une roche toujours schistoïde, extrêmement commune, qui constitue des assises puissantes. Elle contient peu de minéraux accidentels. Parmi les localités où cette roche est le plus abondante, on cite surtout les environs de Cherbourg, le passage du Simplon et diverses localités de l'Italie.

La composition moyenne de cette roche importante résulte de l'analyse suivante, exécutée par Schafhautl, sur une variété du Saint-Gothard :

| | |
|----------------------------|-------|
| Silice | 50.20 |
| Magnésie | 55.90 |
| Oxyde ferreux | 2.56 |
| Eau | 2.45 |
| Soude et potasse | 6.50 |
| | <hr/> |
| | 98.70 |

Gisement. — Les talcschistes sont associés avec les micaschistes

et les autres schistes cristallifères. Ils sont surtout abondants dans la chaîne des Alpes et les Pyrénées : on les retrouve en Corse, dans le Tyrol, en Toscane. Dans la Tarentaise, suivant M. Gras, on trouve des bancs très-puissants de talcschistes superposés à des couches de calcaire riches en fossiles.

Quant à l'âge de cette roche, nous n'avons pas à y revenir, le sujet ayant été traité dans notre première partie. Toutefois, comme le fait remarquer M. Coquand, le peu d'ancienneté du talcschiste n'est nulle part mis plus nettement en évidence que dans les falaises de la Spezia, au cap Corvo, où l'on voit les divers termes du terrain triasique modifiés d'une manière complète, les calcaires convertis en calcaires talcifères ou *cipolins*, et les schistes argileux en talcschistes. Il y a plus : le ciment argileux qui, primitivement, enveloppait les grains et les galets de quartz dont sont composés les grès et les poudingues que l'on observe à divers niveaux dans l'ensemble de cette formation secondaire, est passé lui-même à l'état de talc pailleté et onctueux : or, la présence de cailloux roulés au sein de couches calcaires et schisteuses, exclut toute idée de les rapporter à une formation primitive.

Applications. — On n'emploie guère le talcschiste que comme moellon : son infusibilité le fait utiliser aussi comme pierre réfractaire.

43^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium.* — *Fluosilicate d'alumine et de protoxyde.*

On connaît les roches auxquelles nous sommes arrivés sous les noms de *greisen* et de *micaschiste*.

GREISEN.

(Mot emprunté à l'allemand.)

Syn. *Hyalomict* (Brongniart).

Granite (en partie) de Coquand.

Zwittergestein des Allemands.

Caractères généraux. — Le greisen consiste en un mélange essentiellement *grenu* de quartz et de mica. Il n'y a donc pas lieu

d'établir ici de division de types, mais le greisen compte un grand nombre de variétés dues à la présence accidentelle de la *tourmaline*, du *feldspath*, de l'*oxyde d'étain*, etc.

La composition chimique ou minéralogique du greisen n'a pas donné lieu à des recherches spéciales.

Gisement. — C'est une roche qu'on trouve en amas transversaux ou en dykes dans les massifs granitiques ; elle contient souvent les filons stannifères, par exemple en Bretagne.

MICASCHISTE.

(De *mica* et de *schiste*.)

Syn. *Micacite* (Cordier).

Glimmerschiefer des Allemands.

Micaslate des Anglais.

Caractères généraux. — Le micaschiste présente la même composition minéralogique que le greisen et n'en diffère que par sa structure qui est essentiellement *schisteuse*. Cette roche offre des variétés *feldspathique*, *grenatique*, *talqueuse*, etc.

Voici quelques résultats d'analyses effectuées sur différentes variétés de micaschistes.

(1) est, d'après MM. Schonfeld et Roscoë, le micaschiste de Brixen, en Tyrol ; (2), d'après Bunsen, celui de Zermatt ; et (3), d'après Kjerulf, celui de Nassodden, près de Christiania, en Norwége.

| | (1) | (2) | (3) |
|-------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| Silice | 69.45 | 79.505 | 76.186 |
| Alumine. | 14.24 | 15.559 | 9.774 |
| Sesquioxyde de fer | » | 2.865 | 4.286 |
| Protoxyde de fer | 6.54 | » | » |
| Chaux. | 2.66 | 0.710 | » |
| Magnésie | 1.55 | 0.950 | 1.352 |
| Potasse | 2.52 | 4.686 | 5.820 |
| Soude. | 4.02 | 0.556 | 1.590 |
| Eau et perte au feu | 0.52 | 0.780 | 1.446 |
| | <u>101.50</u> | <u>105.210</u> | <u>98.254</u> |

La densité du micaschiste est, en moyenne, égale à 2.8.

Gisement. — Il n'y a pas lieu d'insister sur le gisement du micaschiste, après les notions données dans notre première partie. Nous avons dit, en effet, que cette roche donne son nom à tout un étage des plus puissants des terrains schisteux cristallins, et l'on a vu que la Bretagne, les Alpes, la Flandre, la Norwège, l'Égypte, les États-Unis en contiennent des masses considérables.

Applications. — Cette roche n'est guère exploitée que comme moellon dans les pays où on en trouve. Les micaschistes de l'île de Naxos, dans l'archipel grec, sont pénétrés d'émeri et sont exploités pour en retirer ce minéral qui sert à polir les corps durs.

QUINZIÈME SÉRIE : **Oxyde** et **carbonate**.

50^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Oxyde anhydre de silicium.* — *Carbonate de chaux.*

MOLASSE.

(A cause de son peu de consistance.)

Syn. Grès calcaireux.

Caractères généraux. — La molasse contient souvent de l'argile avec le calcaire; cependant les types bien caractérisés, tels que le grès ordinaire de Fontainebleau, sont exclusivement formés de quartz et de calcaire. La composition de cette roche ressort pleinement des chiffres suivants obtenus par Gmelin sur la variété type du lac de Constance :

| | |
|--------------------------------|-------|
| Sable micacé. | 51.65 |
| Carbonate de chaux | 45.52 |
| Alumine ferrugineuse | 0.15 |
| Chaux et magnésie. | 2.94 |
| Fer oxydé | 0.55 |
| Oxyde de manganèse. | 0.15 |
| | 98.94 |

Gisement. — La molasse est d'ailleurs extrêmement abondante,

principalement en Suisse et en Autriche, où elle forme, dans les terrains tertiaires, d'immenses dépôts stratifiés, dont la puissance dépasse parfois 1,000 mètres et auxquels elle donne souvent son nom. En Suisse, la molasse passe fréquemment à un poudingue dont les galets sont assez gros. La pâte étant peu solide, elle se décompose à la surface, et les galets présentent une série de proéminences saillantes qui a fait donner à ce poudingue le nom de *nagelfluë*, par sa comparaison avec une muraille garnie de clous.

Applications.— On emploie la molasse comme moellon et comme pierre à paver, et généralement dans tous les cas où le grès médiocrement dur peut être appliqué.

SEIZIÈME SÉRIE : **Deux silicates.**

51^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate anhydre de magnésic.* — *Silicate d'alumine et de protoxyde.*

Ces roches, extrêmement nombreuses, se divisent naturellement en sept sous-groupes qui correspondent à l'*éclogite*, à la *dibasite*, à la *dolérite*, à la *trachydolérite*, à la *syénite*, au *diorite* et au *trachydiorite*.

Les rapports atomiques qui, comme nous l'avons expliqué plus haut, caractérisent ces sous-groupes sont :

1^o Pour l'*éclogite*, 2 : 1 et 2 : 5 : 1

2^o Pour la *dibasite*, 2 : 1 et 12 : 5 : 1

3^o Pour la *dolérite*, 2 : 1 et 6 : 5 : 1

4^o Pour la *trachydolérite*, 2 : 1 et 8 : 5 : 1

5^o Pour la *syénite*, 9 : 4 et 12 : 5 : 1

6^o Pour le *diorite*, 9 : 4 et 6 : 5 : 1

Et 7^o pour le *trachydiorite*, 9 : 4 et 8 : 5 : 1

Ces rapports sont toujours, comme on voit, extrêmement simples.

1^{er} SOUS-GROUPE. Rapp. atom., 2 : 1 (*Silicate magnésien*) — 2 : 1 : 1 (*Silicate alumineux*.)

ÉCLOGITE.

(De *ἔκλογη*, choix; parce que ses minéraux constituants sont rares.)

Syn. *Omphazitfels* des Allemands.

Caractères généraux. — C'est une roche formée par le mélange de la diallage avec le grenat, dont les principales variétés sont caractérisées par la présence du *quartz*, du *feldspath*, etc.

Sa structure est généralement grenue.

Gisement. — Elle est fort peu abondante, et constitue des amas ou des petites couches de peu d'étendue dans les terrains primitifs stratifiés.

Application. — En raison de l'éclat des couleurs verte et rouge de certaines de ses variétés, l'éclogite est employée à la confection de petits objets d'ornement.

2^e SOUS-GROUPE. Rapp. atom., 2 : 1 (*Silicate magnésien*) — 12 : 5 : 1 (*Silicate alumineux*).

DIBASITE (Cordier).

(Parce qu'elle a deux minéraux constituants, comme deux bases.)

Caractères généraux. — C'est une roche assez rare, composée de diopside et d'orthose. Les variétés principales sont dues à la présence du *quartz* et du *mica*.

Gisement. — Elle constitue, soit des couches ou amas stratiformes, soit des dykes dans les terrains primitifs, et a été signalée, entre autres localités, aux environs d'Ax (Ariège), et à Sainte-Marie-aux-Mines (Vosges).

5° SOUS-GROUPE. Rapp. atom., 2 : 1 (*Silicate magnésien*) — 6 : 5 : 1 (*Silicate alumineux*).

Le feldspath labrador et le pyroxène donnent, par leur mélange, naissance à des roches extrêmement nombreuses. On leur donne d'habitude des noms différents, suivant que le pyroxène qu'elles contiennent est de l'*augite*, de la *diallage* ou de l'*hypersthène*.

LABRADOR et AUGITE.

Les roches contenant de l'*augite* sont connues sous les noms de *dolérite*, *mélaphyre*, *téphrine* (en partie), *spilite*, *wacke*, *mimosite*, *trapp*, *peperino*, etc. Elles appartiennent à sept types, suivant que leur structure est *grenue* (*dolérite*, *mimosite*), *porphyroïde* (*dolérite*), *scoriacée* (*dolérite*, *téphrine*), *amygdaloïde* (*spilite*, *mimosite*), *terreuse* (*wacke*), *compacte* (*mimosite*, *trapp*), *élastique* (*peperino*).

Dolérite.

(De δολερός, trompeur; parce qu'on l'a prise souvent pour du diorite.)

Caractères généraux. — M. Rammelsberg a fait l'analyse minéralogique de la *dolérite* de Kurhessen, et y a trouvé, sur 100 parties :

| | |
|--------------------|-------|
| Labrador | 47.60 |
| Augite | 49.60 |
| | <hr/> |
| | 97.20 |

Beaucoup de variétés ont été analysées. On trouvera, dans le tableau suivant, les résultats fournis à M. Heusser par la *dolérite*, dont nous venons de parler et qui provient de Kurhessen (1), à M. Wrightson par celle de Schuffenberg, près Gressen, (2) et enfin à M. Bunsen, par celle de la sierra Nevada dans l'Amérique du Nord (3).

| | (1) | (2) | (5) |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Silice. | 48.00 | 55.12 | 51.54 |
| Aluminc. | 16.28 | 6.14 | 17.26 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| A reporter. | 64.28 | 59.26 | 68.80 |

| | | | |
|-------------------------------|--------|-------|--------|
| <i>Report</i> | 64.28 | 59.26 | 68.80 |
| Protoxyde de fer | 15.55 | 17.65 | 12.09 |
| Chaux | 9.50 | 9.89 | 10.75 |
| Magnésic | 5.85 | 6.66 | 9.19 |
| Potasse | 2.01 | 1.85 | 0.20 |
| Soude | 2.01 | 1.55 | 1.58 |
| Acide sulfurique. | » | 0 86 | » |
| Eau et perte au feu | 2.80 | 1.95 | » |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 100.00 | 99.41 | 102.41 |

La densité de la dolérite est en moyenne égale à 2,904.

Nous devons remarquer que les roches les plus communes décrites sous le nom de dolérites, et qui sont riches en fer titané, ne différant en rien d'essentiel du basalte, ne figurent point dans notre 51^e groupe, et seront décrites plus tard. Les principales variétés de la dolérite, telles que nous la définissons, sont dues à la présence du *fer titané*, du *péridot* et de l'*oligiste*.

Gisement. — La *dolérite* se forme encore actuellement; elle appartient principalement aux terrains volcaniques de l'époque pliocène, où elle constitue de grandes assises et quelquefois des enclaves transversaux et des dykes.

Mimosite.

(De *μῖμος*, imitation; parce que cette roche ressemble parfois au diorite.)

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Syn. <i>Dolérite</i> (Brongniart) | } en partie. |
| <i>Trapp</i> (Omalius) | |
| <i>Basalte porphyroïde</i> (Coquand) | |
| <i>Anamésite</i> (Leonhardt). | |
| <i>Mimose.</i> | |
| <i>Trappite.</i> | |

Caractères généraux. — La *mimosite* est une roche phanéro-gène, noirâtre, à grains généralement très-fins, mais donnant des passages insensibles vers la dolérite, ce qui les distingue complé-

tement du trapp. Une mimosite de Schuffenberg a donné à l'analyse :

| | |
|----------------------------|--------|
| Silice | 54.12 |
| Oxyde ferreux | 17.65 |
| Alumine | 6.44 |
| Acide sulfurique | 0.86 |
| Chaux | 9.89 |
| Magnésie | 6.66 |
| Potasse | 1.85 |
| Soude | 4.55 |
| Eau | 1.95 |
| Perte | 0.59 |
| | 100.00 |

Parmi les variétés, il faut mentionner celles que caractérise la fréquence du *fer titané* et qui établissent le passage entre la roche que nous étudions et le basalte.

La *mimosite* ne diffère guère de la précédente que par la finesse de son grain.

Gisement. — Elle est généralement d'âge plus ancien que la dolérite, et se trouve en amas considérables dans les terrains houillers et dans les couches tertiaires.

Téphrine pyroxénique.

(De τέφρα, cendre; à cause de sa couleur.)

Syn. *Trachyte* }
Trass } en partie.
Basanite }
Phonolithe décomposée.
Klingstein décomposé.

Caractères généraux. — La *téphrine*, comme son nom l'indique, se distingue par sa couleur *cendrée*; elle est scoriacée, rude au toucher, tenace. Le pyroxène qu'elle contient lui donne parfois une apparence porphyroïde.

Gisement. — Nous n'avons ici rien à ajouter à ce que nous

avons dit de l'origine et du gisement de cette roche, qui sont les mêmes que ceux de la téphrine non pyroxénique signalée dans notre 20^e groupe.

Mélaphyre.

(Du grec, μέλας, noir; à cause de la couleur sombre de sa pâte.)

- Syn. *Porphyre noir* (De Buch).
Porphyre pyroxénique.
Porphyre vert antique.
Trapp porphyrique (Werner).
Amygdalophyre.
Diabase (en partie).
Toadstone des Anglais.
Grünsten des Allemands (en partie).

Caractères généraux. — Le *mélaphyre* est une roche à base composée d'une pâte due au mélange du pyroxène et du feldspath, enveloppant des cristaux souvent très-distincts de ces minéraux.

Sa densité est égale à 2,7. Quant à sa composition, elle ressort des analyses suivantes :

(1) est le *mélaphyre* des environs de Landeshut, en Silésie, analysé par M. de Richthofen; (2) est celui de Ilfeld, au Harz, dont M. Streng a déterminé la composition; enfin, (3) est l'*amygdalophyre* de Saxe, analysé par M. Jensch.

| | (1) | (2) | (3) |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Silice | 54.58 | 56.22 | 62.5 |
| Alumine | 18.92 | 15.56 | 16.8 |
| Protoxyde de fer | 10.87 | 8.07 | 6.8 |
| Chaux | 7.17 | 6.56 | 1.8 |
| Magnésie | 1.15 | 5.97 | 2.9 |
| Potasse | } 4.08 | 3.29 | 5.7 |
| Soude | | 2.40 | 5.7 |
| Acide phosphorique. | 1.12 | » | » |
| Eau | 2.11 | 2.75 | 2.8 |
| | <hr/> 100.00 | <hr/> 102.57 | <hr/> 100.8 |

La roche (1) a donné, comme on voit, de l'acide phosphorique, qu'on attribue à la présence d'un peu d'apatite; la roche (2) contenait 1,24 d'acide carbonique compris avec l'eau dans le total ci-

dessus ; enfin, dans la roche (5), on a signalé des traces de lithine et d'acide titanique.

La pâte et les cristaux de pyroxène sont ordinairement verts, les cristaux de feldspath d'un blanc passant souvent au verdâtre ou au rougeâtre. Les variétés principales sont dues à la présence du mica, du quartz, de la markassite, de la ménakanite, etc.

Gisement. — Elle forme des filons, des amas, peut-être des couches et des typhons à texture porphyroïde, quelquefois bulleuse ou conglomérée.

Application. — Le mélaphyre est une roche importante dans la nature, elle est souvent susceptible de prendre un beau poli et d'être employée comme pierre de décoration.

Spilite.

(Du grec, *πίλος*, tache ; à cause des taches dont elle est marquée.)

Syn. Variolite du Drac.

Blatterstein des Allemands.

Caractères généraux. — Le *spilite* est une roche à base d'apparence simple, principalement formée de pyroxène et de feldspath, qui renferme des noyaux de calcaire et d'autres minéraux évidemment non essentiels.

Sa densité est égale à 2, 7.

Nous empruntons à M. Gueymard deux analyses de variolite. La première (1) est relative à la roche de Chapeau, dans les Hautes-Alpes, et l'autre (2) à celle d'Avançon, près de Gap, dans l'Isère.

| | (1) | (2) |
|------------------------------|-------|--------|
| Silice | 52.19 | 45.24 |
| Alumine | 20.59 | 14.95 |
| Sesquioxyde de fer | 5.64 | 7.65 |
| Protoxyde de fer | 6.00 | 8.02 |
| Oxyde de manganèse | 0.59 | » |
| Chaux | 0.60 | 15.21 |
| Magnésie | 5.00 | » |
| Soude | 4.65 | 6.58 |
| Eau | 5.14 | 5.85 |
| | 99.98 | 100.00 |

Gisement. — Cette roche forme des filons, des amas, des couches à texture amygdaloïde. Sa pâte est ordinairement peu dure, ses couleurs sont le grisâtre, le rougeâtre, le noirâtre, le verdâtre, etc. Aucune roche ne renferme autant de minéraux que le spilité, c'est le gîte de la plupart des zéolithes ainsi que des agates, des améthystes, etc.

Trapp.

(Mot suédois qui signifie escalier.)

| | | | |
|------|-----------------|---|------------|
| Syn. | <i>Mimosite</i> | } | en partie. |
| | <i>Basalte</i> | | |
| | <i>Dolérite</i> | | |

Caractères généraux. — Le *trapp* ne diffère de la *mimosite* que parce que ses éléments ne sont pas visibles à l'œil nu. C'est une roche d'apparence simple, ordinairement divisée par un très-grand nombre de fissures; ce qui fait que ses massifs donnent extérieurement l'idée d'un escalier. Le *trapp* est dur et très-tenace lorsqu'il n'est pas altéré. Ses couleurs sont ordinairement le vert foncé ou le noir verdâtre, d'autres fois le noir bleuâtre.

Les îles Feroë fournissent une variété de *trapp*, qu'on peut regarder comme le type de cette roche, et qui a fourni à M. Streng, qui en a fait l'analyse, les résultats suivants :

| | |
|----------------------------|--------|
| Silice. | 49.40 |
| Alumine. | 14.42 |
| Protoxyde de fer | 16.27 |
| Chaux. | 10.54 |
| Magnésic | 5.86 |
| Potasse | 0.54 |
| Soude. | 2.28 |
| Eau | 2.41 |
| | 101.52 |

Durocher assigne au *trapp* une densité égale à 2,87.

Gisement. — Le *gisement* du *trapp* est analogue à celui de la

dolérite. Cette roche constitue des filons, des amas et peut-être même des couches.

Wacke.

(Mot allemand.)

Syn. *Wake.*

Wakite.

Spilite (Brongniart) en partie.

Labradophyre terreux (Coquand).

Caractères généraux. — La *wacke* est une roche terne, grisâtre, brunâtre, rougeâtre, jaunâtre ou verdâtre. Elle renferme beaucoup de minéraux qui la font insensiblement passer au spilite, de façon qu'il est impossible de donner une bonne définition de cette roche.

La composition d'une *wacke* tendre résulte de l'analyse suivante due à Berthier :

| | |
|--------------------|-------|
| Silice | 65.9 |
| Alumine | 20.8 |
| Potasse | 7.5 |
| Magnésie | 2.8 |
| Humidité | 1.0 |
| | <hr/> |
| | 98.0 |

Gisement. — La *wacke* paraît résulter de l'altération des roches précédentes et se rencontre dans leur voisinage ou dans des conditions identiques.

Pépérine.

(De *piper*, poivre; à cause de son aspect tacheté.)

Syn. *Pépérite.*

Tuf basaltique.

Tuf volcanique.

Peperino des Italiens.

Caractères généraux. — On peut considérer la *pépérine* comme une *wacke* clastique.

La composition de cette roche n'a rien de fixe. On peut admet-

tre les nombres suivants comme indiquant la nature moyenne des pouzzolanes. Ils ont été fournis à Cordier par un échantillon provenant de Naples.

| | |
|---------------------------------|-------|
| Silice | 44.5 |
| Alumine | 15.0 |
| Chaux | 8 8 |
| Magnésie | 4.7 |
| Potasse. | 1.4 |
| Soude | 4.1 |
| Oxyde de fer et de titane . . . | 12.0 |
| Eau | 9.2 |
| | <hr/> |
| | 99.7 |

Gisement. — Elle forme des couches et des filons dans lesquels on retrouve souvent des fragments de roches différentes, telles que le basalte, la téphrine, la phonolithe, la ponce, etc.

Application. — Certaines variétés de pépérine sont employées dans les constructions sous le nom de *pouzzolane*. Bien que dépourvues de toute hydraulicité propre, elles donnent lieu à des ciments très-fortement hydrauliques, lorsqu'on les mélange avec de la chaux ordinaire en proportion convenable. Le phénomène pouzzolanique a été étudié par Vicat, mais c'est M. Fremy qui en a donné la théorie complète.

LABRADOR et DIALLAGE.

Euphotide (Haüy).

(Du grec, εὔ, b'en, et φῶς, lumière; à cause de son effet agréable.)

Syn. *Diallagite* (Des Cloizeaux) en partie.

Verde di Corsica.

Granitone.

Gabbro.

Variotite de la Durance (Reuss).

Aphanite variolaire (Haüy).

Caractères généraux. — A côté des roches précédentes s'en placent qui sont formées de labrador et de diallage; elles sont dési-

gnées sous les noms d'*euphotide* et de *variolite*; les lithologues sont assez généralement d'accord aujourd'hui pour les réunir sous la dénomination unique d'euphotides. Les principales variétés sont dues à la présence du *calcaire*, du *talc*, du *mica*, de l'*amphibole*, de l'*hypersthène*, de la *serpentine*, du *grenat*, etc.

L'euphotide pèse de 2, 8 à 5, 2. Une variété venant du Nassau a donné à M. C. Koch les résultats de notre colonne (1); dans la colonne (2) sont les chiffres obtenus par M. de Rath dans l'analyse d'une euphotide de Neurode.

| | (1) | (2) |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Silice | 45.5 | 49.75 |
| Alumine. | 17.2 | 15.07 |
| Sesquioxyde de fer | 10.8 | » |
| Protoxyde de fer | » | 15.55 |
| Chaux. | 11.2 | 10.24 |
| Magnésie | } 10.0 | 6.77 |
| Potasse | | 0.55 |
| Soude | | 5.25 |
| Eau. | 5.4 | 0.82 |
| | <hr/> 100.0 | <hr/> 99.76 |

L'un des types d'euphotide les plus intéressants est celui qui est caractérisé par la structure globulaire, et qui correspond à la variolite de la Durance. C'est une roche composée d'une pâte et de grains ou de noyaux, les uns et les autres formés des mêmes éléments minéralogiques, le labrador et la diallage. La pâte est ordinairement grisâtre, rougeâtre ou verdâtre, et les noyaux de teinte moins foncée. Voici, d'après M. Delesse, la composition de la variolite :

| | |
|-----------------------------|-------------|
| Silice | 52.79 |
| Alumine. | 11.76 |
| Protoxyde de fer | 11.07 |
| Oxyde de manganèse. | Traces. |
| Chaux. | 5.90 |
| Magnésie | 9.01 |
| Potasse | 1.46 |
| Soude. | 5.07 |
| Perte au feu | 4.58 |
| | <hr/> 99.44 |

Les globules isolés de la pâte ont donné le même résultat :

| | |
|------------------------------|---------|
| Silice | 56.12 |
| Alumine. | 17.40 |
| Sesquioxyde de fer | 7.79 |
| Oxyde de manganèse. | Traces. |
| Chaux. | 8.74 |
| Magnésie | 5.41 |
| Potasse | 0.24 |
| Soude | 5.72 |
| Perte au feu | 1.95 |
| Oxyde de chrome | 0.51 |
| | <hr/> |
| | 99.86 |

Gisement. — Les euphotides sont remarquables au point de vue géognostique par leur liaison avec les serpentines qu'elles accompagnent très-habituellement et, par exemple, en Ligurie, en Toscane, en Savoie, dans les Alpes du Dauphiné, etc. Cependant, il arrive de rencontrer des dépôts entièrement composés d'euphotide à l'exclusion de la serpentine; mais il n'en est pas moins vrai de dire que, par suite de la subordination réciproque de ces roches et de leur distribution géographique, leur histoire devient commune. Bornons-nous donc à renvoyer ici à ce que nous avons dit relativement aux serpentines.

Application. — Susceptibles d'un beau poli, les euphotides sont très-recherchées comme pierre d'ornement.

LABRADOR et HYPERSTHÈNE.

Sélagite (Cordier).

(De *σελαγίω*, je brille.)

Syn. *Hypersthénite*.

Hypérite.

Grunstein

Hypersteinfels } des Allemands.

Paulitfels }

Caractères généraux. — Nous avons à signaler encore des roches formées de labrador et d'hypersthène; on les désigne, à l'exemple

de Cordier, sous le nom de *sélagite*, et souvent on les confond avec les hypérites. La sélagite est une roche très-tenace, de couleur grisâtre, gris verdâtre, brunâtre ou noirâtre ; souvent à gros grains, mais quelquefois à grains fins, auquel cas elle ressemble beaucoup au diorite avec lequel on l'a souvent confondue. Les principales variétés sont dues à la présence de l'*amphibole*, du *mica*, du *talc*, etc.

D'après Keibel la sélagite du Hartz renferme :

| | |
|----------------------------------|---------|
| Silice. | 48.86 |
| Alumine. | 15.17 |
| Sesquioxyde de fer | 5.52 |
| Protoxyde de fer | 1.54 |
| Oxyde de manganèse. | 0.55 |
| Chaux. | 11.54 |
| Magnésie | 7.56 |
| Potasse | 1.65 |
| Soude. | 5.11 |
| Eau et perte au feu | 2.46 |
| Soufre, chlore, acide phosphor.. | Traces. |
| | <hr/> |
| | 100.55 |

La composition minéralogique de cette roche a été déterminée avec précision. Elle renferme, outre une petite quantité de pistazite et d'apatite :

| | |
|---------------------------------|-------|
| Hypersthène | 47.25 |
| Labrador | 46.05 |
| Magnétite (non essentielle) . . | 4.81 |
| | <hr/> |
| | 98.07 |

La densité de la sélagite varie de 2,91 à 3,00.

Gisement. — Cette roche constitue, tantôt des couches stratiformes dans les divers étages du sol primitif, tantôt des enclaves transversaux ou des dykes dans les mêmes terrains, et aussi dans les terrains sédimentaires anciens. Les Vosges, l'Écosse, le Piémont, le Tyrol, la Saxe, la Suède, le Canada, peuvent être cités comme des localités où se montre la sélagite.

4^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 2 : 1 (*Silicate magnésien*) — 8 : 5 : 1 (*Silicate alumineux*).

TRACHYDOLÉRITE.

Syn. *Andésite pyroxénique*.

Caractères généraux. — L'association du feldspath oligoklase avec le pyroxène augite porte le nom de trachydolérite. Sa structure est celle du trachyte, et il n'y a pas lieu de rapporter les chiffres donnés par son analyse.

Gisement. — Le gisement de cette roche est le même que celui de l'andésite; cette roche entre dans les constitutions des grands pics volcaniques des Andes.



5^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 9 : 4 (*Silicate magnésien*) — 12 : 5 : 1 (*Silicate alumineux*).

SYÉNITE.

(De *Syène*, ville d'Égypte, près de laquelle fut trouvé le type de cette roche.)

Syn. *Sinaité* (Rozières).
Granitelle (Saussure).
Granite égyptien.

Caractères généraux. — La syénite est une roche grenue formée d'amphibole et d'orthose. Ses principales variétés sont dues à la présence du quartz et du mica.

Voici diverses analyses qui montrent entre quelles limites peut varier la composition chimique des syénites :

(1) se rapporte à un échantillon de Blansko, en Moravie, analysé par M. Streng; (2) à un échantillon des environs de Predazzo, en Tyrol, analysé par M. Kjerulf; (5) à un échantillon de Servance,

près Giromagny, analysé par M. Delesse, et (4) à un échantillon de Röras, en Suède, analysé par M. Francis.

| | (1) | (2) | (5) | (4) |
|------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Silice | 61.72 | 58.05 | 70.05 | 78.20 |
| Alumine | 13.57 | 17.71 | 13.21 | 10.88 |
| Peroxyde de fer . . . | » | » | 2.85 | 1.72 |
| Protoxyde de fer . . . | 7.16 | 8.29 | » | » |
| Oxyde de manganèse . | 0.53 | » | » | » |
| Chaux | 5.88 | 5.81 | 5.82 | 0.58 |
| Magnésie | 5.35 | 2.07 | 2.95 | » |
| Potasse. | 3.37 | 3.24 | 3.09 | 4.58 |
| Soude | 5.12 | 2.98 | 2.90 | 7.52 |
| Eau (perte au feu) . . | 0.95 | 1.54 | 1.17 | » |
| | <u>99.45</u> | <u>99.49</u> | <u>100.00</u> | <u>105.28</u> |

La densité de la syénite est comprise entre 2,54 et 2,94.

Gisement. — Elle forme des enclaves transversaux considérables, mais moins puissants que ceux du granite, dans le sol primitif et dans les terrains sédimentaires les plus anciens. Les Vosges, le Piémont, la Corse, la Saxe, la Norvège, le Sinaï, etc., présentent de la syénite en abondance.

Application. — Cette roche est employée aux mêmes usages que le granite; elle prend un plus beau poli, ce qui tient sans doute à l'absence du mica.

6° SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 9 : 4 (*Silicate magnésien*). — 6 : 5 : 1 (*Silicate alumineux*).

DIORITE.

(Du grec, διαρίτω, je distingue; parce que les éléments s'en voient d'ordinaire facilement.)

Syn. Ophite de Palassou (en partie).
Nausoutine.

Caractères généraux. — Les roches de notre sixième sous-groupe, le diorite et l'aphanite, sont formées d'oligoklase et d'hornblende. Le diorite présente une texture granitoïde, porphyroïde, schistoïde ou orbiculaire. Ce dernier type, appelé quelque-

fois granite globulaire de Corse, est composé de gros noyaux sphéroïdaux dans lesquels la hornblende et le feldspath sont disposés par couches concentriques. Ces noyaux sont agglomérés par une pâte de diorite granitoïde. Le diorite est très-tenace lorsqu'il n'est pas altéré. La hornblende du diorite est ordinairement verte, quelquefois noire, et le feldspath blanc ou verdâtre. Parmi les variétés, on peut citer celles que le *quartz* et le *mica* caractérisent.

Nous donnons ci-dessous la composition de trois diorites de localités diverses.

(1) est une variété du Hartz analysée par M. Keibel ; (2) est une variété du Canada étudiée par M. Sterry Hunt ; (3) est une variété des Vosges dont la composition a été déterminée par M. Delesse.

| | (1) | (2) | (3) |
|-----------------------------|---------|-------|---------|
| Silice. | 54.65 | 65.40 | 48.50 |
| Alumine. | 15.72 | 12.70 | 17.10 |
| Peroxyde de fer. | 2.00 | » | » |
| Protoxyde de fer. | 6.26 | 4.25 | 16.26 |
| Oxyde de manganèse. | traces. | » | traces. |
| Chaux. | 7.85 | 7.50 | 7.99 |
| Magnésie. | 5.91 | 5.57 | 6.10 |
| Potasse. | 5.79 | 0.15 | 1.05 |
| Soude. | 2.90 | 7.95 | 2.20 |
| Perte au feu. | 1.90 | 0.40 | 0.80 |
| | <hr/> | <hr/> | <hr/> |
| | 100.96 | 99.68 | 100.00 |

La densité du diorite est comprise entre 2.6 et 3.0.

Gisement. — Le diorite forme des filons, des amas, peut-être des couches et des typhons.

APHANITE.

(De ἀφανής, obscur, qui disparaît ; par allusion au volume imperceptible des éléments minéralogiques composants.)

Syn. *Trapp.*

Trappite.

Cornéenne.

Sélagite (Haüy).

Aphanitschiefer des Allemands.

Caractères généraux. — L'aphanite est simplement pour nous le type compacte du diorite. Elle est assez tenace lorsqu'elle n'est pas altérée : sa dureté est variable, sa densité est égale à 3 environ. Ses couleurs sont le grisâtre, le rouge verdâtre, le noirâtre. La principale variété de ce type est caractérisée par la présence du mica ; Haüy lui donnait le nom de sélagite, employé, comme on l'a vu, par Cordier dans un tout autre sens.

M. Delesse a soumis à l'analyse un échantillon d'aphanite provenant de Saint-Bresson, dans les Vosges. Il y a trouvé, sur 100 parties :

| | |
|---------------------------------|---------|
| Silice. | 46.85 |
| Alumine et peroxyde de fer. . . | 50.55 |
| Oxyde de manganèse. | traces. |
| Chaux. | 9.55 |
| Magnésie. | 6.86 |
| Potasse. | 0.87 |
| Soude | 5.57 |
| Perte au feu. | 1.99 |
| | 100.00 |

Gisement. — Le gisement de cette roche est le même que celui du diorite.

7° SOUS-GROUPE. *Rapp. atom.*, 9 : 4 (*silicate magnésien.*) — 8 : 5 : 1 (*silicate alumineux.*).

TRACHYDIORITE.

Syn. Andésite amphibolifère.

Caractères généraux. — Le trachydiorite résulte du mélange de l'oligoklase avec l'amphibole hornblende ; sa structure est analogue à celle du trachyte.

Gisement. — Son gisement est identique à celui de la trachydolérite.

52^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate d'alumine et de protoxyde, et hydrosilicate d'alumine et de protoxyde.*

PHONOLITHE.

(De φωνή, son, et λίθος, pierre; parce qu'elle est souvent sonore.)

Syn. *Leucostite* (en partie).

Perlité (en partie).

Caractères généraux. — Ces roches, formées du mélange de l'orthose avec des zéolithes, ont beaucoup de rapport avec celles que nous avons placées dans notre 20^e groupe et qui sont exclusivement formées de feldspath. On les en distingue facilement, d'ailleurs, à l'attaque partielle que leur font subir les acides dans lesquels, comme on sait, les zéolithes sont solubles.

Nous les répartirons en quatre types principaux, suivant que la structure est *porphyroïde, compacte, schistoïde* ou *vitreuse*.

Voici la composition de quelques-unes de ces roches :

(1) est, d'après M. Schill, la composition d'une phonolithe du Kaisersthal; (2) celle, d'après M. Struve, d'un échantillon de Bohême; et (3) celle, d'après M. de Rath, de la phonolithe, d'Olbersdorf, près de Zittau, en Saxe.

| | (1) | (2) | (3) |
|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Silice. | 51.46 | 57.70 | 61.54 |
| Alumine. | 16.05 | 22.80 | 19.51 |
| Peroxyde de fer. | » | » | 4.19 |
| Protoxyde de fer. | 6.06 | 4.25 | » |
| Oxyde de manganèse. | » | traces. | » |
| Chaux. | 5.91 | 1.05 | 1.55 |
| Magnésie. | 2.26 | 0.55 | 0.10 |
| Potasse. | 5.55 | 5.45 | 5.86 |
| Soude. | 6.48 | 9.70 | 7.65 |
| Eau. | 1.26 | » | 0.71 |
| | <hr/> 98.79 | <hr/> 99.50 | <hr/> 100.69 |

La densité de la phonolithe varie de 2.5 à 2.6.

Gisement. — Son gisement est le même que celui des roches précédemment citées, du trachyte, par exemple; elle constitue

souvent, dans les terrains tertiaires et de l'époque actuelle de dykes assises ou couches d'origine éruptive.

Application. — Les variétés schisteuses de phonolithe sont exploitées dans la France centrale, à la Roche-Tuilère et à Sanadoire et sont employées à la manière des ardoises pour la couverture des édifices.

PERLITE.

(A cause de son éclat perlé.)

Syn. *Perlaire* (Haüy).
Pogonite (Haüy).
Pearlstone des Anglais.
Perlstein des Allemands.

Caractères généraux. — A côté de la phonolithe se placent naturellement les roches que l'on désigne sous le nom de *perlite*, à cause de leur éclat perlé et dont la nature minéralogique est sensiblement la même.

M. Rammelsberg a trouvé, par la composition d'une perlite de Hongrie, les nombres de notre colonne (1). M. Delesse a trouvé, dans une roche de même espèce provenant de Sardaigne, les proportions indiquées dans la colonne (2).

| | (1) | (2) |
|-----------------------------|--------|-------|
| Silice. | 75.00 | 70.59 |
| Alumine. | 12.51 | 15.49 |
| Sesquioxyde de fer. | 2.05 | » |
| Protoxyde de fer. | » | 1.60 |
| Oxyde de manganèse. | » | 0.50 |
| Chaux | 1.20 | 1.51 |
| Magnésie. | 1.47 | 0.70 |
| Potasse. | 5.96 | 4.29 |
| Soude | 1.56 | 5.52 |
| Perte au feu. | 2.90 | 5.70 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.25 | 99.50 |

La densité de cette roche est égale à 2.5 en moyenne.

Gisement. — Son gisement est tout à fait analogue à celui des phonolithes.

55^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate d'alumine et de protoxyde.*
— *Hydrosilicate d'alumine.*

PHYLLADE PORPHYROÏDE.

Caractères généraux. — On rapporte souvent au phyllade, sous le nom de *phyllade porphyroïde*, une roche développée entre autres à Deville, dans les Ardennes, et qui présente des cristaux d'albite disséminés dans une pâte phylladienne. C'est, d'ailleurs, une roche peu importante au point de vue pratique aussi bien qu'au point de vue scientifique : il fallait la mentionner, mais nous ne saurions y insister.

54^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate d'alumine et Fluosilicate d'alumine et de potasse.*

Les feldspath et les micas, en se mélangeant, donnent naissance à plusieurs roches qu'il convient, suivant nous, de répartir entre trois sous-groupes.

Dans le premier sous-groupe se rangent les roches formées de feldspath orthose et de mica ordinaire ; dans le second, les roches formées d'orthose et de mica brun ; dans le troisième enfin, les roches formées d'oligoklase et de mica ordinaire.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Orthose, mica ordinaire.*

Le *gneiss* et le *leptynolythe* sont deux roches dans lesquelles l'analyse minéralogique montre la présence exclusive de l'orthose et du mica ordinaire.

Gneiss. -(De *gneuss*, mot allemand francisé.)

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Syn. <i>Granite veiné.</i> | |
| <i>Granite schisteux.</i> | |
| <i>Granite feuilleté.</i> | |
| <i>Amausite</i> | } en partie. |
| <i>Chloritgneiss</i> | |
| <i>Gnessite</i> (Cotta) | |
| <i>Palaïopètre</i> (Saussure) | |
| <i>Cornubianite</i> (Boase) | |
| <i>Protéolite</i> (Boase) | |

Caractères généraux. — Ce que nous entendons par gneiss est, comme on voit, une partie seulement des roches ainsi appelées par beaucoup de géologues. Nous avons cru devoir rendre à cette roche la définition qu'en a donnée Brongniart, parce que, sans cela, il est impossible de la distinguer du granite schisteux. Le gneiss admet comme parties accessoires, pouvant caractériser des variétés, le *quartz*, le *talc*, le *grenat*, le *graphite*, etc.

Le gneiss de Freyberg, qui constitue un véritable type, a été analysé par M. Quincke : voici les résultats obtenus, colonne (1). — Dans la colonne (2) sont les nombres trouvés par MM. Schönfeldt et Roscoë, dans l'examen d'un gneiss rouge quartzeux (passant au granite), provenant de Norberg. — Enfin, dans la colonne (5) on trouve les résultats fournis à M. Scheerer par l'analyse du gneiss cuprifère et plombifère de Klemm'scher Steinbruch, près de Kleinwaltersdorf.

| | (1) | (2) | (5) |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Silice. | 66.46 | 74.51 | 65.52 |
| Alumine | 16.20 | 15.05 | 14.77 |
| Sesquioxyde de fer. . . | » | » | 5.55 |
| Protoxyde de fer. . . | 5.81 | 5.85 | 5.08 |
| Prot. de manganèse. . . | » | » | 0.14 |
| Chaux | 2.82 | 5.26 | 2.51 |
| Magnésie. | 2.17 | 0.48 | 2.04 |
| Potasse. | 3.98 | 2.51 | 4.78 |
| Soude. | 5.20 | 5.64 | 1.99 |
| Perte au feu. | 1.59 | » | 1.01 |
| | <hr/> 102.25 | <hr/> 101.10 | <hr/> 100.06 |

Gisement. — C'est peut-être la roche la plus abondante de la nature. Elle constitue la plus grande partie de l'immense étage dit des gneiss, décrit dans notre première partie, et qui a une puissance de plusieurs lieues, ainsi qu'on peut le constater dans diverses contrées où les terrains primordiaux stratifiés ont été plus ou moins relevés sur la tranche. C'est la roche inférieure fondamentale du sol primitif, et, par conséquent, la dernière zone de l'écorce terrestre que nous puissions atteindre. N'oublions pas toutefois que les éruptions des roches nous font connaître des zones plus profondes encore, où les roches magnésiennes, comme on sait, jouent le rôle prépondérant.

Application. — A raison de sa structure schisteuse et de la facilité avec laquelle on peut l'exploiter, le gneiss est employé dans le Limousin pour des constructions. Aux environs de Chiavenna, en Valteline, il existe une variété de gneiss surmicacé et tabulaire qui sert à couvrir les maisons.

Leptynolithe.

(De λεπτόνω, amincir, et λίθος, pierre. — Roche à grains atténués.)

| | | | |
|------|-----------|---|------------|
| Syn. | Granite | } | en partie. |
| | Gneiss | | |
| | Leptynite | | |

Caractères généraux. — Le leptynolithe est une roche quelquefois compacte, mais le plus souvent schistoïde et tabulaire. Il est noirâtre, brunâtre ou grisâtre. La principale matière accessoire caractérisant une variété est la *maclé* qui se montre très-souvent en cristaux imparfaits ou entrelacés; citons aussi les variétés *pyriteuse* et *graphiteuse*.

La composition des leptynolithes est rigoureusement celle des gneiss dont ils ne sont que les variétés à grains très-fins. Il n'y a donc pas lieu de nous y arrêter ici, et il faut nous borner à renvoyer à l'article relatif au gneiss proprement dit.

Gisement. — Le leptynolithe forme toujours des couches subor-

données soit aux gneiss, soit, plus ordinairement, aux talcites phylladiformes.

2^e SOUS-GROUPE. *Orthose et mica brun.*

La substitution dans les roches précédentes du mica brun au mica ordinaire donne naissance aux roches appelées *minette* et *kéralite*, et qui, pour nous, sont simplement des types d'un même sous-groupe.

Minette.

(Diminutif de *mine*; Les mineurs la considérant comme une fausse mine.)

Syn. *Fraidronite.*

Fraidonite (Coquand).

Caractères généraux. — La minette, désignée souvent aussi sous le nom de *fraidronite*, est une roche tenace, ordinairement noirâtre ou brunâtre, mais aussi parfois soit violâtre, soit verdâtre. Les principales variétés sont dues à la présence du *quartz*, de la *chlorite*, du *calcaire*, de l'*hornblende*, etc.

Nous donnons ici, d'après M. Delesse, la composition de la minette du ballon d'Alsace, dans les Vosges :

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Silice. | 56.86 |
| Alumine. | 12.95 |
| Peroxyde de fer. | 7.58 |
| Protoxyde de manganèse. | 0.65 |
| Chaux. | 4.65 |
| Magnésie. | 6.62 |
| Potasse. | 4.55 |
| Soude. | 2.22 |
| Eau. | 1.44 |
| Lithine, oxyde de cuivre. | traces. |
| Acide carbonique. | 1.94 |
| | <hr/> |
| | 98.54 |

La densité de cette roche est égale à 2.65.

Gisement. — La minette constitue des filons dykes ou petits

amas transverses dans les gneiss, les micaschistes, les talcschistes, les granites, les syénites et dans les terrains de transition.

Application. — En raison de sa dureté et de sa ténacité, elle est exploitée pour le pavage des rues et pour le ferrage des routes ; on s'en sert aussi pour la construction des maisons, comme de véritable pierre de taille.

Kéralite.

(De κέρα, corne; à cause de son aspect corné.)

Caractères généraux. — La kéralite est d'un brun noirâtre, verdâtre, violâtre ou rougeâtre ; à la fois très-dure et très-tenace elle se rompt en fragments irréguliers à bords aigus : elle est absolument adélogène.

Gisement. — La kéralite existe dans diverses localités, telles que le ravin inférieur de Baréges, dans les Pyrénées où elle se montre en abondance. Elle forme un vaste système, imparfaitement stratifié et succédant au gneiss dans la partie la plus élevée des plateaux montueux qui occupent le centre du grand massif de montagnes de la Forêt-Noire (grand-duché de Bade). Ce système est coupé par la route de Fribourg à Schaffhausen, au nord-ouest de Leuzkirch et le lac Titisee. On trouve aussi la kéralite dans les montagnes de la rive droite du Doeisam, entre Fribourg et Zurten. Enfin elle constitue des couches souvent puissantes et subordonnées aux micaschistes, près et à l'ouest sud-ouest de Schweibez, en Saxe (Ch. d'Orbigny).

Application. — Le pavage et l'empierrement des routes sont les principaux usages de cette roche.

5° SOUS-GROUPE. *Oligoklase. Mica ordinaire.***Kersanton.**(De *Kersanton*; nom de localité où se trouve le type.)Syn. *Kersantite.*
Kersantonite.

Caractères généraux. — Enfin les roches de notre troisième sous-groupe sont connues des lithologues sous le nom de *kersanton* ou de *kersantite*.

Comme les précédentes, c'est une roche de couleur foncée; elle est peu dure, mais très-tenace, tantôt à grains moyens, plus souvent à grains fins. La texture en est poreuse et les pores sont souvent remplis de calcaire provenant sans doute d'infiltration.

Les principales variétés sont dues à la présence de l'*amphibole*, du *calcaire*, du *quartz*, de la *chlorite*, du *grenat*, etc.

Gisement. — Les terrains primitifs, ainsi que les terrains sédimentaires anciens, renferment seuls le kersanton. Il y forme soit des enclaves transversaux, soit des filons dykes. Son nom lui vient de celui du village de Kersanton, près Brest, où il est très-abondant; on le retrouve dans les Vosges.

Application. — Grâce à la propriété que possède le kersanton d'être à la fois très-tenable et facile à tailler, on s'en sert souvent, non-seulement pour le pavage et les constructions, mais aussi pour la sculpture. Beaucoup d'églises bretonnes sont décorées de nombreuses corniches et de chapiteaux en kersanton.

55° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate d'alumine et de protoxyde.* —
Hydrosilicate de magnésie.

DOLÉRINE.(De *dolérite*; à cause de ses analogies avec cette roche.)

Caractères généraux. — L'association du feldspath et du talc constitue une roche que Jurine a désignée sous le nom de *dolé-*

rine. On la confond souvent avec le talcschiste. Cette roche est grains fins.

Gisement. — Elle constitue souvent de petits lits dans l'étage des talcschistes. La dolérite se montre au mont Rose, en Piémont, dans le Tyrol autrichien, etc.

56° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate anhydre d'alumine*. — *Silicate hydraté d'alumine*.

SCHISTE À ANDALOUSITE.

Caractères généraux. — C'est une roche essentiellement porphyroïde, abondante, par exemple, dans certaines localités de la Bretagne. Une variété des environs de Cherbourg a donné à l'analyse :

| | |
|-----------------------|-------|
| Silice. | 68 |
| Alumine | 15 |
| Oxyde de fer. | 5 |
| Magnésie. | 2 |
| Chaux. | 1 |
| | <hr/> |
| | 91 |

Gisement. — Le schiste à andalousite est spécial au terrain de transition.

57° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Deux silicates anhydres de magnésie*.

LHERZOLITHE.

(Fe *Lherz*; localité où s'en trouve le type.)

Syn. *Lherzolite*.

Pyroxène en roche.

Pyroxène lherzolithe (Brongniart).

Pyroxénite (Coquant, en partie).

Lhercoulite.

Augitfels (des Allemands).

Caractères généraux. — On a donné le nom de *lherzolithe* au mélange du péridot et du pyroxène. Ce dernier minéral se pré-

sente à la fois à l'état d'*enstatite* et de *diopside*, de façon qu'à première vue, la roche paraît ternaire. Les lherzolites se répartissent en trois types principaux, suivant qu'elles sont *granulaires*, *compactes* ou *clastiques*. Les variétés les plus importantes sont caractérisées par l'*anthophyllite*, le *fer titané*, le *spinelle picotite*, etc.

La composition minéralogique de la lherzolite a fourni à M. Damour le sujet d'un travail très-intéressant.

D'après le savant analyste, la roche qui nous occupe résulte du mélange du péridot olivine, avec du pyroxène appartenant aux deux variétés connues sous les noms d'enstatite et de diopside.

Le péridot olivine, de couleur jaune olive, entre pour les trois quarts environ dans la constitution de la roche. Ce péridot, isolé des autres substances, est surtout reconnaissable par sa propriété de faire gelée dans les acides, ce qui n'a pas lieu pour les matières qui l'accompagnent.

L'enstatite de la lherzolite est brune, infusible et riche en oxyde de fer.

Enfin le pyroxène diopside est en grains arrondis, très-fusible et d'un vert émeraude, couleur due à un peu d'oxyde de chrome qui entre dans sa composition.

A ces trois espèces minérales formant les éléments essentiels de la roche, on voit s'ajouter assez fréquemment, disséminée dans la masse, une substance en très-petits grains noirs qu'on avait autrefois classée comme espèce distincte sous le nom de picotite, et qui, d'après M. Damour, doit être rapportée au spinelle chromifère.

Gisement. — Dans les Pyrénées, la lherzolite forme, notamment au bord du lac de Lherz (Ariège), de petits enclaves transversaux dans les terrains jurassiques. On la retrouve dans beaucoup d'autres localités, comme le Tyrol, la Toscane, le Nassau, etc.

58° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Deux silicates d'alumine et de protoxyde.*

1^{er} SOUS-GROUPE. *Rapp. atom. : 4 : 5 : 1, et 5 : 1 : 2,*

Cécilite.

(De *Cécilia*; nom propre, parce que cette roche se trouve aux environs de Rome, près du tombeau de *Cécilia*.)

Syn. Partie des *Basaltes.*

- *Dolérites.*
- *Téphrines.*
- *Leucitophyres.*
- *Néphélinophyres.*

Caractères généraux. — La *cécilite* de Cordier est une roche grisâtre, gris verdâtre ou blanchâtre, souvent cellulaire, que l'on confond souvent à cause de son aspect avec la téphrine. Elle résulte du mélange de la néphéline avec la mellilite qui pourrait, par sa couleur brun jaunâtre, être confondue avec le périclote : sa fusion très-facile suffit pour l'en faire distinguer.

Gisement. — La *cécilite* forme des assises dans le système volcanique démantelé et tertiaire des montagnes de Frascati et de Capo di Bove, près de Rome : cette ville en est en partie pavée.

2^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom. : 8 : 5 : 1, et 5 : 1 : 2.*

Tusculite.

(De *Tusculum*; nom de la localité où cette roche se rencontre.)

Syn. Partie des *Basaltes.*

Leucitophyres.

Les roches appelées du nom de *tusculite* sont très-analogues aux précédentes, à la fois par l'aspect et par le gisement.

Au point de vue minéralogique, elles n'en diffèrent que par la substitution de l'amphigène à la néphéline.

59° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate anhydre d'alumine*. — *Fluosilicate d'alumine et de protoxyde*.

Le fluosilicate est fixe : c'est du mica ordinaire. Au contraire, le silicate d'alumine peut varier de façon à nécessiter la répartition des roches qui nous occupent en deux sous-groupes ; il peut être, en effet, de la macle ou de la staurotide.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Rapp. atom. du silicate d'alumine* : 5 : 2.

Macline.

(la *macle*, minéral caractéristique)

Syn. *Micaschite* (en partie).

Phyllade maclifère.

Schiste maclifère.

Trapp (en partie).

Chiastolitschiefer des Allemands.

Caractères généraux. — La *macline*, formée de mica et de macle, est une roche noirâtre ou brunâtre, très-tenace et fréquemment à grains fins. Lorsque ses éléments sont en grains microscopiques, la détermination devient très-difficile, aussi a-t-elle été confondue par divers lithologistes avec le trapp dont elle est cependant absolument différente par sa composition minéralogique.

Gisement. — La roche qui nous occupe offre des gisements différents : le type porphyroïde renfermant des cristaux déterminables de macle, se trouve en assises puissantes à la partie supérieure de l'étage des micaschistes. Le type compacte constitue des couches dans l'étage des talcschistes phylladiformes. Aux environs de Baréges (Hautes-Pyrénées), la macline joue un rôle fort important ; on la trouve en outre en Suisse, en Saxe, aux États-Unis, etc.

2^e SOUS-GROUPE. *Rapp. atom. du silicate d'alumine : 1 : 2.*

Staurolite.

(De *staurotide*, minéral caractéristique.)

Syn. *Staurotide* (Cordier).

Micaschiste avec staurotide.

Micacite staurotidien.

Caractères généraux. — La *staurolite* est analogue par l'aspect à certaines variétés de la roche précédente, dont elle ne diffère que par la substitution de la *staurotide* à la *macle*; elle admet, comme minéraux accidentels, le *graphite*, le *grenat noir* et la *pyrite magnétique*.

Gisement. — Elle constitue des strates subordonnées aux *micaschistes*, par exemple, en Bretagne et en Suisse.

DIX-SEPTIÈME SÉRIE : **Silicate** et **carbonate**.

60^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate hydraté d'alumine.* — *Carbonate de chaux.*

Nous ferons quatre sous-groupes de ces roches, suivant qu'elles renferment de l'argile, de l'argilite, du schiste ou du phyllade mélangé au calcaire.

Il n'y a pas à insister sur ces sous-groupes et sur leur valeur, puisqu'ils ne sont que la répétition de ceux que nous avons établis dans le groupe des roches unitaires formées de silicate hydraté d'alumine.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Argile. Calcaire.*

Marne.

(Du latin *marna*, même sens.)

Syn. *Argile calcarifère* (Haüy).

Limon.

| | |
|-----------------------|------------------|
| <i>Mergel</i> | } des Allemands. |
| <i>Mergelschiefer</i> | |
| <i>Læss</i> | |
| <i>Marl</i> | } des Anglais. |
| <i>Lehm</i> | |

Caractères généraux. — Les roches de notre premier sous-groupe sont connues sous le nom de *marne*.

La marne est une roche d'apparence simple, quelquefois plastique; elle est tendre, friable, happante à la langue. Son aspect est terne; ses couleurs sont le blanc, le gris, le bleuâtre, le verdâtre, le rougeâtre, le jaunâtre, le brunâtre, le noirâtre, unies ou bigarrées.

Ces roches forment deux types principaux, d'après leur structure, qui peut être terreuse ou schistoïde. Les variétés sont extrêmement nombreuses et participent à la fois de celles que nous avons citées aux roches unitaires à propos du silicate hydraté d'alumine et de celles qui ont été mentionnées à propos du calcaire.

Voici la composition de quelques marnes de l'Ille-et-Vilaine, dont on doit l'analyse à Vicat :

| | (1) | (2) | (5) | (4) |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Sable quartzeux | 5.50 | » | » | 12.67 |
| Argile | 8.00 | 5.75 | 15.02 | 10.55 |
| Carbonate de chaux | 75.83 | 89.65 | 82.08 | 68.27 |
| Carbonate de magnésie | 10.67 | 6.62 | 2.90 | 8.75 |
| | <hr/> 100.00 | <hr/> 100.00 | <hr/> 100.00 | <hr/> 100.00 |

Gisement. — Les marnes sont très-abondantes dans la nature et forment quelquefois à elles seules des dépôts considérables. Elles se présentent, soit en couches, soit en amas, soit en filons. En général, leur gisement est le même que celui des calcaires et des argiles, et nous n'avons réellement qu'à renvoyer à ce que nous avons dit déjà relativement à ces roches.

Application. — Les usages des marnes sont peu nombreux : les variétés les plus argileuses peuvent servir à la fabrication de briques et de poteries qui sont toutefois de qualité inférieure; l'ap-

(1) Marne de Pompecem, dite Brûle-Mort, variété verte. — (2) Id., variété grise. — (3) Marne de Griermoux, près Saint-Aubin-d'Aubigné. — (4) Id. de Quiou.

plication principale de la roche qui nous occupe est le *marnage*, c'est-à-dire l'amendement des terres destinées à la culture.

MM. Charles d'Orbigny et Gente donnent, au sujet de cette application, d'intéressants détails d'où nous extrairons quelques passages.

Le marnage a principalement pour objet l'introduction dans le sol du calcaire ou carbonate de chaux contenu dans la marne ; ainsi, sous ce rapport, le marnage revient en quelque sorte à l'application de la chaux.

Les différentes sortes de marnes, ayant des propriétés diverses, elles sont par cela même plus ou moins efficaces pour l'amendement de tel ou tel sol ; il importe donc de connaître ces propriétés afin d'en tirer le parti le plus avantageux. La proportion de calcaire contenue dans la marne varie depuis 15 jusqu'à 60 pour 100 ; le reste est le plus souvent de l'argile, quelquefois du sable siliceux. Or, comme, en général, la marne n'agit chimiquement dans le sol que par le calcaire qu'elle lui apporte, on comprend combien il importe d'en connaître la composition.

Outre l'action chimique de son calcaire, la marne a une action mécanique sur le sol, soit par l'argile qu'elle contient et qui donne de la consistance à la terre, soit par le sable siliceux qu'elle recèle quelquefois et qui, au contraire, l'ameublisse ; ainsi, la marne argileuse, indépendamment de son calcaire, sera plus propre aux terres légères et la marne siliceuse conviendra mieux aux terres fortes et humides.

La marne la plus riche en calcaire est regardée comme la meilleure pour les amendements, l'action en est plus générale et plus puissante. Une marne peut être considérée comme riche lorsqu'elle contient de 40 à 50 pour 100 de calcaire. Dans cet état elle convient particulièrement aux sols argileux. On doit la répandre en moins grande quantité sur les sols sablonneux où les effets en sont d'ailleurs moins durables et moins efficaces.

Outre les propriétés que nous venons de signaler, quelques marnes se distinguent par un autre principe fertilisant qu'on suppose provenir de certaines matières organiques. « D'après des recherches qui me sont communes avec M. Payen, dit M. Boussingault, il est à présumer que la marne agit encore utilement sur le

sol en lui apportant un autre principe, qui appartient par sa nature aux engrais organiques. Du moins, des analyses faites sur plusieurs substances marneuses y ont indiqué la présence de matières azotées. Et cela n'a rien qui doive surprendre, quand on réfléchit aux circonstances géologiques dans lesquelles les dépôts marneux se sont formés. J'ai dit que les calcaires argileux répondent par leur âge aux formations les plus récentes ; souvent ils sont accompagnés de nombreux débris qui attestent la présence des êtres organisés, et l'on connaît plusieurs de ces dépôts qui se sont formés presque en totalité de détritits de coquilles : tel est le falun exploité en Touraine. Il n'y a donc rien que de très-naturel à ce que des masses minérales d'une semblable origine renferment une partie des éléments qui constituaient la substance organisée des animaux et des plantes qui ont été enfouies à l'époque où elles se sont déposées. Une marne de l'Enguy (Yonne), recueillie par M. de Gasparin, a donné à l'analyse 0,002 d'azote. Une autre variété du département du Bas-Rhin en contient plus de 0,004. La recherche des matières organiques azotées doit donc s'ajouter à celle qui a pour objet la détermination des substances minérales ; et il est possible que cette matière azotée contribue à l'action fertilisante vraiment extraordinaire produite par les marnes de certaines localités. »

Le marnage se fait ordinairement vers la fin de l'automne. Il s'exécute à peu près comme le chaulage, c'est-à-dire qu'on dépose la marne en petits tas également espacés ; elle se réduit en poussière avant la saison du labour. Alors on la répand sur le sol d'une manière égale, après quoi l'on herse fortement et l'on pratique plusieurs labours peu profonds. Il est important, dans ces opérations successives, de bien drosser la marne afin de mieux l'incorporer au sol.

Lorsque la marne sort du sein de la terre, elle est encore en fragments ; mais elle a la propriété de se réduire en poudre par l'effet des influences atmosphériques. On ne l'emploie, d'ailleurs, qu'après un séjour d'un ou de deux ans près de la marnière, de sorte qu'elle est déjà brisée en grande partie quand on la transporte sur le sol que l'on veut fertiliser.

Il n'est guère possible d'indiquer d'une manière précise la quan-

tité de marne nécessaire à l'amendement d'une surface donnée ; cependant on pose généralement en principe que les terres qui renferment plus de 9 pour 100 de carbonate de chaux peuvent se passer d'amendement calcaire, et que celles qui en contiennent moins doivent être marnées jusqu'à ce qu'elles arrivent à présenter dans leur composition cette proportion de 9 pour 100 de calcaire.

Quelquefois les agriculteurs emploient des quantités exorbitantes de marne, sans autre motif que celui de l'habitude. Outre le surcroît de dépenses qu'entraîne cette opération, elle est souvent inutile et parfois nuisible. C'est ce qui arrive quand on marne à forte dose un sol légèrement calcarifère avec une marne riche en calcaire ; ou encore une terre calcaréo-argileuse avec une marne riche en argile. En tout, et spécialement en agriculture, il faut procéder avec discernement, sous peine de détériorer au lieu d'améliorer.

Lorsqu'on opère sur des sols entièrement privés de l'élément calcaire, comme, par exemple, ceux de la Sologne, on peut marner à forte dose ou amender avec n'importe quelle matière calcaire meuble, comme des faluns ou toute autre. Grâce alors au calcaire, les qualités physiques du sol changent en même temps que sa force productive. Il devient plus ferme, moins humide en hiver, moins promptement sec en été, et par-la seule résistance qu'il oppose au pied on s'aperçoit de sa métamorphose.

L'application de la marne à la culture des céréales et des prairies produit des améliorations incontestables. On cite plusieurs exemples de terres arides qui donnaient à peine quelques chétives récoltes de seigle et qui produisent maintenant, au moyen du marnage, de bonnes récoltes de froment.

Le Norfolkshire qui n'offrait, il y a à peine un siècle, que des landes et des bruyères, est maintenant, grâce aux amendements calcaires, une des contrées les plus riches et les mieux cultivées de l'Angleterre. Ces heureux effets se font sentir durant dix, quinze et vingt ans, au bout desquels il faut un nouveau marnage si l'on veut conserver au sol toute sa fertilité, car l'action de la marne comme celle de la chaux diminue graduellement à mesure que l'élément calcaire disparaît par suite de récoltes successives

qui l'absorbent et du lavage des eaux pluviales qui l'entraînent. On conçoit bien qu'on n'attend pas, pour rétablir l'équilibre, l'épuisement total qui s'annonce, du reste, suffisamment par la diminution des récoltes et par la réapparition des plantes acides, comme les oseilles, les oxalis, etc.

2° SOUS-GROUPE. *Argilite. Calcaire.*

On doit distinguer ici les roches appelées *albérèze*, et celles qu'on désigne sous le nom de *marnolithe*.

Albérèze.

Syn. *Marbre ruiniforme.*
Calcaire argilitique.

Caractères généraux. — L'*albérèze*, comprenant le marbre ruiniforme de Florence, est une roche dure, compacte, susceptible de poli et présentant souvent des nuances agréables de jaunâtre et de gris qui la font rechercher pour l'ornementation.

Gisement. — Cette roche se trouve dans les terrains nummulitiques de la Toscane.

Marnolithe.

(De *marne* et de *λίθος*, pierre.)

Syn. *Marne endurcie.*
Calschiste
Calcaire argileux } en partie.
Ludus.
Septaria.

Caractères généraux. — On donne le nom de *marnolithe* à des marnes endurcies par un ciment siliceux. La marnolithe est une roche non susceptible de faire pâte avec l'eau. Sa cassure est mate, terne et terreuse ; ses principales variétés sont *sableuses*, *bitumi-*

neuses, ferrugineuses. Fréquemment on la trouve sous forme de rognons, qui, par suite de retrait, sont tantôt cloisonnés ou étoilés, tantôt géodiques, avec cavités tapissées de cristaux de calcite et quelquefois de quartz hyalin. Ces boules portaient anciennement les noms de *ludus* et de *septaria* qu'on leur conserve encore quelquefois.

Gisement. — La marnolithe se trouve en couches, amas ou rognons dans le terrain silurien, dans le zechstein, le muschelkalk, le lias, le terrain crétacé, le terrain tertiaire.

Application. — Quelques variétés reçoivent les mêmes applications agricoles que la marné.

5° SOUS-GROUPE. *Schiste. Calcaire.*

Calschiste.

(De *calx*, chaux, et de *schiste*.)

Syn. *Calcaire schisteux.*

Calcaire schistoïde.

Marnolithe (en partie).

Caractères généraux. — Le *calschiste* offre une structure généralement schistoïde, présentant parfois de grands feuilletts semblables à ceux du phyllade tégulaire. Il est cohérent; ses couleurs sont le bleuâtre, le grisâtre, le rougeâtre, le verdâtre, souvent unies, quelquefois veinées et tachetées de blanc. On doit citer les variétés *pyriteuse* et *bitumineuse*.

Un *calschiste* provenant de la Voulte (Ardèche), a donné à l'analyse immédiate :

| | |
|------------------------------|-------|
| Carbonate de chaux | 47.16 |
| — de fer | 15.14 |
| — de manganèse | 9.96 |
| Matière argileuse | 22.60 |
| Eau | 5.42 |
| | <hr/> |
| | 98.28 |

Gisement. — Son gisement est analogue à celui du calcaire.

4° SOUS-GROUPE. *Phyllade. Calcaire.**Marbre phylladifère.*(De *phyllade*, roche qui s'y trouve mélangée.)Syn. *Marbre entrelacé* (en partie).*Marbre rouge antique.**Marbre de Campan.**Griotte d'Italie.**Marbre cervelas.**Calschiste* (en partie).*Kalkthonschiefer* des Allemands.

Caractères généraux. — Le *calcaire phylladifère* comprenant le marbre campan, le marbre rouge antique, la griotte d'Italie, etc., est une roche qui présente des couleurs vives et très-variées, dues surtout à la matière phylladienne, en général parfaitement distincte et formant des veines ou des zones.

Gisement. — Cette roche appartient surtout aux terrains cumbrien, silurien, devonien, jurassique et crétacé. La Suisse, le Piémont, les Pyrénées la renferment en abondance.

Application. — Le marbre phylladifère est très-recherché pour la décoration.

61° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Fluosilicate d'alumine et de protoxyde.*
— *Carbonate de chaux.*

MICALCIRE (Boubée).

(De *mica* et de *calcaire*, minéraux constituants.)Syn. *Cipolin* de quelques auteurs.*Micalcite* (Cordier).*Calcaire cristallin micacé.**Schiste micacé calcaire* (Saussure).*Kalkglimmerschiefer* des Allemands.

Caractères généraux. — Le *micalcire* est tantôt homogène, tantôt cristallifère. Les variétés très-riches en mica, sont quelquefois zonaires et présentent alors le facies du gneiss.

D'après Chaptal, le cipolin d'Autun (micalcine) renferme, sur 100 parties :

| | |
|------------------------------|----|
| Carbonate de chaux | 85 |
| Mica vert | 12 |
| Fer oxydé | 1 |
| | 96 |

Gisement. — Cette roche appartient à l'étage des micaschistes.

Application. — Elle est très-recherchée pour l'ornementation.

62° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Hydrosilicate de magnésie.* — *Carbonate de chaux.*

Le silicate magnésien est tantôt du talc et tantôt de la serpentine : de là deux sous-groupes correspondants, l'un au cipolin, l'autre à l'ophicalce.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Talc. Calcaire.*

Cipolin.

(De l'italien *cepolo*, oignon, à cause, dit-on, de sa structure en lamelles concentriques.)

Syn. *Calcaire cristallin talcifère.*

Ophicalce (Brongniart) en partie.

Cepolino des Italiens.

Caractères généraux. — Le cipolin est confondu quelquefois avec l'ophicalce. Il se divise en plusieurs types, suivant qu'il est *uniforme, zonaire, glandulaire* ou *pseudo-fragmentaire.*

Gisement. — On le rencontre dans l'étage des talcschistes cristallifères.

2° SOUS-GROUPE. *Serpentine. Calcaire.**Ophicalce.*(De *ophis*, serpent, et de *calcaire*.)Syn. *Calcaire serpentinière.**Serpentine calcarifère.**Vert de Suze.**Marbre vert.**Marbre serpentineux.*

Caractères généraux. — On donne le nom d'*ophicalce* à des roches dont la texture est *saccharoïde*, *compacte*, *bréchiforme* ou *nodulaire*. La couleur des matières talqueuses est souvent verdâtre et celle du calcaire blanche ; quelquefois celui-ci est rougeâtre.

Voici, d'après Hisinger, la composition d'un ophicalce de Norwége :

| | |
|---------------------------------|-------|
| Silice | 52.00 |
| Magnésie | 37.24 |
| Chaux | 10.60 |
| Acide carbonique et eau | 14.16 |
| Alumine | 0.50 |
| Oxyde de fer | 0.60 |
| | 95.10 |

Gisement. — L'*ophicalce* est ordinairement subordonné dans les talcschistes et aux serpentines.

Application. — Il donne des marbres estimés, tels que le vert antique, le sarancolin, etc.

65° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Silicate anhydre de magnésie.* —
Carbonate de chaux.

HÉMITHRÈNE.

Syn. *Calcaire amphibolifère.**Protocalcite (Cordier)* en partie.

Caractères généraux. — C'est une roche éminemment cristalline, composée d'une pâte de calcaire dans laquelle sont dissé-

minés des cristaux plus ou moins volumineux d'amphibole. Sa couleur est ordinairement le vert tacheté de blanc. Ses variétés principales sont dues à la présence accidentelle du *feldspath*, du *mica*, de la *magnétite*, etc. C'est une roche peu abondante.

Gisement. — L'*hémithrène* forme des bancs, des amas ou des filons à texture granitoïde ou porphyroïde.

TROISIÈME DIVISION : **ROCHES TERNAIRES**

DIX-HUITIÈME SÉRIE : **Oxyde et deux silicates.**

64^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Quartz*. *Feldspath*. *Silicate d'alumine*.

GRAUWACKE.

(De l'allemand *grau*, gris, et *wacke*, nom donné par les mineurs à certaines roches stratiformes.)

Syn. *Euritine*.

| | |
|---|--------------|
| <i>Mimophyre et Psammite</i> (Brongniart) | } en partie. |
| <i>Psammite</i> (Omalius) | |
| <i>Grès</i> (Coquand) | |

Caractères généraux. — Ces roches assez mal définies jusque dans ces derniers temps, ont reçu le nom de *grauwacke*, nom qui est souvent employé pour désigner des roches très-différentes, faisant partie des grès ou des masses analogues. La définition que nous adoptons pour la *grauwacke* est développée d'une manière remarquablement précise dans l'excellent ouvrage que M. C. d'Orbigny vient de publier. Elle est caractérisée par le mélange du quartz, du *feldspath* et du phyllade.

La *grauwacke* est une roche grenue à parties plus ou moins fines ; elle est à la fois dure et tenace ; les couleurs, ordinairement grisâtre et gris verdâtre, varient suivant la quantité de silicate alumineux que la roche contient. Elle renferme souvent des fragments soit roulés et arrondis, soit anguleux, composés communément de *feldspath*, de quartz, de phyllade et parfois de phtanite

ou de porphyre. Les Vosges, la Bretagne, la Normandie, la Provence, les Alpes, le Hartz contiennent de la grauwacke. On l'a désignée quelquefois sous le nom d'*euritine*.

On doit à M. Delessé l'analyse suivante de la grauwacke des Vosges :

| | |
|--------------------------------|---------|
| Silice | 67.50 |
| Alumine et peroxyde de fer . . | 20.00 |
| Chaux. | 5.09 |
| Magnésie | 2.25 |
| Potasse et soude. | 4.16 |
| Oxyde de manganèse. | Traces. |
| Perte au feu | 5.10 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Gisement. — C'est l'une des plus anciennes roches sédimentaires et elle s'est formée aux dépens des terrains primitifs, notamment des terrains talqueux et des premiers dépôts phylladiens. On y trouve des restes organisés, qui fixent aux époques cambrienne et silurienne l'âge des masses puissantes qu'elle constitue.

Application. — Quand elle n'est point altérée, la grauwacke est exploitée comme pierre de construction ; les anciens en faisaient des haches.

65° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Quartz. Feldspath. Mica.*

Ces roches, dont l'importance géognostique est capitale, se divisent en trois sous-groupes.

Le premier renferme les masses connues sous le nom de *granites* et qui résultent du mélange du quartz avec l'orthose et le mica ordinaire.

Le second est consacré aux *protogines* qui diffèrent des précédents en ce que le mica est d'une nature spéciale qui se rapproche de celle du talc.

Le troisième, moins nombreux, correspond au *rappakiwi* dans lequel l'orthose cède partiellement la place à l'oligoklase.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Quartz. Orthose. Mica ordinaire.**Granite.*(De l'italien, *granito*, dérivé de *grana*, grain, à cause de sa structure grenue.)

Syn. Partie des *Leptynite*,
Gneiss,
Granulite,
Pegmatite de divers géologues.

Caractères généraux. — Le *granite* est une des roches les plus importantes. Nous divisons le granite en trois types principaux, d'après sa structure qui peut être *grenue*, *porphyroïde* ou *schistoïde*. A ce dernier type se rapporte une foule de roches que divers lithologistes séparent sous le nom de *gneiss*. Le granite est une des roches qui passe le plus facilement à la composition caractéristique de groupes différents, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion d'y insister. Les variétés sont extrêmement nombreuses et dues entre autres au mélange de la *pinite*, de l'*amphibole* (syénilite de Cordier), du *talc*, de l'*oxyde d'étain*, etc.

On doit à M. Haughton de très-importantes recherches sur la composition chimique des granites de l'Irlande. Nous lui empruntons les chiffres suivants qui se rapportent, ceux de la première colonne (1), à un granite à grains fins de Dublin, ceux de la colonne (2) à un granite à gros grains de Wicklow; ceux de (3) à un granite du Wesford; ceux de (4) à un granite feuilleté à grains moyens de Woodstation. Enfin, dans la colonne (5), nous avons placé les résultats obtenus par M. Delesse, dans l'analyse d'un granite de la montagne de Touron, dans l'Oisans.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| Silice | 75.00 | 70.82 | 66.60 | 66.56 | 58.60 |
| Alumine | 15.64 | 14.08 | 15.26 | 15.52 | 16.85 |
| Sesquioxyde de fer | 2.44 | 5.47 | 7.52 | 6.76 | 7.75 |
| Protoxyde de fer | » | » | » | 0.18 | » |
| Chaux | 1.84 | 2.65 | 3.56 | 1.20 | 4.65 |
| Magnésie | 0.11 | 0.31 | 1.22 | 1.52 | 2.42 |
| Potasse | 4.21 | 4.64 | 2.51 | 2.75 | } 5.81 |
| Soufre | 5.55 | 2.51 | 3.60 | 5.75 | |
| Eau | 1.20 | 1.59 | 2.54 | 2.19 | 2.05 |
| | <u>99.97</u> | <u>99.67</u> | <u>100.01</u> | <u>98.21</u> | <u>100.00</u> |

La densité du granite est en moyenne égale à 2.6, nombre qu'il est intéressant de rapprocher de la valeur 5.5, trouvée pour la densité du globe terrestre pris en masse parce qu'il montre bien que les régions internes de notre planète sont nécessairement formées de roches toutes différentes.

Gisement. — On retrouve le granite dans des pays très-divers, et il constitue à lui seul, dans les deux hémisphères, des contrées d'une étendue considérable. En général, il forme l'axe minéralogique des montagnes élevées, et il constitue aussi des contrées tourmentées, des protubérances centrales surgissant comme des îles au-dessus des terrains qui enveloppent leur base.

Quoique le granite soit la base sur laquelle les terrains stratifiés se sont déposés, on en connaît de date très-moderne, par exemple, l'île d'Elbe renferme dans sa partie occidentale un vaste massif granitique, dont le Monte Capanna est le point culminant et qui déborde au-dessus du terrain tertiaire nummulitique.

Origine et mode de formation. — On est loin d'être fixé relativement à l'origine et au mode de formation du granite. L'importance tout à fait exceptionnelle de cette roche nous engage à donner quelques extraits d'un excellent résumé publié par M. Vézian sur l'état de nos connaissances relativement à l'origine et au mode de formation du granite.

A ce point de vue, on doit distinguer deux sortes de granite, le granite primitif et le granite éruptif. Le premier résulte de la solidification des matériaux qui occupaient la partie superficielle du globe. L'autre, placé au-dessous du précédent, ne s'est solidifié qu'après lui; à divers intervalles, il est venu, en passant au travers des fissures existant dans la masse solide du granite primitif, s'épancher à la surface du sol.

La théorie la plus ancienne relativement au mode de formation et à l'âge du granite est celle de Werner. Des dépôts les plus récents jusqu'au granite il y a une transition insensible qui conduisait l'illustre minéralogiste de Freyberg à déclarer que le granite avait la même origine que ces dépôts et qu'il était comme eux d'origine exclusivement aqueuse. Sa situation sous-jacente, par rapport aux autres formations, l'obligeait à la considérer comme la plus ancienne de toutes les roches qu'il est donné d'observer. Pour lui le

granite était le résultat du premier dépôt effectué au sein d'un *fluide chaotique*, et à ce dépôt il donnait le nom de *terrain primitif*.

Les investigations de l'école de Freyberg n'allaient pas au delà, elle ne se demandait pas d'où ce fluide chaotique avait reçu ses éléments, ni ce qui pouvait exister au-dessous du granite lui-même.

D'un autre côté, il semble que le passage entre le granite, les schistes cristallins, et, par suite, les roches fossilifères ne soient pas incompatibles avec la théorie de Werner, puisque, d'après elle, le granite, les roches fossilifères, dites secondaires, et les roches intermédiaires dites de transition avaient une seule et même origine. Mais cet avantage ne peut lui être accordé sans contestation. On ne se rend pas compte pourquoi les roches les plus cristallines ne se montrent pas à la partie supérieure du terrain primitif, ou du terrain de transition, ou même du terrain secondaire. Dans tout dépôt, même d'origine exclusivement chimique, les parties qui se séparent les dernières du milieu qui les tient en suspension ou en dissolution sont celles dont la cristallisation est la plus parfaite.

Cette théorie ne peut non plus rendre compte du caractère spécial au granite d'être tantôt une roche primitive, formée et solidifiée sur place, tantôt une roche d'éruption, ammenée encore à l'état pâteux, loin de la région où elle a pris naissance. Pour expliquer le remplissage des filons par le granite primitif les adeptes de l'école de Werner pouvaient supposer une pénétration du fluide chaotique dans les fentes produites dans le premier dépôt. Mais cette pénétration aurait dû s'effectuer de haut en bas, tandis que l'observation directe démontre qu'elle s'est effectuée dans le sens opposé.

Enfin l'objection la plus grave qui puisse être faite à la théorie de Werner, c'est de ne tenir aucun compte de l'intervention réelle, quoique exagérée dans notre siècle, d'une température assez élevée dans la formation du granite primitif, température qu'il avait conservée lorsqu'il s'est déplacé sous forme de roche d'éjection.

Au siècle dernier, l'idée de la chaleur centrale était loin de régner dans la science ; on ne doit pas s'étonner que l'école de Freyberg n'eût aucune notion des roches ignées et des phénomènes

éruptifs. Elle voyait sans peine dans le porphyre et le basalte lui-même des masses d'origine exclusivement aqueuse. Ici l'erreur parut bientôt évidente, et ce fut à propos de cette roche que s'établit la lutte entre les neptunistes et les vulcanistes. Cette lutte devint plus vive lorsque Hutton déclara que le granite lui-même avait été comme le basalte primitivement pâteux, ce qui est incontestable, et que son état pâteux ne pouvait provenir que d'une fusion par voie ignée, ce qui n'est vrai que dans une très-faible mesure. Hutton ajoutait que le granite s'était formé à plusieurs époques et que, loin de constituer la plus ancienne des roches, il était souvent plus récent que la plupart d'entre elles. Cette manière de voir n'est fondée que jusqu'à un certain point ; dire que le granite appartient à plusieurs époques, c'est confondre le moment où il s'est montré pour la première fois à la surface du globe et a pu se solidifier avec celui de sa véritable formation. Dans l'histoire physique de la terre il n'y a qu'une seule période où le granite ait pu se constituer. Depuis lors, les circonstances qui ont déterminé la formation du granite ne se sont plus présentées ; seulement sa masse ne s'étant solidifiée que lentement, elle a longtemps formé un immense réservoir souterrain qui a alimenté les éruptions plutoniques d'une grande partie des temps géologiques.

La théorie huttonienne explique parfaitement la plasticité du granite et son passage aux roches éruptives ; elle rend compte de l'action métamorphique qu'il a exercée sur les roches rencontrées par lui.

Toutefois, il est bon de remarquer que l'action métamorphique s'observe le long du granite éruptif dont la température et même, dans une certaine mesure, la composition minéralogique différaient de celles du granite primitif. Mais, en outre, cette action métamorphique a été bien moins intense que l'on est porté à le croire, et surtout qu'elle le serait, si le quartz avait eu sa température de fusion, c'est-à-dire plus de 2,500 degrés.

Une objection très-grave que nous devons adresser à cette théorie, c'est de ne pouvoir expliquer le passage du granite aux roches stratifiées qui le recouvrent successivement, c'est-à-dire le gneiss, puis les schistes cristallins, puis enfin les schistes talqueux et argileux. Il faut, pour expliquer ce passage, recourir à une action

métamorphique sur des roches d'origine aqueuse. Mais si l'on admet que l'action métamorphique est capable de transformer un schiste argileux en schiste cristallin, et celui-ci en gneiss, il faut, à l'exemple des partisans de l'origine métamorphique du granite, ne pas s'arrêter dans cette voie et reconnaître avec eux que le granite est le résultat de la transformation du gneiss. Que devient alors la théorie de l'origine exclusivement ignée du granite ?

Le granite, en effet, mais dans une autre école, a été considéré comme le produit d'un métamorphisme ou d'une transformation très-intense, exercée sur des roches d'origine aqueuse. Cette opinion a peu de partisans. Son défaut le plus visible est que cette théorie n'indique pas l'origine de l'écorce terrestre, ou, pour mieux dire, de roches de sédiment formées les premières. Il y a là quelque chose qui ne satisfait pas l'esprit, puisqu'on ne sait quel peut avoir été le substratum primitif qui a reçu les premières couches de sédiment établies à la surface du globe ; on est, en effet, obligé d'invoquer la doctrine huttonienne et de déclarer que toute trace de commencement a disparu dans les phénomènes géologiques destinés à tourner indéfiniment dans le même cercle.

A peine formulée, l'idée huttonienne relativement à la nature du granite avait fait vite son chemin dans la science. Il vint un moment où, l'intervention d'une haute température dans la formation du granite étant exagérée comme l'avait été celle de l'eau, on déclara que le granite avait une origine exclusivement ignée. Cette opinion a régné jusqu'à nos jours presque sans contestation ; elle est maintenant sur le point de se voir abandonnée et remplacée par une nouvelle théorie, intermédiaire entre les deux qui ont successivement eu cours dans la science.

Dès 1822, Breislak, dans son *Traité de la structure du globe*, adressait à l'hypothèse de l'origine ignée du granite une objection à laquelle il est impossible de répondre : « Une difficulté qui s'élève contre l'origine ignée du granite, disait-il, c'est celle qu'on déduit des divers degrés de fusibilité dont ses parties sont douées. »

Fuchs et Bischoff, le premier en 1827, dans la séance du 28 août de l'Académie de Berlin ; le second en 1858, dont les annales de Poggendorf reproduisaient l'objection de Breislak restée

complètement inaperçue. En 1842, Schœrer, dans une séance de la Société des naturalistes scandinaves, adressait à l'hypothèse huttonienne un nouveau reproche, celui de ne pouvoir se concilier avec ce que l'on sait de la nature des minéraux pyrognomiques, et il en concluait que l'idée la plus vraie sur l'origine du granite est celle qui attribue aux deux éléments, l'eau et le feu, une égale puissance créatrice. Le travail de M. Schœrer, d'abord inséré dans les *Annales* de Poggendorf, a été traduit en français et inséré en 1847 dans le *Bulletin de la Société géologique de France*. Le volume de ce bulletin pour la même année contient l'important mémoire de M. Élie de Beaumont sur les émanations volcaniques et métallifères, mémoire où se trouvent les lignes suivantes qui nous disent assez que, dans l'esprit de ce géologue illustre, l'hypothèse de l'origine purement ignée du granite, quoique juste, selon lui, était susceptible de modifications : « Il est démontré, dit-il, qu'à l'origine le granite formait une masse plastique et il n'est pas du tout improbable que cette masse n'a pu être à l'état de fusion simplement ignée. »

Dans le *Bulletin de la Société géologique* pour 1858, M. Delesse a inséré un travail remarquable où il démontre que, dans la formation du granite, c'est l'eau et non la chaleur qui a pris le rôle le plus important. En 1859, dans un mémoire faisant partie des *Annales* de Poggendorf, M. H. Rose a rappelé les raisons qui militent contre l'hypothèse de l'origine ignée du granite : il a notamment insisté sur ce fait que le quartz du granite n'a pu jusqu'à présent être obtenu dans nos laboratoires qu'avec le concours de l'eau.

Enfin, en 1860, M. Sorby a fait connaître les résultats de ses recherches qui prouvent : 1° l'existence de l'eau dans les petites cavités dont le granite est criblé ; 2° l'influence chimique que l'eau peut exercer sur les substances sur lesquelles elle se trouve en contact, lorsque la pression est assez élevée et que la température atteint tout au plus 150 degrés.

D'ailleurs, il suffit d'examiner les caractères extérieurs du granite pour reconnaître qu'il n'offre jamais une masse vitreuse pouvant être considérée comme le produit d'une fusion. La fusion du feldspath ou de ses éléments ne donne par le refroidissement lent

que des matières vitreuses. Le quartz fondu prend une densité et un aspect différents de ceux qu'il a dans le granite. « Si, dit M. H. Rose, l'on fait fondre un granite très-riche en quartz, une partie du quartz reste inattaquée et se trouve mêlée avec un verre de couleur vert noirâtre, qui ressemble à de l'obsidienne et qui est le résultat de la transformation par fusion du mica et du feldspath qui, pendant la fusion, se sont assimilés une certaine quantité de quartz. Plus la fusion a duré longtemps, plus il s'est dissout de quartz et plus le verre noir est riche en acide silicique, jusqu'à ce qu'enfin il se transforme entièrement en obsidienne. »

En résumé, on s'accorde à penser que l'eau et la chaleur sont intervenus en même temps dans la formation du granite : l'hypothèse hydro-thermale peut seule satisfaire à toutes les conditions du problème auquel donne lieu l'origine de cette roche, et l'hypothèse de son origine exclusivement ignée doit disparaître définitivement de la science.

L'intervention de l'eau dans le phénomène qui nous occupe peut être soupçonnée avant tout examen, car on ne saurait admettre que le contact prolongé de la matière incandescente et de l'eau, celle-ci étant sous forme d'océan, d'atmosphère nuageuse ou de pluie, ait pu se produire sans laisser de résultat. L'eau existe non-seulement dans le granite et dans les substances qui l'ont accompagné, mais aussi dans la lave des volcans actuels. M. Charles Saint-Claire Deville ne doute pas que la vapeur d'eau qui s'élève de la lave pendant plusieurs années après sa sortie ne fasse partie intégrante du magma lavique. M. Élie de Beaumont est le premier qui ait établi cette sorte de dissolution préalable de l'eau et des sels dans les laves incandescentes. Enfin l'eau, comme on l'a remarqué depuis longtemps, est le produit à la fois le plus abondant et le plus constant des éruptions dans toutes les régions du globe. La singulière propriété que possèdent les silicates incandescents des laves de retenir pendant fort longtemps et jusqu'au moment de leur solidification des quantités d'eau considérables, démontre clairement que l'action de la chaleur n'exclut pas celle de l'eau, et paraît même annoncer que cette dernière, à de hautes températures, possède une certaine affinité pour les silicates.

Quant à l'état primitivement pâteux du granite, ne perdons pas

de vue que la fusion ignée n'est pas la seule condition de plasticité de diverses substances. La glace des glaciers et la vase des rivières nous prouvent que l'eau peut, aussi bien qu'une température élevée, produire des masses malléables. Et puisque les preuves nombreuses qui viennent d'être énumérées démontrent que l'eau a joué dans la formation du granite un rôle plus important que celui de la chaleur, par extension de ce fait, on est conduit à admettre qu'elle a été l'agent de plasticité de cette roche.

Application. — La difficulté de tailler le granite ne le fait employer dans les constructions qu'à défaut de tout autre chose. Cependant on le recherche pour revêtir les massifs dont on veut éterniser la durée, pour les trottoirs des rues, les parapets des quais, etc.

2° SOUS-GROUPE. *Quartz. Orthose. Mica talqueux.*

Protogine (Jurine).

(Du grec, *πρώτος*, premier, et *γένεσις*, origine; parce qu'on la croyait la plus ancienne des roches à raison de son rôle dans le massif du mont Blanc.

Syn. *Granite talqueux.*

Gnépine (Boubée).

Alpengranit (Studer).

Caractères généraux. — La *protogine* diffère à première vue du granite, par la couleur verdâtre de son mica talqueux. Ses types sont en rapport avec les structures *granitoïde*, *porphyroïde*, *glandulaire* et *schistoïde* qu'elle peut présenter. Le nombre de ses variétés est très-considérable : le *mica*, la *chlorite*, l'*amphibole*, l'*asbeste*, le *grenat*, etc., sont les principaux minéraux qui peuvent les caractériser.

M. Delesse a analysé un certain nombre de variétés de *protogine* venant de diverses localités des Alpes. Voici ses résultats :

| | (1) | (2) | (3) | (4) |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Silice | 74.25 | 72.42 | 70.75 | 75.00 |
| Alumine | 11.58 | 14.53 | » | 12.90 |
| Sesquioxyde de fer . . | 2.41 | | | |
| <i>A reporter.</i> | 88.24 | 86.95 | 70.75 | 89.10 |

| | | | | |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| <i>Report.</i> | 88.24 | 86.95 | 70.75 | 89.10 |
| Chaux | 1.08 | 1.05 | 1.08 | 1.26 |
| Magnésie | } 10.01 | } | } | } 9.34 |
| Potasse | | | | |
| Soude | | | | |
| Eau | 0.67 | » | 0.71 | 0.40 |
| | <u>100.00</u> | <u>87.98</u> | <u>72.54</u> | <u>100.00</u> |

Le n° (1) venait de Gipsel; le n° (2) de l'extrémité de la Mer de glace; le n° (3) de l'aiguille de Dore, et enfin le n° (4) du Val de Valorsine, près de Rupes.

Gisement. — La protogine constitue toujours de puissantes assises *stratiformes* dans l'étage des talcschistes cristallifères : « C'est donc à tort, dit M. Ch. d'Orbigny, que la plupart des géologues la considèrent comme une roche d'épanchement formée à la manière des granites. Cette erreur résulte de ce que la protogine à gros grains a souvent un aspect granitoïde et n'est stratifiée que d'une manière peu distincte (en grand, et par assises) : telle est, par exemple, la protogine qui forme le sommet du mont Blanc. Mais, pour la protogine à grains fins, la stratification est parfaitement marquée et souvent même la roche est schistoïde. Les deux variétés (à gros grains et à grains fins) contiennent, d'ailleurs des couches subordonnées de diverses roches, notamment de talcschiste, de pétrosilex et de serpentine stratiforme, ce qui prouve la stratification de tout le système. »

Application. — La protogine est employée aux mêmes usages que le granite.

3° SOUS-GROUPE. *Quartz. Orthose et oligoklase. Mica ordinaire.*

Rappakivi.

Syn. *Granitite* (G. Rose).
Granite avec oligoklase.

Caractères généraux. — Le *rappakivi*, ou granitite de Gustave Rose, se rencontre dans diverses régions et surtout en Finlande.

Dans ce pays, il est formé de feldspath orthose rougeâtre, de quartz gras, d'un peu de mica noir, et enfin de feldspath oligoklase, qui, disséminé dans la masse d'une manière irrégulière, forme souvent une sorte d'auréole autour des cristaux d'orthose.

M. Thaer a trouvé, dans le rappakiwi de Silésie :

| | |
|------------------------------|---------|
| Silice | 70.09 |
| Alumine | 15.44 |
| Peroxyde de fer | 6.15 |
| Oxyde de manganèse | Traces. |
| Chaux | 1.20 |
| Magnésie | Traces. |
| Potasse | 4.19 |
| Soude | 5.27 |
| | 100.52 |

Gisement. — Le rappakiwi se rencontre dans les mêmes conditions que le granite.

Application. — On exploite depuis longtemps cette roche dure pour les grands travaux maritimes de la Finlande, les fortifications de Cronstadt et celles de Saint-Petersbourg. On s'en est servi aussi pour construire la cathédrale de Saint-Petersbourg et la colonne commémorative élevée à l'empereur Alexandre. Mais on a reconnu depuis peu que le rappakiwi s'altère assez rapidement.

66^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Quartz. Feldspath. Tourmaline.*

LUXULIANE.

(De *Luxulion*, nom de la localité où elle a été découverte.)

Caractères généraux. — On a donné le nom de *luxuliane* à la roche formée par le mélange du quartz, du feldspath et de la tourmaline.

Sa composition a fourni à M. Pisani le sujet d'un travail spécial. Nous ne croyons pas utile d'en rapporter les résultats.

Gisement. — C'est une roche peu abondante qui se trouve, entre autres, en Cornouailles, à Luxulion, non loin de Lostwithiel.

67^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Fer titané. Feldspath. Pyroxène.*

Ces roches comprennent les *basaltes* et une partie des *dolérites* de la plupart des auteurs.

Nous les répartirons en six types principaux, suivant que la structure est *compacte, scoriacée, vitreuse, amygdaloïde, conglomérée* ou *pulvérulente*. Le nombre des variétés est immense. Les principaux minéraux qui peuvent les caractériser par leur présence accidentelle sont le *péridot*, le *corindon*, le *zircon*, le *soufre*, la *sidérose*, le *quartz*, le *calcaire*, l'*aragonite*, les *zéolithes*, etc.

BASALTE.

(Mot d'origine éthiopienne francisé.)

Syn. *Basalt* (Werner).
Basanite (Brongniart) en partie.
Basaltite.

Caractères généraux. — Le basalte est une roche généralement très-tenace et très-dure, dont la couleur habituelle est le noir tirant sur le bleuâtre. Il forme des filons, des coulées, des culots, peut-être des couches ; il est très-souvent divisé en prismes pressés les uns contre les autres, quelquefois en tables peu épaisses ; il présente d'autres fois des fragments, soit sphéroïdaux comme des boulets, soit irréguliers et ressemblant à des scories de fourneaux.

On a fait de très-nombreuses analyses de basalte. Voici, d'après M. Schill, l'analyse du basalte du Kaisersthal (1) ; d'après M. Ebelmen, celle du basalte de Crouzet, dans la Haute-Loire (2) ; et, d'après M. Charles Sainte-Claire Deville, celle du basalte de Fogo, dans les îles du Cap-Vert (3) :

| | (1) | (2) | (3) |
|------------------------------|-------|------|-------|
| Silice | 45.55 | 46.1 | 45.45 |
| Alumine | 22.10 | 13.2 | 15.40 |
| Sesquioxyde de fer | » | » | 5.43 |
| <i>A reporter.</i> | 65.43 | 59.5 | 62.28 |

| | | | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|
| <i>Report.</i> | 65.43 | 59.5 | 62.28 |
| Protoxyde de fer | 11.55 | 16.6 | 1.55 |
| Oxyde de manganèse | » | » | 5 00 |
| Chaux | 7.95 | 7.5 | 10.15 |
| Magnésie | 9.96 | 7.0 | 5.50 |
| Potasse | } 1.65 | 1.8 | 2.05 |
| Soude | | 2.7 | 5.95 |
| Eau et perte au feu | 2.95 | 4.9 | 0.96 |
| | <u>99.21</u> | <u>99.6</u> | <u>98.01</u> |

La densité du basalte est comprise entre 2.5 et 5.5.

L'un des minéraux accidentels les plus fréquents du basalte est le péridot. Par exemple, d'après Ebelmen, le basalte de Linz-am-Rhein renferme :

| | |
|---------------------------------|------------|
| Labrador | 54 |
| Augite | 24 |
| Fer oxydulé titanifié | 10 |
| Eau | 2 |
| Péridote | 10 |
| | <u>100</u> |

Gisement. — Le basalte apparaît dans les terrains crétacés, mais c'est surtout pendant la période tertiaire que cette roche volcanique s'est épanchée avec abondance. On doit citer parmi les principales localités où se montre le basalte, Autrim en Irlande, où la craie est transformée en calcaire cristallin au contact des dykes de basalte ; la chaussée des Géants, aussi en Irlande ; l'île de Staffa en Écosse ; l'Auvergne ; le Cantal ; la Haute-Loire ; l'Ardèche ; l'Italie ; le Tyrol ; la Prusse rhénane ; la Saxe ; la Bohême ; l'Islande ; l'île Bourbon ; l'île de Ténériffe.

Application. — Grâce à sa dureté, le basalte peut être employé au pavage et à l'empierrement des routes ; comme pierre de construction, on s'en sert aussi, bien que sa ténacité empêche de le tailler.

DOLÉRITE.

(Voir p. 577.)

Caractères généraux. — Les *dolérites* que nous rangeons ici ne diffèrent de celles qui nous ont précédemment occupé que parce que le fer titané y est contenu comme élément essentiel ; nous n'avons pas à y revenir, sauf pour donner le résultat d'une analyse choisie entre un grand nombre, que M. Abich a faite de la dolérite du Stromboli.

L'analyse minéralogique y décele :

| | |
|---------------------|--------|
| Labrador | 48.18 |
| Augite | 44.91 |
| Magnétite | 6.91 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Voici les résultats de l'analyse chimique :

| | |
|------------------------------|-------|
| Silice | 50.25 |
| Alumine | 15.09 |
| Protoxyde de fer | 10.55 |
| Oxyde de manganèse | 0.58 |
| Chaux | 11.16 |
| Magnésie | 9.45 |
| Potasse et soude | 4.92 |
| | <hr/> |
| | 99.78 |

La densité de cette roche est égale à 5 environ.

DIX-NEUVIÈME SÉRIE : **Oxyde, silicate, carbonate.**

68^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Quartz. Silicate d'alumine. Calcaire.*

MACIGNO.

(Nom italien francisé.)

Syn. *Grès argilo-calcaire* (Coquand).
Grès à fucoïdes.

Grès macigno.
Pietra forte.
Molasse (en partie).

Caractères généraux. — Ces roches sont pour nous les *macignos* et quelques *molasses* qui se répartissent en deux sous-groupes, suivant qu'ils sont à base d'argile ou d'argilite.

Les grès à base d'argile (ou si l'on veut de marne), sont très-souvent confondus avec la molasse dont ils diffèrent cependant, pour nous, par la présence du silicate alumineux. Il en est de même des grès à base de marnolite auxquels on attribue plus ordinairement le nom de *macigno*.

Le macigno du lac de Constance a donné à l'analyse les résultats obtenus par M. Gmelin :

| | |
|---------------------------------|-------|
| Carbonate de chaux | 45.52 |
| Sable quartzeux micacé. | 51.65 |
| Alumine ferrugineuse | 0.15 |
| Chaux et magnésie. | 2.94 |
| Fer oxydé | 0.55 |
| Oxyde de manganèse. | 0.15 |
| | 98.94 |

Gisement. — Ce macigno appartient aux terrains nummulitiques dans lesquels il forme des assises puissantes d'une grande étendue.

Application. — Il est employé comme pierre à bâtir. La partie de la molasse que nous admettons dans le présent groupe est d'âge un peu plus récent et sert aux mêmes usages.

VINGTIÈME SÉRIE : **Trois silicates.**

69° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Feldspath. Mica. Pyroxène.*

WACKITE.

(De *Wacke*, nom d'une roche fort analogue.)

Syn. *Wacke* de beaucoup d'auteurs.

Monzonite (Cordier).

Pseudosyénite
Monzon-syenit.

Caractères généraux. — La *wakite* de Brongniart, que beaucoup de lithologistes confondent avec la *wacke*, présente pour le gisement et le mode de formation de grandes analogies avec les *spilites*. Les types qu'elle comprend correspondent à peu près à ceux de ces derniers : le *calcaire*, le *feldspath*, l'*amphibole*, les *zéolithes* sont les principaux minéraux accidentels. On trouve la *wakite* en Auvergne, en Saxe, en Thuringe, en Norwége, à la Guadeloupe, etc. A ce groupe appartiennent les roches très-rares désignées sous le nom de *monzonite*.

Gisement. — Elles forment des enclaves transversaux et des filons dykes dans divers massifs de terrains des environs de Predazzo et de Vigo (Tyrol italien). La *monzonite* grise, qui constitue le massif de Monte Marzelès et la rive gauche du Travignolo, est traversée par trois sortes de dykes ou de filons, savoir : 1° *pegmatite* rouge tourmalinifère ; 2° *porphyre pétrosiliceux* ; 3° *porphyre pyroxénique ophitoïde*, et probablement, en outre, une variété plus récente de *porphyre pyroxénique à gros cristaux de pyroxène*. Ce qui porterait à quatre le nombre des épanchements postérieurs à la *monzonite*.

70° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Feldspath. Pyroxène. Talc.*

EUPHOLITE.

(De *euphodite* ; à cause de ses analogies avec cette roche.)

Syn. *Euphotide* } en partie.
Granitone }

Caractères généraux. — Cette roche, désignée par Cordier sous le nom d'*eupholite*, est souvent confondue avec l'*euphotide* et avec le *granitone*. Elle en diffère par la présence d'un troisième élément essentiel, le *talc*, qui forme quelquefois jusqu'au quart de la masse. Nous distinguons deux types d'*eupholite*, suivant qu'elle est *grenue* ou *compacte*.

Sa densité est égale à 2,898.

Voici la composition, d'après M. Delesse, d'une variété provenant du mont Genève, dans les Hautes-Alpes :

| | |
|--------------------------------|--------|
| Silice | 45.00 |
| Alumine et peroxyde de fer . . | 26.85 |
| Chaux. | 8.49 |
| Magnésie, potasse, soude . . . | 15.90 |
| Eau et acide carbonique . . . | 5.78 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Gisement. — Cette roche constitue, soit des couches subordonnées aux serpentines et aux euphotides stratiformes de l'étage des talcschistes cristallifères, soit des enclaves transversaux dans le sol primitif et dans les terrains sédimentaires anciens ; enclaves qui remontent quelquefois presque dans les terrains tertiaires. Les Vosges, les Alpes, les Apennins contiennent de l'eupholite.

PÉRIDOTITE.

(De *péridot*, minéral caractéristique.)

71^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Feldspath.* *Pyroxène.* *Péridot.*

Syn. *Dolérite* de beaucoup d'auteurs } en partie.
Basanite
Basalte péridotique.

Caractères généraux. — Nous extrayons les roches ayant cette composition de la *dolérite* des principaux lithologistes. Elles sont essentiellement grenues et admettent à peu près les mêmes minéraux accidentels que la *dolérite* proprement dite, et spécialement le *fer oxydulé titanifère*. On leur donne souvent le nom de *péridotite*. Ce sont des roches de couleur généralement grisâtre, brunâtre ou d'un brun rougeâtre.

Leur densité est voisine de 5.

Une péridotite de Catane, en Sicile, a donné à M. Abich :

| | |
|---------------------|--------|
| Labrador | 54.80 |
| Augite | 34.16 |
| Péridot | 7.98 |
| Magnétite | 5.06 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

La même roche, soumise à l'analyse chimique par M. Lowe, a donné les résultats suivants :

| | |
|------------------------------|--------|
| Silice | 51.89 |
| Alumine | 17.92 |
| Protoxyde de fer | 11.16 |
| Oxyde de manganèse | 0.82 |
| Chaux. | 10.28 |
| Magnésie | 6.90 |
| Potasse | 0.39 |
| Soude. | 1.75 |
| | <hr/> |
| | 101.09 |

Sa densité, d'après M. Sartorius, est égale à 2,852.

Gisement. — Les péridotites constituent de grandes assises, des couches et des dykes dans les terrains tertiaires supérieurs et dans les terrains volcaniques de l'époque actuelle.

72^e GROUP. — Minéraux essentiels : *Feldspath. Pyroxène. Terre verte.*

OPHITONE (Cordier).

(De *ophis*, serpent.)

Syn. *Granite ophitique.*

Ophite veiné (Brongniart).

Dolérite en partie (d'Omalius).

Mélaphyre grenue.

Porphyre de Ternuay (Delesse).

Caractères généraux. — L'*ophitone* de Cordier est une roche verdâtre, grenue, très-tenace. Ses principales variétés sont caractérisées par la présence accidentelle du *calcaire*, du *mica*, de l'*épidote*, etc.

On doit rapporter à l'ophitone la roche suivante, provenant d'Ilfeld, et dont M. Streng a déterminé la composition :

| | |
|-----------------------------|-------|
| Silice | 56.96 |
| Alumine. | 11.58 |
| Protoxyde de fer | 3.54 |
| Oxyde de manganèse. | 0.08 |
| Chaux. | 8.29 |
| Magnésic. | 3.09 |
| Potasse | 4.08 |
| Soude. | 2.65 |
| Eau | 1.78 |
| Acide carbonique | 7.52 |
| | <hr/> |
| | 99.35 |

Sa densité est égale à 2,67.

Gisement. — Elle résulte toujours d'épanchements et constitue des enclaves transversaux et des dykes, principalement dans les terrains primitifs, cumbriens et siluriens. Quelquefois ces enclaves remontent un peu plus haut dans les terrains sédimentaires anciens. Les Vosges, le Tyrol, le Hartz en contiennent.

Application. — On peut utiliser l'ophitone comme roche d'ornement.

73^e GROUPE. — Minéraux essentiels : *Feldspath. Amphibole. Zircon.*

ZIRCOSYÉNITE.

(De *zircon* et de *syénite*.)

*Syn. Syénite zirconienn*e (de Buch).

Caractères généraux. — La *zircosyénite* ou syénite zirconienn e comprend à peu près les mêmes types que la syénite. L'*épidote*, la *néphéline*, le *bergmannite*, etc., caractérisent ses principales variétés.

L'analyse de la zirco-syénite de Maridal, en Norwége, a donné à M. Wiesnaes :

| | |
|---------------------------|--------|
| Silice. | 66.59 |
| Alumine. | 15.79 |
| Peroxyde de fer. | 3.61 |
| Chaux. | 2.05 |
| Potasse et soude. | 15.15 |
| Perte au feu | 1.05 |
| | <hr/> |
| | 100.00 |

Sa densité est égale à 2,749.

Gisement. — Elle est plus récente que la syénite et forme des enclaves transversaux dans les terrains siluriens. C'est surtout en Norwége qu'elle a été observée.

74° GROUPE. — Minéraux essentiels : *Pyroxène. Feldspath et second silicate double d'alumine et de protoxyde.*

Ce groupe se subdivise en deux sous-groupes, suivant que le silicate alumineux autre que le feldspath, et de la néphéline ou de l'amphigène. Dans le premier cas on a la néphéline, dans le second l'amphigénite.

1^{er} SOUS-GROUPE. *Néphéline.*

Néphéline.

Caractères généraux. — La *néphéline* est une roche volcanique grisâtre qui comprend deux types principaux, suivant qu'elle est *uniforme* ou *porphyroïde*. Les principales variétés sont dues à la présence accidentelle du *mica* et du *fer titané*.

La densité de cette roche est comprise entre 2,1 et 2,7.

Voici, d'après M. O. Hesse, la composition de la néphéline du lac de Laach :

| | |
|------------------------------|---------|
| Silice | 50.64 |
| Alumine. | 19.67 |
| Sesquioxyde de fer | 8.55 |
| Oxyde de manganèse. | Traces. |
| Chaux. | 8.09 |
| Magnésie. | 4.04 |
| Potasse | 3.36 |
| Soude | 4.52 |
| Eau. | 0.73 |
| | <hr/> |
| | 99.67 |

Gisement. — C'est une roche assez rare qui, jusqu'ici, n'a été trouvée que dans quelques localités, telles que la Somma (Vésuve); Frascati et Capo di Bove, près de Rome; la montagne de Kutzenbuckel, près de Heidelberg; le Hamberg, près de Trendelburg, en Hesse; les environs de Lobau, en Saxe; le Kaiserstuhl, etc. Elle constitue de grandes assises stratiformes et quelquefois des dykes dans les terrains volcaniques de la formation pliocène et de la période moderne.

2^e SOUS-GROUPE. *Amphigène*

Amphigénite.

(De *amphigène*; minéral caractéristique.)

Syn. *Leucitophyre.*

Leucilite.

Sperone.

Leucitgestein des Allemands.

Caractères généraux. — L'*amphigénite* présente de grandes analogies avec la néphéline. Nous distinguons trois types correspondant aux structures *uniforme*, *porphyroïde* et *cellulaire*. Les variétés sont caractérisées par le *péridot*, le *quartz*, la *breislakite*, le *mica*, etc.

La lave vomie par le Vésuve en 1855 est un type d'amphigénite. Elle a été analysée par M. Charles Sainte-Claire Deville, qui y a trouvé :

| | |
|------------------------------|------|
| Silice | 47.5 |
| Alumine | 20.0 |
| Protoxyde de fer | 9.8 |
| Oxyde de manganèse | 0.2 |
| Chaux | 8.6 |
| Magnésie | 1.9 |
| Potasse. | 0.5 |
| Soude | 8.9 |
| Perte au feu | 0.6 |
| | 98.0 |

La densité de l'amphigénite est égale en moyenne à 2.8

Gisement. — C'est dans les terrains volcaniques de la formation pliocène et de la période actuelle que se trouve l'amphigénite. Elle y forme quelquefois des filons-dykes et plus souvent de grandes assises ou couches. Cette roche, qui est employée à Naples pour la bâtisse et le pavage, constitue autour du Vésuve des amas considérables; elle se retrouve dans les États romains, la Toscane, la Prusse rhénane, etc.

APPENDICE : **ROCHES POLYGÉNIQUES**

Il est impossible de définir minéralogiquement ces roches d'une manière satisfaisante et l'on ne peut même les diviser en groupes d'après la nature des roches qu'elles contiennent de préférence, bien qu'elles ne soient pas les mêmes dans toutes les masses polygéniques.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ces roches dont le plus grand nombre rentrent dans les groupes précédemment décrits à raison de la roche qui prédomine chez elle, le calcaire, le quartz, le phyllade, la wacke, etc.

Les roches, d'ailleurs très-peu nombreuses, qu'on est contraint de laisser dans cet appendice doivent être divisées, pour la commodité, en trois types, suivant qu'elles sont *bréchiiformes*, *poudingiformes* ou *arénacées*.

Elles comprennent en partie le pséphite, la brèche, le poudingue et le sable polygénique des auteurs, ainsi que la brecciole variée de Brongniart.

TABLE EXPLICATIVE

DES FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

| | |
|---|----|
| Fig. 1. — Couches stratifiées redressées et ployées. | 17 |
| Fig. 2. — <i>Lingula Lewisii</i> du terrain silurien. | 21 |
| Fig. 3. — Trilobites des terrains silurien et devonien : | |
| 1, <i>Homalonothus Delphinocephalus</i> (au tiers de la grandeur naturelle). — 2, <i>Asaphus caudatus</i> (avec les yeux garnis de facettes remarquablement nettes) — 3, <i>Calymene Blumenbachii</i> . — 4, <i>Ilœnus crassicaudata</i> (moitié de grandeur naturelle). 5, <i>Paradoxides bohemicus</i> (moitié de grandeur naturelle). | 23 |
| Fig. 4. — Graptolithes : | |
| 1, 2, <i>Dipriodon palmeus</i> (silurien de Bohême) — 3, <i>Dipriodon pristis</i> (silurien). — 4, <i>Didimograpsus serratulus</i> (silurien d'Amérique). — 5, <i>Didimograpsus forchammeri</i> (silurien supérieur) — 6, <i>Cladoclapsus</i> (silurien). — 7, 8, 9, <i>Graptolithus nuntius</i> (silurien). — 10, <i>Graptolithus priodon</i> (silurien) — 11, <i>Graptolithus turriculatus</i> (silurien). — 12, <i>Rastrites Linnei</i> (silurien de Bohême). — 13, <i>Gladiolites geinitzianus</i> (silurien d'Amérique). | 25 |
| Fig. 5. — Écailles de poissons placœides. | 26 |
| Fig. 6. — <i>Pentamerus levis</i> du terrain silurien. | 27 |
| Fig. 7. — Écailles de poissons ganœides. | 28 |
| Fig. 8. — Comparaison de la queue des poissons hétérocercques à la queue des poissons homocercques. | 28 |
| Fig. 9. — <i>Stryngocephalus Burtini</i> du terrain devonien | 30 |
| Fig. 10. — Coralliaires : 1, <i>Catenipora escharoïdes</i> du terrain silurien — 2, <i>Cyatophyllum turbinatum</i> (du même) — 3, <i>Astrea ananas</i> — 4, <i>Caryophylla cespitosa</i> (du terrain tertiaire). | 30 |
| Fig. 11. — 1, <i>Goniatites sphericus</i> du terrain devonien — 2, <i>Ceratiles semipatitus</i> , du trias. | 31 |
| Fig. 12. — <i>Lepidodendron rugosum</i> du terrain houiller. | 32 |
| Fig. 13. — <i>Cycloteris orbicularis</i> du terrain houiller. | 32 |
| Fig. 14. — 1, <i>Orthoceras striatum</i> — 2 et 3, <i>O. Ludense</i> — 4, <i>O. Gregarium</i> | 34 |

| | |
|--|----|
| Fig. 15. — <i>Bellerophon costatus</i> du terrain houiller. | 35 |
| Fig. 16. — <i>Spirifer</i> en terrain houiller. | 55 |
| Fig. 17. — Couches de houilles plissées. | 57 |
| Fig. 18. — A, <i>Sigillaria oculata</i> . — B, S, <i>Voltzii</i> — C. <i>S. elegans</i> | 58 |
| Fig. 19. — A, B, C, <i>Stigmaria fcoides</i> | 59 |
| Fig. 20. — A, <i>Sphenopteris tridactylites</i> — B, <i>S. obtusiloba</i> — C, <i>S. microphylla</i> — D, <i>S. Lanceolata</i> | 59 |
| Fig. 21. — A, B, <i>Neuropteris flexuosa</i> — C, N, <i>Tenuifolia</i> | 40 |
| Fig. 22. — <i>Calamites cruciatus</i> | 41 |
| Fig. 23. — <i>Calamites cannaeformis</i> | 41 |
| Fig. 24. — B, <i>Lepidodendron Veltheimianum</i> . — C, <i>L. Rimosum</i> | 41 |
| Fig. 25. — <i>Archegoraurus Dechenii</i> | 43 |
| Fig. 26. — <i>Productus Horridus</i> | 44 |
| Fig. 27. — <i>Walchia Pinnata</i> | 45 |
| Fig. 28. — Traces des pas d'un oiseau triasique. | 46 |
| Fig. 29. — Traces des pas du <i>Labyrinthodon</i> | 47 |
| Fig. 30. — 1, <i>Gryphæ arcuata</i> — 2, <i>Ostrea Marshii</i> — 3, <i>Avicula inæquivalvis</i> | 48 |
| Fig. 31. — 1, <i>Apiocrinus rotundus</i> (racine) — 2, <i>Encrinus liliiformis</i> (osselets) — 3, <i>Pentacrinus scalaris</i> (id.) — 4, <i>Pentacrinus basaltiformis</i> (id.). | 48 |
| Fig. 32. — A, <i>Encrinus liliiformis</i> (calice) — B, <i>Apiocrinus rotundus</i> (id.) — C, <i>Eugeniocrinus nutans</i> — D, <i>Pentacrinus Briareus</i> | 49 |
| Fig. 33. — <i>Voltzia heterophylla</i> | 50 |
| Fig. 34. — Écailles de poissons cycloïdes. | 52 |
| Fig. 35. — 1, <i>Ammonites bipartitus</i> — 2, <i>A. Aalensis</i> — 3, <i>A. Taylora</i> | 52 |
| Fig. 36. — Vertèbres d'ichthyosaure. | 54 |
| Fig. 37. — Belemnites. | 57 |
| Fig. 38. — <i>Nautilus truncatus</i> | 65 |
| Fig. 39. — 1, <i>Cidaris coronata</i> — 2, épine du même (exemplaire plus volumineux). — 3, épine de <i>Cidaris Clavigera</i> — 4, épine de <i>Cidaris parkynsonii</i> — 5, épine de <i>Cidaris cretosa</i> ; — 6, <i>Galerites vulgaris</i> | 65 |
| Fig. 40. — 1, <i>Cypris Valdensis</i> — 2, <i>C. inflata</i> | 67 |
| Fig. 41. — 1, <i>Scaphites striatus</i> — 2, <i>Hamites attenuatus</i> — 3, 4, <i>Baculites anceps</i> | 75 |
| Fig. 42. — 2, <i>Cellepora pyriformis</i> , de la craie — 3, <i>C. antiqua</i> du terrain devonien, — 4, <i>Eschara Ehrenbergi</i> de la craie; 5, <i>E. producta</i> de la craie. | 77 |
| Fig. 43. — 1, <i>Ananchytes ovata</i> de la craie — 2, <i>Galerites depressus</i> de terrain jurassique. | 78 |
| Fig. 44. — A, <i>Siphonia websteri</i> — B, <i>Scyphia intermedia</i> — C, <i>Ventriculites radiatus</i> — D, <i>Choanites Konigii</i> | 78 |
| Fig. 45. — 1, <i>Melonia sphaerica</i> (tertiaire) — 2, <i>Cocinospora nautiloïdes</i> (crétacé) — 3, <i>Nodoraria levigata</i> (tertiaire) — 4, <i>N. Raphanistrum</i> — 5, <i>Dentalina monile</i> (crétacé) — 6, <i>Cristellaria rosulata</i> (crétacé) — 7, <i>Bulimina Murchissoniana</i> (crétacé) — 8, <i>Virgulina squammosa</i> (tertiaire) — 9, <i>Textilaria prælonga</i> (id.) — 10, <i>T. Globulosa</i> (id) — 11, <i>Bilocolina bulloïdes</i> (tertiaire) — 12, <i>Trilocolina trigonula</i> (tertiaire) — 13, <i>Quinqueloculina saxorum</i> (tertiaire). | 79 |
| Fig. 46. — <i>Nummulites levigata</i> | 82 |
| Fig. 47. — A, <i>Chondrites Targionii</i> — B, <i>Sphærococcites crenulatus</i> | 83 |

- Fig. 48. — Diverses formes de filons — *a*, *a*, *b*, filons concrétionnés — *n*, filon fibreux — *c*, culot — *d*, dyke. 112
- Fig. 49. — Rejet produit dans des couches stratifiées *c*, par l'injection d'un filon — *b*, *a*, couches sédimentaires postérieures à l'arrivée du filon. 112
- Fig. 50. — Roche éruptive épanchée à la surface d'un terrain stratifié. 115
- Fig. 51. — Forme prismatique du basalte. A, prismes superposés et juxtaposés, B, prisme articulé. 114
- Fig. 52. — Carte de l'île volcanique de Santorin. 116
- Fig. 53. — Métamorphisme produit dans la craie d'Antrim en Irlande par des filons de basalte. 117
- Fig. 54. — Temple de Sérapis, montrant par les traces des coquilles lithophages les oscillations lentes du sol qui le supporte. — *a*, maison de Cicéron, *b*, colonne du temple, *c*, couches (marines) d'origine volcanique. 119
- Fig. 55. — Coupe idéale d'une chaîne de montagnes : *a*, axe formé de roches cristallines ; *b*, terrains stratifiés dont les couches ont été redressées par le soulèvement ; *c*, couches stratifiées horizontales et par conséquent *postérieures* au soulèvement 119
- Fig. 56. — Mode d'attaque de diverses roches sous l'action d'agents naturels. A, roches de grès ; B, de quartzite ; C, de calcaire ; D, de phonolithe 123
- Fig. 57. — Série de failles ayant déterminé des rejets considérables dans des couches stratifiées ; A, couche de houille ; B, couches puissantes de grès contenant un lit très-mince de houille ; C, Argile schisteuse avec un lit de combustible. 125
- Fig. 58. — Faille qui limite la chaîne des Vosges ; coupe perpendiculaire à la chaîne et passant par Saverne ; *a*, grès des Vosges ; *b*, grès bigarré *c*. Muschelkalk ; *d*, Marnes irisées 125

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

- Abietes* (Bot.), 96.
 Ablation des glaciers, 100.
 Acerdèse, 259.
 Acerinées (Bot.), 97.
Acerothérium (Zool.), 85.
 Acides comme agents de détermination des roches, 169.
 ——— comme agents de séparation des minéraux, 172.
 ——— chlorhydrique au moyen de sel, 284.
 ——— sulfhydrique, sa combustion à l'air, 256.
Acrodus (Zool.), 65.
 Action de la chaleur sur les roches, 167.
 ——— métamorphique du basalte sur la craie d'Antrim, 117.
 Activité interne du globe (manifestation de l'), 112.
 Adelogènes (roches), 157.
 Affluents des glaciers, 100.
 Agate noire d'Islande, 298.
 Agricole (rôle) du sel marin, 284.
 ——— de la carnallite, 285.
 Aimant (pierre d'), 247.
 Aimant comme procédé de séparation des minéraux, 172.
Alaunschiefer, 556.
 Albâtre, 551.
 Alberèse, 409.
Algues (Bot.), 82, 91.
 Alizés, 127.
 Alluvions quaternaires des plateaux, 85.
 ——— anciennes, 97.
Alnus (Bot.), 97.
Alpengranit, 423.
 Alquifoux, 239.
 Aluminate de soude; au moyen de la bauxite, 278.
 Alumine hydratée, 277.
 ——— sous-sulfatée alcaline, 546.
 Aluminite, 546.
 Aluminium fabriqué au moyen de la bauxite, 278.
 Alun par la pyrite (fabrication de l'), 244.
 ——— de Rome, 548.
 Alunite, 546.
 Amausite, 295, 595.
Amblypterus (Zool.), 42, 52.
 Amentacées (Bot.), 97.
Ammonites (Zool.), 52, 65, 75.
 Ampélite, 555.
 Amphibole, 525.
 Amphibolite, 525.
 Amphigénite, 455.
Amphithérium (Zool.), 62.
Amphysia (Zool.), 85.
 Amygdalaire (structure), 142.
 Amygdalées (Bot.), 97.
 Anacardiées (Bot.), 97.
 Analyse minéralogique des roches, 165.
 Anamésite, 578.
Ananchytes ovata (Zool.), 78.
 Anatomie de la terre, 121.
Ancycloceras (Zool.), 70.
 Andésine, 502.
 Andésite, 289, 295, 502.
 ——— amphibolifère, 591.
 ——— pyroxénique, 588.

- Andryas scheuchzeri* (Zool.), 96.
 Anhydrite, 351.
 Animal de Maestricht, 74.
 — de l'Ohio, 90.
 Animaux comme constructeurs de roches, 128.
Anodontes (Zool.), 52.
Anomopteris (Bot.), 50.
Anoplotherium (Zool.), 80.
 Anthracite, 211, 212.
 — artificielle au moyen du bois, 232.
 Anthracolite, 212.
 Anthracolithe, 359.
 Anthraconite, 359.
 Apatite, 340.
 Aphanite, 390.
 — variolaire, 584.
Aphanitschiefer, 390.
Apis (Zool.), 65.
Archegosaurus (Zool.), 42, 45.
Archeopterix (Zool.), 66.
 Ardoise, 309.
 Arénacée (structure), 142.
 Argile, 309, 311.
 — à silex, 86.
 — calcaire, 404.
 — de Kelloway, 64.
 — durcie, 314.
 — endurcie, 314.
 — houillère, 36.
 — plastique, 79, 512.
 — schisteuse, 310.
 Argilite, 304, 309, 315.
 Argiloïde (structure), 142.
 Argilolithe, 314.
 Argilophyre, 291, 294.
 Arkose, 366, 370.
 Arrangement méthodique des roches, 151.
 Asphalte, 209.
 Assise cristallisée, 11, 12, 15.
Astelia pumila (Bot.), 228.
 Astres (rupture spontanée des), 8.
 Atmosphères, courants qu'on y observe, 127.
 Atolls, 65.
 — leur édification actuelle, 128.
 Attaque des roches par les acides, 169.
Augetfels, 400.
Aurochs (Zool.), 89-105.
Avicula contorta (Zool.), 61.
 Avicules (Zool.), 47, 48.
- B**
- Baculites* (Zool.), 75.
 Baldogée, 305.
 Baleine, 95.
 Balsamiflorées (Bot.), 97.
Bambous, 92.
Bambusinites sepultum (Bot.), 91.
 Banc franc, 356.
 Baryte sulfatée, 349.
 Barytine, 349.
Basalt, 426.
 Basalte, 382, 402, 426.
 — péridotique, 431.
 — porphyroïde, 378.
 Basaltique (terrain), 113, 114.
 Basaltite, 426.
 Basanite, 379, 426, 431.
 Bassins houillers, 37.
 Baudissérite, 528.
 Baume de momies, 209.
 Bauxite, 277.
Belemnites (Zool.), 57, 61, 65, 75.
Bellerophon (Zool.), 54.
Bergmehl, 274.
Bergsalt, 278.
 Bêtes à cornes, sel gemme qu'on leur donne, 285.
Betula (Bot.), 97.
 Betulacées (Bot.), 85, 92.
Bimstein, 297.
Birostrites (Zool.), 77.
Bison (Zool.), 89.
 Bitumes, 209.
 — de Judée, 209.
 — de momie, 209.
Blackband, 325.
Black Lead, 199.
 Blanc d'Espagne, 351.
Blatterstein, 381.
Bleiglanz, 257.
 Blende, 240.
 — noire, 240.
 Blocs erratiques (mode de transport des), 98.
Boghead, 357.
Bog-ore, 251.
 Bois bitumineux, 220.
 — flottés échoués en Islande, 228.
 — fossile, 220.
 Bol, 251.
 Borech, 559.
 Borosélnite, 349.
 Bossellements généraux, 119.
 Boue glaciaire, 105.
 Bouteille de Leyde, son emploi en analyse minéralogique, 172.
 Brachiopodes (Zool.), leurs caractères généraux, 21.
Bradford clay, 62.

Brandschiefer, 357.
Braunkohle, 221.
 Brecciole variée, 437.
 Brèches osseuses, 105.
 — polygéniques, 437.
 — quartzéuses, 264.
 Brèchiforme (structure), 142.
 Breunérite, 528.
 Bronzite, 521.
Browncoal, 221.
 Bruits souterrains, 115.
 Bryozoaires (Zool.), 77.

C

Caillou de Rennes, 368.
 — du Rhin, 260.
Calabodus (Zool.), 52.
 Calamine, 526.
Calamites (Bot.), 40, 45.
Calamodendron (Bot.), 50.
 Calcaire, 128, 351.
 — amphibolifère, 415.
 — argileux, 409.
 — argilitique, 409.
 — de Beauce, 85.
 — carbonifère, 55.
 — cristallin micacé, 411.
 — cristallin talcifère, 412.
 — grossier (étage du), 7.
 — pisolithique, 71.
 — schisteux, 410.
 — schistoïde, 410.
 — serpentinitifère, 415.
Calimène (Zool.), 26.
 Calschiste, 409, 410, 411.
 Calycanthacées (Bot.), 97.
 Campan (marbre de), 55.
 Canal de Suez, 151.
Cannel coal, 215.
Cancer macrocheilus (Zool.), 91.
 Cappariées (Bot.), 97.
 Carbone, sa circulation, 128.
 Carbonifère (terrain), 33.
 Carbonate de soude, au moyen du sel, 284.
 Carbure de fer, 199.
 Cargnieule, 529.
 Carnallite, 285.
Carpinus (Bot.), 97.
Carvoira, 365.
 Cassure des roches, 165.
Caulinites (Bot.), 85.
 Caverne des Espelagues, 108.
 — de Lourdes, 108.
 — de Massat, 108.
 Cecilite, 402.

Célastrinées (Bot.), 97.
 Célestine, 350.
 Cellulaire (structure), 142.
 Cendres noires, 220.
 — volcaniques, 115.
Cephalaspis (Zool.), 28, 29.
Cepolino, 412.
Ceratites (Zool.), 47, 52.
 Cert (bois de), brisés à l'époque pliocène, 95.
 — à bois gigantesque, 108.
 Cérithie (Zool.), 91.
Cerithium giganteum (Zool.), 82.
Cervus megaceros (Zool.), 108.
 Cestraciens (poissons), 75.
 Chailles, 64, 264.
 Chaînes de montagnes (leur formation), 119.
Chalc, 551.
 Chaleur interne du globe, 9.
 Chalkopyrite, 245.
 Chalumeau, 168.
 Chamoisite, 505.
Chara (Bot.), 85.
 Charbons fossiles, 211.
 — incombustible, 212.
 — de pierre, 215.
 — de terre, 215.
 Chassignite, 562.
 Chauffage par la tourbe, 225.
 — au pétrole, 207.
 Chaulage, 357.
 Chaux (cuisson de la), 556.
 — carbonatée, 551.
 — carbonatée lente, 529.
 — carbonatée magnésifère, 529.
 — fluatée, 287.
 — hydraulique, 557.
 — phosphatée, 540.
 — sulfatée, 552.
Cheirotherium (Zool.), 42, 45, 47.
 Cheminée volcanique, 115.
Chêne (Bot.), 85, 92.
Chiastolitschiefer, 405.
 Chlore au moyen du sel, 284.
Chloritgneiss, 595.
Chloritîn, 505.
Chloritschiefer, 505.
Chloritslate, 505.
 Chloritoschiste, 505, 505.
 Chlorophane, 287.
 Chlorure de sodium, 278.
 Ciment romain, 557.
 Cimolithe, 511.
 Cipolin, 372, 411, 412.
 Circulations que présente le globe, 126.
 Cirques des montagnes, 99.

- Classification naturelle en lithologie, 145.
Clay, 512.
 Climats (modification des) dans la série des âges géologiques, 19.
 Cliquart, 556.
Coal, 215.
 Coal measures, 55, 55.
 — sa puissance, 57.
 Coccolithe, 520.
Coccostæus (Zool.), 28, 29.
Cælestin, 550.
 Coke, 215.
 Colmatage, 129.
 Colonies (Zool.), 96.
Combretacées (Bot.), 92.
 Combustibles minéraux, 211.
 Compacte (structure), 142.
 Composition des roches, 156, 147.
 Conchylien (étage), 46.
Comus (Zool.), 91.
 Conifères (Bot.), 50, 58, 62, 66, 68, 85, 91, 96.
 Contre-alizés, 127.
 Conservation des bois par le pétrole, 207.
 Coprolithes, 75, 540.
 Coralliaires, 50.
 Coral rag, 64.
 Corn brash, 62.
 Cornéenne, 590.
 Cornées (Bot.), 96.
 Cornubianite, 595.
 Coticule, 510.
 Couches des terrains de sédiments, 17.
 Couleur rouge du sel gemme, 279.
 Courants atmosphériques, 127.
 — océaniques, 126.
 Crabes (Zool.), 91.
 Crag, 92.
 Craie, 531.
 — blanche, 71.
 — de Briançon, 519.
 — chloritée, 71.
 — de Maestricht, 71.
 — à silex, 86.
 — tuffau, 71.
 Cratère, 115.
 Crayon de charpentiers, 556.
 — de graphite, 202.
 — rouge, 251.
 Crétacé (terrain), 68.
 Creusets de graphite, 202.
 Crinoïdes (Zool.), caractères généraux, 49.
 Cristal de roche, 260.
 Cristulite, 294.
 Croûte solide du globe, 7, 9.
Ctenodus (Zool.), 26.
Cucurbitacées (Bot.), 85.
 Cuivre pyriteux, 245.
Culmites animalus (Bot.), 91.
 — *Gæpperti*, 91.
 — *arundinaceus*, 96.
 Culots, 112.
 Cumbrien (terrain), 20.
 Cupulifères (Bot.), 85.
Cyatophyllum (Zool.), 50.
 Cycadées, 58, 62, 66, 68, 79.
Cyclopteris (Bot.), 55.
Cymex (Zool.), 65.
Cyperites tertiaris (Bot.), 96.
 Cyprès (Bot.), 85.
Cypris (Zool.), 42, 67, 70.
 Cythérées (Zool.), 67.
- ## D
- Dadoxylon* (Bot.), 40.
 Dard du chalumeau, 168.
 Déboisements, leur influence funeste, 151.
 Défense de mammoth gravée à l'époque quaternaire, 107.
 Dépôts actuels de la mer; leur nature, 18.
 — des cavernes, 105.
 — des sources thermales, 118.
 — volcaniques, 114.
 Dessèchements opérés par l'homme, 129.
 Destruction et production des montagnes, 122.
 Détermination des roches, 165.
 Devonien (terrain), 27.
 Diabase, 580.
 Diallagite, 521, 584.
 Diatomépélite, 274.
 Dibasite, 575, 576.
Diceras arietina (Zool.), 65.
 Dichotomie des roches, 175.
Dinornis (Zool.), 109.
Dinotherium Cuvieri (Zool.), 85, 88, 90.
 Diorite, 575, 589.
Dirt bed, 110.
 Disthène (tilet de) pour les essais au chalumeau, 168.
 Dolérine, 599.
 Dolérite, 575, 577, 578, 582, 402, 428, 451, 452.
 Dolomie, 529
Dolomit, 529.
 Domanik, 221, 557.
 Domite, 291, 501.
Donatia magellanica (Bot.), 228.
 Dunes, leur fixation, 150.
 Dunite, 562.
 Dureté de l'émeri, sa mesure, 561.

Dykes, 112.
Dyssodyle, 221.

E

Eau, sa circulation, 126.
Ébénacées (Bot.), 97.
Éboulements de montagnes causés par la pluie, 125.
Écaussines (marbre des), 55.
Échanges de forces avec les planètes, 127.
Echinodermes, 91.
Éclairage au pétrole, 206.
Éclogite, 575, 576.
Écume de mer, 515.
Effervescence des roches par les acides, 169.
Eisenglanz, 249.
Eisenglimmer, 249.
Eisenglimmerschiefer, 562.
Eisenkiess, 242.
Electrophore, son emploi en analyse minéralogique, 172.
Éléments des roches, 158.
Eleoxyton (Bot.), 97.
Éléphant (Zool.), 89, 90, 91.
— de l'Obio, 90.
Elephas antiquus (Zool.), 225.
— *primigenius* (Zool.), 108, 225.
Elvan, 565.
Embryogénie de la terre, 124.
Émcri, 560.
Emys (Zool.), 67.
Encrines (Zool.), 48.
Entroque (Zool.), 48.
Érables (Bot.), 92.
Éricinées (Bot.), 97.
Érratiques (blocs), 97.
Éruption volcanique, 115.
Eryon (Zool.), 65.
Éocène (terrain), 79.
Eozoon (Zool.), 20.
— du Canada, 20.
— de Bohème, 21.
Épanchements des roches éruptives, 115.
Ephedras (Bot.), 85.
Épidote, 288.
— en roche, 290.
Epidotite, 288, 290.
Epiornis (Zool.), 110.
Équisétacées, 58, 50.
Eschara (Zool.), 77.
Espèces, en lithologie, 148.
Essence minérale, 205.
— de pétrole, 207.
Étoiles, 2.

Êtres vivants, leur rôle géologique, 128.
Eumonia (Zool.) 65.
Eupholite, 450.
Euphotide, 584-450.
Eurite, 291.
Euritine, 414.
Examen microscopique des roches, 166.
— à l'œil nu, 166.
Expérience de Leichtenberg comme procédé de séparation des minéraux, 172.
Exploitation des minerais de fer (antiquité de l'), 251-254.

F

Faïlles, 125.
Fagus (Bot.), 97.
Falaises, 124.
Faluns, 84, 85.
Familles en lithologie, 148.
Farine fossile, 274-276.
Feldspath, 291.
— compacte, 291.
— grenu, 295.
— lamellaire en roche, 500.
— opalin, 299.
— tenace, 500.
— résinite, 506.
Feldspathine, 500.
Feldspathporphyr, 294.
Feldsteinporphyr, 565.
Felsitporphyr, 565.
Fer argileux, 249.
— carbonaté, 524.
— carburé, 199.
— chloriteux, 504.
— chromé, 247.
— écailleux, 249.
— éclatant, 249.
— de houillères, 525.
— hydraté, 251.
— hydroxydé, 251.
— des lacs, 251.
— limoneux, 251.
— métallique dans certaines roches, 169, 170.
— micacé, 249.
— oligiste, 249.
— oolithique, 252.
— oxydé, 247.
— oxydé brun, 251.
— peroxydé, 249.
— spathique, 524.
— sulfuré, 241.
— titané, 247.
Ferriers, 251.

- Feu connu de l'homme à l'époque miocène, 86.
 — d'oxydation, 168.
 — de réduction, 168.
Feuerstein, 261.
 Figuline, 312.
 Filons, 112-141.
 — métallifères, 16-119.
 — plombifères, 258.
 — quartzeux, 16.
Flabellaria (Bot.), 91.
 Fleuves, 124.
Flint, 261.
 Fluor, 287.
 Fluorine, 287.
 Fluorure de calcium, 287.
Flusspath, 287.
 Föhn, 151.
 Fonte, 251.
 Fonte des neiges du Cotopaxi au moment des éruptions, 115.
 Foraminifères (Zool.), 78.
 Forces échangées par la terre avec les planètes, 127.
 — intellectuelle comme agent géologique, 129.
 — physiologique, son rôle à la surface du globe, 128.
Forest marble, 62.
 Fossiles ; ce que c'est, 18.
 — leur rôle en géologie, 19.
 Fougères (Bot.), 58, 50, 62, 91, 96.
 Fraidonite, 597.
 Fraidronite, 597.
Fucoïdes (Bot.), 22, 27.
Fullersearch, 512.
 Fusibilité des roches, 168.
- G
- Gabbro*, 584.
 Gaise, 274, 276.
Gagas, 221.
 Galène, 257.
 — (fausse), 240.
 Galets, comme instruments de démolition des falaises, 124.
 Gangues quartzzeuses, 265.
 Ganoïdes (poissons) leurs caractères généraux, 28.
Garnet rock, 289.
Gastornis parisiensis (Zool.), 81.
 Gault, 71.
 Gaz d'éclairage fabriqué au moyen du pétrole, 206.
 Gaz portatif, 559.
 Geanthrax, 212.
 Genévrier (Bot.), 85.
 Géologie, son but, 1.
 — comparée, 9.
 Géophages (sauvages), 276, 277.
Gervillia anceps (Zool.), 70.
 Geysers, 10, 117, 275.
 Geysérite, 274.
Gibbon (Zool.), 87.
 Giobertite, 528.
 Gisement des roches 136, 139, 147.
 Gîtes stannifères de Cornouailles, 104.
 Glace bulleuse, 99.
 Glacière éparpillé (terrain), 105.
 Glaciers actuels, 98.
 — comme agents de démolition, 125.
 — quaternaires, 105.
 — des Vosges, 105.
 Glaïse, 312.
 Glauconic, 504.
 Glauconite, 505-504.
 Glandulaire, (structure), 142.
Glanzkohle, 212.
Glimmer, 507.
Glimmerschiefer, 575.
 Globe terrestre (coupe générale du), 10.
 Globaire (structure) 142.
 Globulifère (structure), 142.
 Glossopètres, 27.
Glyptodon (Zool.), 109.
 Gnéine, 425.
 Gneiss, 15, 16, 594, 595, 596, 416.
 Gnessite, 595.
Goniatites (Zool.), 51, 54;
 Goudron, 215.
 — minéral, 209.
 Granite, 572, 596, 416.
 — égyptien, 588.
 — feldspathique, 564.
 — feuilleté, 595.
 — graphique, 564.
 — à oligoklase, 424.
 — ophitique, 432.
 — recomposé, 567.
 — schisteux, 595.
 — talqueux, 425.
 — veiné 595.
 Granitelle, 588.
 Granitite 424.
 Granitoïde (structure), 141.
Granitone, 384, 450.
 Granulite, 295, 416.
Graphit, 199.
 Graphite, 199.
Graptolithes, (Zool.), 25.
Grauwangerz, 257.

Grauwacke, 370-414.
 Greisen, 372.
 Grenat, 288.
 — en roche, 289.
 — stratiforme, 289.
Grenatfels, 289.
 Grenatite, 288-289.
 Grenue (structure), 141.
 Grès, 414.
 — argileux, 370.
 — argilo-calcarifère, 428.
 — arkose, 366.
 — bigarré, 46, 369.
 — calcarifère 374.
 — feldspathique, 366, 370.
 — de Fontainebleau, 266, 374.
 — à fucoïde, 428.
 — granitoïde, 367.
 — macigno, 429.
 — plombifère, 259.
 — quartzeux, 260.
 — rouge (nouveau), 45.
 — rouge (vieux), 28.
 — vert inférieur, 63.
 — vert supérieur, 71.
 — vosgien, 43, 45.
 Grésiforme (structure), 142.
 Griotte d'Italie, 411.
 Grotte d'Aurignac, 106.
 — de la Dordogne, 106.
 — des Eysies, 107.
 — de la Madelaine, 107.
 Groupes de roches, 145.
Grünstein, 380-386.
Gryphæa arcuata (Zool.), 61.
 — *dilatata*, 65.
 — *virgula*, 68.
Gryphosaurus (Zool.), 65.
 Guano, 340-345.
Gulfstream, 127, 229.
 Gypse, 552.
 — anhydre, 551.
 Gypseuse (formation), 79.
Gyrolepis, (Zool.), 52.

H

Halochloris (Bot.), 85.
Haloptychius, (Zool.), 50,
Hamites (Zool.), 76.
 Harmophanite, 300.
 Hématite brune, 251.
 — rouge, 249.
 Hémithrène, 415.
 Hépatique, (Bot.), 85.
 Hépatite, 349.

Hétérocerques (poissons), 28.
 Hétérogènes (roches), 136.
 Homme, miocène, 84.
 — pliocène, 92.
 — quaternaire 105, 107.
Homo diluvii testis, 95.
 Homocerques (poissons), 28.
 Homogènes (roches), 136.
Hornblendschiefer, 323.
 Houille, 128, 211, 215, 215, 217.
 — artificielle, 251.
 — éclatante 212.
 — incombustible, 212.
 Houillères (cause de l'inflammation spontanéée des), 245.
Hippurites (Zool.), 77.
 Huile de pierre, 203.
 — de schiste, 358.
 Huîtres (Zool.), 91.
 Hyalomiete, 372.
 Hyalotourmalite, 365.
Hylesaurus (Zool.), 64, 67.
Hymenocharis (Zool.), 21.
 Hypérite, 522, 586.
Hypersteinfels, 586.
 Hypersthénite, 522, 586.

I

Ichthyodorulithe, 27,
Ichthyosaurus (Zool.), 54.
 If (Bot.), 83.
Iguanodon (Zool.), 69.
 Ilicinées (Bot.), 97.
 Incandescence du Cotopaxi, 115.
 Incrustation par les sources thermales, 117
 Individus lithologiques, 144.
 — minéralogiques, 157.
 Infralias, 55.
 Infusoires du tripoli, 275.
Inoceramus (Zool.), 76.
Isoctites brunii (Bot.), 96.
 Isthmes, leur percement, 159.
 Itabirite, 562.
 Itacolumite, 260.
 Ivoire du Mammoth, 108.

J

Jade, 299.
 — de Saussure, 500, 524.
 — orientale 500, 524.
 Jais, 220.
 Jaspe, 568.
 Jayet, 220.
 Juglandées (Bot.), 97.

Jupiter (satellites de), 5.
Jurassique, (terrain), 62.

K

Kalkglimmerschiefer, 411.
Kalkstein, 331.
Kalithonschiefer, 411.
Kaolin, 311, 345.
Karabé de Sodome, 309.
Karsténite, 351.
Kéralite, 397-398.
Kersantite, 399.
Kersanton, 399.
Kersantonite, 399.
Kieselghur, 274.
Kieselmehl, 274.
Kimmeridgienne (assise), 66.
Klebschiefer, 312.
Klingstein, décomposé, 379.
Kohlenblende, 212.
Kupferkiess, 245.
Kupferschiefer, 44.

L

Labrador, 289, 299.
Labradorite, 289, 299, 300.
Labradophyre, terreux, 385.
Labyrinthodon (Zool.), 47.
Laitier, 251.
Lamantin (Zool.), 90.
Lambourde, 336.
Lamellaire (structure), 141.
Lames minces pour étudier les roches au microscope, 166.
Landes, leur fertilisation, 150.
Laurinées (Bot.), 92, 97.
Lavage des sables aurifères, 171.
Lave, 301.
Lavique (terrain), 115, 114.
Légumineuses, (Bot.), 85, 92, 97.
Lehm, 405.
Lepidodendron (Bot.), 52, 40.
Lépidoptères (Zool.), 65.
Lepidostrobos (Bot.), 35.
Lepidotus (Zool.), 57, 70.
Leptynite, 291, 295, 396, 410.
Leptynolithe, 394, 396.
Lettenkohle, 215.
Leucilite, 455.
Leucitgestein, 455.
Leucitophyre, 402-455.
Leucostite, 392.
— décomposée, 301.
Lévigation, 170.

Lévigation aérienne, 171.
Lézard de la Meuse, 74.
Lhercoulite, 400.
Lherzolith, 400.
Lias, 55.
Libellula (Zool.), 57, 65.
Lignite, 91, 220, 225.
Lima gigantea (Zool.), 61.
Limon, 404.
— des fleuves au point de vue agricole, 129.
Limonite, 251.
Limula (Zool.), 42.
Lingula (Zool.), 21.
Lit de boue, 110.
Lit des fleuves, 124.
Lithanthrax, 215.
Litharge, 259.
Litules cornu arictis (Zool.), 24.
Læss, 405.
Luculite, 359.
Ludus, 409.
Lumière polarisée dans la détermination des roches, 166-167.
Luxuliane, 425.
Lycopodiacées, dans le terrain houiller, 58.
Lydienn, 368.
Lydite, 368.

M

Macacus (Zool.), 88.
Macigno, 428.
Macrorhynchus (Zool.), 67.
Magnésie carbonatée, 328.
— native, 328.
Magnésite, 315.
Magneteisen, 247.
Magnétite, 247.
Magnoliacées (Bot.), 97.
Mammouth (âge du), 105.
— de l'Ohio, 90.
Manganèse argentin, 259.
— oxydé métalloïde, 257.
— oxydé noir, 259.
— oxydé terreux, 259.
Manganite, 259.
Marais salants, 280.
— tourbeux du Danemark, 226.
Marbre, 351.
— bleu du Wurtemberg, 351.
— campan, 411.
— cervelas, 411.
— entreciacé, 411.
— élastique, 329.

- Marbre phylladifère**, 411.
 — rouge antique, 411.
 — ruiniforme, 409.
 — sarancolin, 413.
 — serpentineux, 415.
 — vert, 413.
Marcassite, 242.
Marékanite, 298.
Marl, 405.
Marmolite, 516.
Marnage, 357.
Marne, 404.
 — azurine, 254.
 — endurcie, 409.
 — irisées, 46.
Marnolite, 409-410.
Masegna, 295.
Mastodon (Zool.), 88, 91.
 — *angustidens* (Zool.), 85.
 — *tapirovdes*, 85.
Matériaux solides lancés par les volcans, 115.
Meerschbaum, 515.
Megalosaurus (Zool.), 69.
Megatherium (Zool.), 109.
Melania (Zool.), 70.
Mélaphyre, 580.
 — grenu, 452.
Ménilite, 274.
Mentenspath, 524.
Mer, son action démolissante, 124.
 — à la surface de la terre primitive (condensation des), 6.
Mergel, 405.
Mergelschiefer, 404.
Mesopithecus pentelici (Zool.), 87.
Mesure de l'angle de polarisation comme procédé de détermination des minéraux, 167.
Métamorphiques (roches), 141.
Métamorphisme, 116.
Métaxite, 569, 570.
Météorites; éclairant la nature des roches profondes, 14.
Méthode dichotomique en histoire naturelle, 175.
 — pour la détermination des roches, 176.
 — graphique de séparation des minéraux, 175.
Meules de moulin, 275.
Meulière, 260-266.
Macline, 405.
Mica, 507.
Micacite, 573.
 — staurotidien, 404.
Micalcine, 414.
Micalcite, 411.
Micaschiste, 13, 16, 372, 373.
 — avec staurotide, 404.
Micaslate, 575.
Microlestes antiquus (Zool.), 51.
Miémite, 529.
Mill stone gritt, 55, 55, 570.
Mimophyre, 414.
 — quartzeux, 367.
Mimose, 578.
Mimosite, 578-582.
Mine d'acier, 217-524.
 — de cuivre jaune, 215.
 — de fer bleu, 505.
 — en grains, 251.
 — de plomb, 199.
Mineral de fer, 251.
 — des marais, 251.
Minéraux (distinction d'avec les roches), 154.
 — accidentels, 149.
 — essentiels, 149.
Minette, 597.
Miocène (terrain), 79, 84.
Miroir des Incas, 298.
Mistral, 151.
Mixte (voie), 140.
Mode de formation des roches, 156-110-146.
Molasse, 574, 429.
Monas Dunali, 279.
Montagnes (formation des chaînes de), 119.
 — (perçement des), 150.
Monzonite, 429.
Monzonienit, 450.
Moraine latérale, 102.
 — médiane, 105.
 — superficielle, 105.
 — profonde, 105.
Morasterz, 251.
Mosasaurus camperi (Zool.), 71, 72, 75, 74.
Moulage de la glace, 101.
Mountains limestone, 54.
Mouvement de flot comme procédé de séparation de minéraux, 171.
Murchissonien (étage), 26.
Muriacite, 551.
Muschelkalk, 46.
Myllodon (Zool.), 109.
Myophoria (Zool.), 55.
Myriophyllites capillifolius (Bot.), 91.
Myrtacées (Bot.), 97.

N

Nagelfluë, 375.
 Naïadées (Bot.), 68, 83.
 Nansoutine, 389.
 Naphte, 203.
 Naphtoschiste, 557.
 Natron, 359.
Nautilus (Zool.), 63.
 Nébuleuses, 2, 5.
 Nécolithe, 295.
 Neige (transformation de la) en glace, 99.
 Nenro, 295.
 Néocomien (terrain), 68.
 Néphéline, 454.
 Néphélinophyre, 402.
 Néphrite, 300.
 Neptuniennes (roches), 140.
 Névé, 99.
Nevropteris (Bot.), 40.
 Newkirkite, 259.
 Nitratine, 545.
 Nitre d'Hérodoté, 340.
 Nivellement général, vers lequel le globe paraît tendre par divers procédés, 124.
Nöggerathia (Bot.), 45.
Nothosaurus (Zool.), 51.
 Novaculite, 310.
 Noyer (Bot.), 85.
Nummulites (Zool.), 82.
Nymphæa clattinæ (Bot.), 91.

O

Obsidian, 298.
 Obsidienne, 291, 298.
 — scoriforme, 297.
 Océans, courants qu'on y observe, 126.
 — comblement progressif, 124.
 Ocre jaune, 251.
 — rouge, 249.
 Odeur des roches par les acides, 169.
 Œtite, 251.
 Œufs d'épiornis, 109.
Ogygia (Zool.), 24.
 Oiseaux quaternaires, 109.
Oldhamia (Zool.), 20.
Old red sandstone, 28.
 Oléacées (Bot.), 97.
 Oligiste, 249
Oligonspath, 524.
 Oligoklase, 289, 302.
Olivinfels, 362.
Omphaxifels, 376.
Onchus (Zool.), 26.

Oolithe (grande), 62.
 — inférieure, 62.
 — moyenne, 64.
 — supérieure, 66.
 Opale, 274.
 Ophicalce, 412-415.
 Ophiolithe, 316.
 Ophite de Palasson, 589.
 Ophitone, 452.
Ornithichnites (Zool.), 46.
Orthocératites (Zool.), 54.
 Orthoklase, 291.
 Orme (Bot.), 83, 92.
 Ortophyre altéré, 294.
 Orthose, 288, 291.
 Os brisés de l'âge du renne, 106.
 — fendus en long à l'époque pliocène, 94.
 — striés par l'homme à l'époque pliocène, 93.
 Oscillation lente de l'écorce terrestre, 119-125.
Ostrea deltoïdea (Zool.), 67.
 — *longirostris*, 91, 239.
 — *virgula*, 68.
 Ours des cavernes, 105, 106, 108.
 Oursins (Zool.), 65, 91.
Oxford clay, 64.
 Oxyde anhydre de fer, 246.
 — de manganèse stratiforme, 257.
 — hydraté d'aluminium, 277.
 — hydraté de silicium, 274.

P

Pagodite, 301.
 Palaïopêtre, 395.
Palapterix (Zool.), 110.
 Palmier (Bot.), 66, 79, 83, 92.
 — marin (Zool.), 49.
Palæoniscus (Zool.), 42.
Palæotherium (Zool.), 80.
Paludina (Zool.), 70.
 Panchina, 356.
 Pandanées (Bot.), 64.
Paradoxydes (Zool.), 24.
Paulitsfels, 322, 586.
Pearlstone, 393.
Pechkohle, 209.
Pechstein, 306.
 Pegmatite, 300, 364, 416.
Pentacrinus bollensis ou *briareus* (Zool.), 61.
Pentamerus knightii (Zool.), 27.
 Pépérine, 583.
Peperino, 585.

- Pépérite, 585.
 Père au bœuf, 89, 90.
 Périidotite, 431.
 Perlaire, 595.
 Perlite, 592-595.
Perlstein, 595
 Permien (terrain), 45.
Perna muletti (Zool.), 70.
 Peroxyde de manganèse, 257.
 Petit granite (marbre), 55.
Petrol, 205.
 Pétrole, 205.
 Pétrosilex, 291.
 Petunzé, 565.
Phacops (Zool.), 51.
 Phanérogènes (roches), 157.
Phascolotherium (Zool.), 62.
Phonicites (Bot.), 91.
Pholadomya (Zool.), 68.
 Phonolithe, 592.
 — décomposée, 501, 579.
 Phosphorite, 549.
 Phtanite, 568.
 Phyllade, 509.
 — alunifère, 555.
 — maclifère, 403.
 — porphyroïde, 594.
 Physiologie de la terre, 121.
 Phytogène (structure), 142.
Phytosaurus (Zool.), 51.
Pichstone, 209.
Piconieri, 255.
 Pierre d'aimant, 247.
 — d'alun, 546.
 — à bâtir, 551.
 — de Bologne, 549.
 — à brunir, 251.
 — de Cassin, 555.
 — à chaud, 551.
 — à détacher, 511.
 — à fusil, 260, 275.
 — d'Italie, 556.
 — à Jésus, 552.
 — de Kœnigswinter, 297.
 — de liais, 556.
 — lithographique, 551.
 — à meule, 260.
 — noire à dessiner, 56
 — ollaire, 505, 506, 518.
 — à plâtre, 552.
 — ponce, 297.
 — de porc, 559.
 — puante, 549.
 — de roche, 556.
 — de touche, 568.
 — de tripes, 551.
Pietra forte, 429.
 Pin (Bot.), 85.
 Pince pour les essais au chalumeau, 168.
Pinites (Bot.), 97.
 Pisasphalte, 209.
 Pisolithique (structure), 142.
 Pissasphalte, 209-210.
Pistazite rock, 290.
Pistazifels, 290.
Placodus (Zool.), 47.
 Placoides (poisson), leurs caractères généraux, 26.
 Planètes, 5.
 Plasticité de la glace, 101.
Platemys (Zool.), 67.
 Plâtre, 554.
 Plâtre, 555.
Plesiosaurus (Zool.), 55, 67.
 Pleuronectes (Zool.), 82.
Pleurotomaria (Zool.), 55.
 Pliocène (terrain), 79, 92.
Pliopilhecus antiquus (Zool.), 85.
 Plissement des couches de houille, 57.
 Plomb sulfuré, 257.
 Plombagine, 199.
 — charbonneuse, 212.
 Pluie, son rôle géologique, 122.
Plumbago, 199.
Podocarpus (Bot.), 91.
 Pogonite, 595.
 Poissons pliocènes, 96.
 Poix minérale, 209.
 Poches à pétrole, 205.
Pœcilopleuron (Zool.), 67.
 Poëles à faire cristalliser le sel, 281.
 Poli comme procédé de détermination, 161.
Polirschiefer, 274.
 Polissage des roches par les glaciers, 102.
Polypes (Zool.), 66.
 Pomacées (Bot.), 97.
 Ponce, 291, 297.
 Porphyre argiloïde, 294.
 — brun, 295.
 — feldspathique non quartzifère, 292.
 — feldspathique quartzifère, 565.
 — noir, 580.
 — pyroxénique, 580.
 — régénéré, 567.
 — rouge antique, 295.
 — syénitique, 292.
 — de Ternuay, 452.
 — vert antique, 580.
 Porphyrique (structure), 141.
 Porphyrite, 291, 292.
 Porphyroïde (structure), 141.
 — (terrain), 115.

Portland (assise de), 66.
Potamogeton (Bot.), 85, 96.
 Poudingiforme (structure), 142.
 Poudingue polygénique, 457.
 — quartzeux, 261.
 Pouzzolane, 584.
 Prêles (Bot.), 40.
 Proboscidiens (Zool.), 90.
Productus (Zool.), 55, 41, 44.
 Produits de la distillation du pétrole, 207.
 Protéacées (Bot.), tertiaire, 85.
 Protéolite, 595.
 Protocalcite, 415.
 Protogine, 425.
 Psammite, 569, 570, 414.
 — granitoïde, 567.
 Pséphite, 457.
 Pséphitique (structure), 142.
 Pseudo-galène, 240.
 Pseudosyénite, 450.
 Psilomélane, 257.
Pterichthys (Zool.), 28, 29.
Pterodactylus (Zool.), 56.
Pterygotus (Zool.), 29.
Ptychodus (Zool.), 75.
 Puits artésiens, 10, 130, 151.
 Pulvérisation des roches, 171.
Pumex, 297.
Pumice, 297.
 Pumite, 291, 297.
 Purbeck (assise de), 66.
 Pygidium ou abdomen des trilobites, 25.
 Pyrite, 241.
 — aurifère, 245.
 — cuivreuse, 245.
 — magnétique, 244.
 Pyrogènes (roches), 140.
 Pyrolusite, 257.
 Pyromaque, 260.
 Pyroméride, 565.
 Pyroschiste, 357.
 Pyroxène, 520.
 — lherzolithe, 400.
 — en roche, 400.
 Pyroxénite, 520-400.
 Pyrrhotine, 242-244.

Q

Quaternaire (période), 97.
 Quartz, 260.
 — artificiel, 265.
 — éruptif, 265.
 — jaspe, 568.
 — Lydien, 368.
 — résinite, 274.

— tourmalinifère, 565.
Quartzfels, 261.
 Quarzite, 260-272.
 — sidérocriste, 562.
 Quartzmatite, 564.
Quartz porphyr, 565.
Quartz rock, 261.
Quellerz, 251.
Quercus (Bot.), 97.

R

Ramphorynchus (Zool.), 64.
 Randanite, 271.
Rapilli, 297.
 Rappakiwi, 424.
 Ratofkite, 287.
 Refroidissement du globe à l'époque quaternaire (cause du), 104.
 Regel, 101.
 Rejet des couches stratifiées par les filons, 112.
 Renne (âge dû), 105.
 Renslaérite, 516.
 Réseau pentagonal, 120.
 Résinite, 274.
 Rétinite, 505-506.
Radiolites (Zool.), 77.
 Rhamnées (Bot.), 97.
Rhinocéros (Zool.), 92.
 — *brachyurus*, 85.
 — *leptorhinus*, 225.
 — *tichorhinus*, 94.
 Rhizopodes (Zool.), 78.
Rhynchonella (Zool.), 76.
 Rôle de l'eau dans les éruptions volcaniques, 116.
 Roches (définition des), 155
 — (description des), 199.
 — éruptives, 12, 14.
 — moutonnées, 102.
 — profondes, 14.
 — sédimentaires, 12, 17.
Rocksalt, 278.
Rotheisenstein, 249.
 Rosacées (Bot.), 97.
 Rubiacées (Bot.), tertiaire, 92.
Rudistes (Zool.), leurs caractères généraux, 76.

S

Sables auro-platinifères, 104.
 — inférieurs (étage des), 79.
 — de l'Orléanais, 85.
 — polygénique, 457.

- Sable quartzeux, 261.
 Salamandre d'Eningen (Zool.), 95.
 Étage saliférien, 50.
 Saline, 282.
 Salmare, 278.
Sandstein, 261.
Sandstone, 261.
 Sanguine, 249.
 Santalacées (Bot.), 97.
Sao hirsuta (Zool.), 25.
 Sapidité de certaines roches, 169.
 Sapindacées (Bot.) 85, 97.
 Sapins (Bot.), 83.
 Sapotées (Bot.), 97.
 Saturne (anneaux de), 5.
Saurichthys (Zool.), 52.
 Saussurite, 299, 500.
 Savon de soldat, 311.
Scaphites (Zool.), 76.
Schieferton, 310.
Schillerspath, 521-522.
 Schiste, 509, 510, 570.
 — alunifère, 355.
 — à andalousite, 400.
 — bitumineux, 557.
 — chloriteux, 505.
 — graphique, 356.
 — feuilleté, 309.
 — maclifère, 405.
 — micacé calcaire, 411.
 — novaculaire, 510.
 — tripoléen, 274.
 — vert, 305.
 Schistoïde (structure), 1:2.
Schorlfels, 365.
Schriftgranit, 564.
Schwefel, 253.
Schwefelkiess, 242.
Schwespath, 549.
Schwarzkohle, 215.
 Scorpions (Zool.), 42.
Scutellus subrotunda (Zool.), 91.
 Sédiment (terrains de), 17.
 Sel commun, 278.
 — *fin-fn*, 281.
 — gemme, 278.
 — gemme (extraction), 280.
 — marin, 278.
 — raffiné, 281.
 — rupestre, 278.
 Sélagite, 522, 586, 590.
 Sélénite, 352.
Semnopithecus pentelici (Zool.), 87.
 Semnopithèque (Zool.), 87.
 Séparation des minéraux constituants, 170.
 Sepiolite, 315.
 Septaria, 409.
 Séraphin (Zool.), 30.
 Serpentine, 515, 516.
 — calcarifère, 415.
Shorlrock, 565.
 Sidérose, 524.
 Sidérocriste, 562.
Sieboldia maxima (Zool.), 96.
 — *Davidiana*, 96.
Sigillaria (Bot.), 58.
 Silex, 260.
 — de la craie, 264.
 — résinoïde, 274.
 — taillés dans le miocène, 85, 86.
 — taillés de l'époque pliocène, 94.
 — taillés du diluvium de Picardie, 107.
 — terreux, 274.
 Silurien (terrain), 21.
 — (inférieur), 22.
 — supérieur, 26.
 Sinaïte, 588.
 Singe anthropomorphe, 85.
 Situation géographique des volcans, 116.
Sivatherium (Zool.), 95.
 Smaragdite, 521.
 Smectite, 511.
Smilacites (Bot.), 92.
 Soffionis, 10.
 Soleil (âge relatif du,) de la terre et de la lune, 8.
 Solfatares, 256.
 Solubilité de roche, 169.
 Sombrièreite, 540.
 Soude muriatée, 278.
 — nitratée, 545.
 — sesquicarbonatée, 559.
 Soufrage de la vigne, 257.
 Soufre, 253.
 Sources salées, 280.
 — thermales, 97, 117.
 Soulèvements (cause des), 120, 121.
 Sous-sol, 112.
 Spath calcaire, 551.
 — étincelant, 291.
 — fluor, 287.
 — fossile, 287.
 — fusible, 291.
 — perlé, 529.
 — pesant, 549.
 — sclénite, 552.
 Spérkise, 242.
Spérone, 455.
Sphénoptéris (Bot.), 40, 71.
Sphagnum (Bot.), 227.
 Sphaigne (Bot.) 227.
Sphalacothérium (Zool.), 67.

- Spilite, 581, 585.
Spirifer (Zool.), 55, 41.
Spondilus (Zool.), 76.
 Spongiaires (Zool.), 66, 78.
 Squelettes humains de l'époque quaternaire, 106.
 Staurolite, 404.
 Stéaschiste, 515, 519, 571.
 Stéatite, 571.
Steinhol, 203.
Steinkohle, 213.
Steinsaltz, 278.
Stenorhynchus vetus (Zool.), 71.
Stigmara (Bot.), 58.
 Stigmite, 298-506.
 Stipite, 215.
 Strontiane sulfatée, 550.
 Striage de roche par les pluies, 102.
 Stringocéphale (Zool.), 50.
 Structure de roche, 136-141-147.
 Stuc, 355.
 Styracées (Bot.), 97.
 Subordination des caractères, 147.
Succinum nigrum, 221.
Sulphur, 253.
 Superphosphatisation, 545.
 Surcomposées (roches), 136.
 Surtarbrandur, 221-229.
 Syénite, 575, 588.
 — hypersthénique, 52^a.
 — zirconiennne, 455.
 Syénilite, 416.
Syphonia (Zool.), 78.
 Système solaire, 2.
- T**
- Talcade, 571.
 Talcite, 571.
 — chloritique, 505.
 Talcschiste, 519, 571.
 — cristallifères, 15.
 — (Étage des), 15, 15.
 — phyladiformes, 15.
Talkschiefer, 571.
Taxites (Bot.), 97.
Taxodetes (Bot.), 96.
Tegel, 512.
Telesaurus (Zool.), 62, 67.
Telerpeton (Zool.), 51.
 Téphrine, 501, 402.
 — pyroxénique, 579.
Terebratula (Zool.), 65, 68, 76.
 Térénite, 510.
 Terrains éruptifs, 112.
 — soufrier, 254.
 — subapennin, 92.
- Terrains trachytique, 115.
 — de transport, 97.
 Terre (forme de la), 10.
 — de Chypre, 221.
 — à foulon, 511.
 — glaise, 512.
 — d'ombre, 221.
 — de pipe, 511.
 — à porcelaine, 511.
 — à pot, 512.
 — végétale, 110, 111, 112, 128, 150.
 — verte, 305.
 Terreuse (structure), 142.
 Thallite, 290.
Thon, 512.
Thonschiefer, 510.
Thonporphyr, 294.
Thuya (Bot.), 85.
Thuyozylon (Bot.), 96.
Thylacotherium (Zool.), 62.
 Thymélées (Bot.), 97.
 Tiliacées (Bot.), 97.
Toadstone, 580.
Topfstein, 505, 506.
 Torrents des montagnes, 124.
Torf, 224.
 Tortues (Zool.), 67.
 Tourbage, 227.
 Tourbe, 211-224.
 Tourbières, 128, 225.
 Tourmalinite, 565.
 Trachydiorite, 295, 575, 591.
 Trachydolélite, 295, 575, 588.
 Trachyte, 291, 295, 501, 579.
 — filamenteux, 297.
 — obsidienne, 298.
 — ponce, 297.
 Transition entre les types de roches, 141.
 — entre les groupes de roches, 145.
 Trapp, 578, 582, 590, 405.
 — porphyrique, 580.
 Trappite, 578-590.
 Trass, 501, 579.
 Traumate, 570.
 Travertin, 551.
 Tremblements de terre, 115.
 Triage des grains de roches d'après leur grosseur, 171.
Trigonia (Zool.), 65.
Trigonocarpon (Bot.), 40.
Trilobites (Zool.), leurs caractères généraux, 22.
Trionyx (Zool.), 71.
 Tripoli, 128-274-275.
Trippel, 274.
Trochites (Zool.), 48.

Trona, 539.

Tuf basaltique, 583.

— calcaire, 336.

— ponceux, 297.

— siliceux, 274.

— sulfureux, 255.

Tuffau, 71, 331.

Turf, 224.

Turfa, 224.

Turquoise occidentale, 89.

Turrilites (Zool.), 75.

Tusculite, 402.

Types de roches, 144.

U

Under clay, 59.

Unio (Zool.), 42.

Urao, 539.

Ursus spelæus (Zool.), 106.

V

Vacuolaire (structure), 142.

Vapeur d'eau lancée par les volcans, 115.

Variabilité des caractères des roches, 146.

Variolaire (structure), 142.

Variolique (id.), 142.

Variolite de la Durance, 584.

— du Drac, 581.

Végétaux, comme constructeurs de roches, 128.

Vents réguliers, 127.

Verde di Corsica, 584.

Vert de Suze, 415.

Verre de Moscovie, 307.

— des volcans, 298.

Vie (caractères de la), 122.

— de la terre, 121.

Vis tellurique, 145.

Viscosité de la glace, 100.

Vitreuse (structure), 142.

Vitriolisation, 244.

Voie humide, 140.

— hydrothermale, 140.

— lactée, 5.

— sèche, 140.

Volcaniques (phénomènes), 114-115.

Volcans, 10.

— marins, 116.

Voltzia (Bot.), 50.

Volume des parties individuelles, 166.

Vulpinite, 551.

W

Wacke, 585-429.

Wackite, 429.

Wake, 585.

Wakite, 583.

Walchia (Bot.), 44.

Walkerde, 512.

Walmstedite, 528.

Warwikite, 259.

Weald, 68.

Wealdienne (formation), 68.

Weisstein, 295.

Werkærterthon, 514.

Wetzschiefer, 310.

X

Xiphodon (Zool.), 80.

— *gracile* (Zool.), 81.

Z

Zechstein, 43, 44.

Zeichenschiefer, 556.

Zinc carbonaté, 526.

— sulfuré, 240.

Zinkspath, 526.

Zircosyénite, 455.

Zoogène (structure), 142.

Zostera (Bot.), 68, 85.

Zwittersgestein, 572.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--------------------------------------|---|
| AVERTISSEMENT DE L'ÉDITEUR | 1 |
|--------------------------------------|---|

PREMIÈRE PARTIE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

| | |
|--|----|
| CHAPITRE PREMIER. — Origine et avenir de la terre. | 1 |
| CHAPITRE II. — Structure de la terre | 11 |
| § 1. Assise cristallisée. | 12 |
| Étage des talcschistes | 15 |
| Étage des micaschistes | 16 |
| Étage des gneis | 16 |
| § 2. Terrains de sédiment. | 17 |
| Terrain cumbrien | 20 |
| Terrain silurien | 21 |
| Silurien inférieur. | 22 |
| Silurien supérieur | 26 |
| Terrain devonien | 27 |
| Devonien inférieur | 28 |
| Devonien moyen | 50 |
| Devonien supérieur. | 31 |
| Terrain carbonifère | 33 |
| Calcaire carbonifère. | 33 |
| Millstone grit | 36 |
| Coal measures | 36 |
| Terrain permien | 45 |
| Nouveau grès rouge. | 44 |
| Zechstein | 44 |
| Grès des Vesgrs | 45 |

| | |
|---|-----|
| Terrain du Trias | 46 |
| Étage conchylien | 46 |
| Étage saliférien | 50 |
| Terrain de Lias | 55 |
| Terrain jurassique | 62 |
| Oolithe inférieure | 62 |
| Oolithe moyenne | 64 |
| Oolithe supérieure | 66 |
| Terrain crétacé | 68 |
| Terrain néocomien | 68 |
| Terrain crétacé supérieur | 71 |
| Terrain tertiaire | 79 |
| Terrain éocène | 79 |
| Terrain miocène | 84 |
| Terrain pliocène | 92 |
| Terrain quaternaire | 97 |
| Terre végétale | 110 |
| § 3. Terrains éruptifs | 112 |
| CHAPITRE III. — Vic de la terre | 121 |

DEUXIÈME PARTIE.

LITHOLOGIE PRATIQUE.

| | |
|---|-----|
| CHAPITRE PREMIER. — ÉTUDE GÉNÉRALE DES ROCHES | 155 |
| § 1. Principaux caractères des roches | 156 |
| Caractères relatifs à la composition | 156 |
| Caractères relatifs au gisement | 159 |
| Caractères relatifs au mode de formation | 140 |
| Caractères relatifs à la structure | 141 |
| § 2. Impossibilité d'une classification naturelle en lithologie | 145 |
| Établissement des <i>types</i> de roches | 144 |
| Établissement des <i>groupes</i> de roches | 145 |
| Variabilité des caractères des roches | 146 |
| Nécessité de la subordination des caractères | 147 |
| Minéraux essentiels et minéraux accidentels | 149 |
| § 3. Nouvel arrangement méthodique des roches | 151 |
| CHAPITRE II. — DÉTERMINATION DES ROCHES | 165 |
| § 1. Analyse minéralogique des roches | 165 |
| Procédés de détermination | 165 |
| Procédés de séparation | 170 |
| § 2. Méthode dichotomique pour la détermination des roches | 175 |

| | |
|--|-----|
| CHAPITRE III. — DESCRIPTION DES ROCHES | 499 |
| PREMIÈRE DIVISION : <i>Roches unitaires</i> | 199 |
| 1 ^{re} série : <i>Carbone ; carbures</i> | 199 |
| 2 ^e série : <i>Soufre ; sulfures</i> | 235 |
| 3 ^e série : <i>Oxydes</i> | 247 |
| 4 ^e série : <i>Chlorures</i> | 278 |
| 5 ^e série : <i>Fluorures</i> | 287 |
| 6 ^e série : <i>Silicates</i> | 288 |
| 7 ^e série : <i>Carbonates</i> | 524 |
| 8 ^e série : <i>Phosphates</i> | 540 |
| 9 ^e série : <i>Nitrates</i> | 545 |
| 10 ^e série : <i>Sulfates</i> | 546 |
| DEUXIÈME DIVISION. — <i>Roches binaires</i> | 355 |
| 11 ^e série : <i>Carbone ou carbure et silicate</i> | 355 |
| 12 ^e série : <i>Carbone ou carbure et carbonate</i> | 359 |
| 13 ^e série : <i>Deux oxydes</i> | 360 |
| 14 ^e série : <i>Oxyde et silicate</i> | 362 |
| 15 ^e série : <i>Oxyde et carbonate</i> | 374 |
| 16 ^e série : <i>Deux silicates</i> | 375 |
| 17 ^e série : <i>Silicate et carbonate</i> | 404 |
| TROISIÈME DIVISION. — <i>Roches ternaires</i> | 414 |
| 18 ^e série : <i>Un oxyde et deux silicates</i> | 414 |
| 19 ^e série : <i>Un oxyde, un silicate, un carbonate</i> | 428 |
| 20 ^e série : <i>Trois silicates</i> | 429 |
| APPENDICE. — <i>Roches polygéniques</i> | 456 |
| Table explicative des figures intercalées dans le texte | 459 |
| Table alphabétique des matières | 442 |