

002

COURS ÉLÉMENTAIRE
DE
GÉOLOGIE

DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE CLASSIQUE

ET

DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE SPÉCIAL

PAR

M. J. GOSSELET

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LILLE

OUVRAGE ORNÉ DE 166 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

D'UNE CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE ET DE PLUSIEURS COUPES
GÉOLOGIQUES

DIXIÈME ÉDITION

AUTORISÉ PAR M. LE MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE (1881)



sciences de la terre
**BIUS
JUSSIÉU
GADIST**

PARIS

LIBRAIRIE CLASSIQUE EUGÈNE BELIN

V^{UE} EUGÈNE BELIN ET FILS

RUE DE VAUGIRARD, N° 52

1887

B.I.U.S. JUSSIÉU GR



907 024348 3

PPN 111678820

D

Tout exemplaire de cet ouvrage non revêtu de ma griffe
sera réputé contrefait.

Lug. Seign

PRÉFACE

L'enseignement de la géologie dans les établissements d'instruction secondaire présente de grandes difficultés.

On doit parler aux élèves de faits dont ils n'ont aucune idée, d'objets qui leur sont entièrement inconnus, et que souvent même on ne peut leur montrer.

Ils savent grossièrement ce qu'est un animal ou une plante, mais ils ne se doutent pas de ce qu'est un fossile. On peut apporter en classe un poumon, un cœur, des fleurs, des fruits, tandis qu'il faut déranger tous les exercices scolaires pour aller voir une stratification.

Quiconque connaît notre système d'enseignement, qui-conque surtout l'a pratiqué, sait combien il y a de difficultés à conduire les élèves en excursion géologique. Néanmoins les excursions sont aussi nécessaires pour apprendre la géologie que les expériences pour apprendre la chimie. Le Professeur aura donc à entretenir particulièrement ses élèves des terrains qu'il pourra leur montrer; il devra faire de la science locale et dans cette partie essentielle de son cours, aucun livre ne pourra le suppléer.

Aussi j'ai jugé inutile d'entrer dans de grands détails sur les terrains. J'ai voulu simplement tracer un cadre que le professeur élargira dans certains points pour le rétrécir dans d'autres.

Dans le même ordre d'idées, j'ai supprimé les longues énumérations de fossiles que l'élève ne peut pas retenir, parce que ces mots ne désignent pour lui aucun objet. Je ne cite qu'une ou deux espèces pour chaque division du sol et, presque toutes celles que je nomme, je les figure.

J'ai cherché principalement à faire pénétrer dans l'in-

telligence des élèves l'idée du temps en géologie. J'ai cru que pour mieux y réussir, il fallait comparer les divisions géologiques aux divisions historiques ; de là ces noms de règne que j'accole à ceux du terrain. Ils pourront faire sourire le savant, mais j'espère qu'ils seront utiles aux débutants.

J'ai désiré aussi combattre l'opinion trop générale que l'on se fait de la géologie en la considérant comme une science conjecturale. J'ai tenu à lui restituer son caractère positif, et pour cela à partir des faits pour s'élever aux théories et à ne jamais donner celles-ci que comme des hypothèses plus ou moins probables.

C'est pour cela que j'évite de prendre pour point de départ la chaleur centrale ; c'est pour cela que j'ai exposé la vulcanicité, indépendamment de toute théorie, en ne parlant que des phénomènes éruptifs contemporains et en rapportant ceux des temps géologiques aux époques où ils ont eu lieu ; c'est pour cela que j'ai considéré le métamorphisme en général comme un phénomène actuel basé sur l'expérience et l'observation, reléguant dans un chapitre ultérieur la formation des ardoises, des marbres, des gneiss, et autres roches que l'on explique par le métamorphisme sans que l'on connaisse bien toutes les circonstances qui ont présidé à leur origine ; c'est pour cela que j'insiste sur la comparaison des animaux fossiles avec les êtres actuels. Devrais-je n'obtenir d'autre résultat que de faire disparaître ces opinions trop répandues sur les dimensions exagérées et les formes fantastiques des êtres des temps géologiques, je croirais avoir rendu un service réel à la divulgation de la science.

COURS ÉLÉMENTAIRE DE GÉOLOGIE

LIVRE PREMIER

FORMATION DU SOL

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS.

1. La GÉOLOGIE peut être définie la connaissance du sol et l'histoire de sa formation.

2. Formation successive du sol. — Le sol a été formé peu à peu et pendant une longue suite de périodes ; c'est ce que prouvent les plus simples observations.

Lorsqu'on creuse une fosse pour extraire de la houille dans les environs de Valenciennes (fig. 1), on rencontre d'abord la marne blanche ou craie, puis d'autres bancs de marne plus argileuse, remplie de silex irréguliers que les ouvriers nomment *cornus* ; au-dessous viennent des argiles appelées *dièves*, puis le *tourtia* et le terrain carbonifère. Le *tourtia* est une agglomération de petits cailloux arrondis et de fragments de

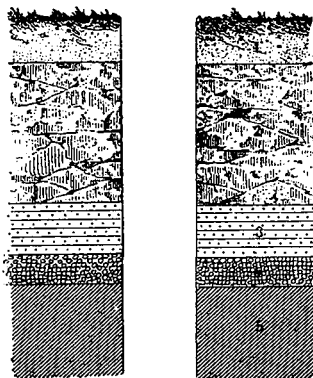


Fig. 1. — Coupé d'une fosse houillère des environs de Valenciennes.

1. Limon et sable tertiaire. — 2. Craie avec *cornus* à la base. — 3. Dièves. — 4. Tourtia. — 5. Schistes houillers.

coquillages marins réunis dans une pâte argilo-calcaire. Ces cailloux roulés du tourtia proviennent des roches carbonifères; et leur ressemblance avec les galets qui couvrent certaines plages montre qu'ils ont une origine analogue; donc ils ont été roulés par les vagues.

Ainsi à l'époque où le tourtia se formait, les environs de Valenciennes constituaient la plage d'une mer où s'accumulait une boue calcaire mêlée de galets et de coquillages. Déjà il existait des rivages, des rochers, des ruisseaux qui étaient différents de ceux que nous voyons maintenant dans le même pays, puisqu'on trouve leurs traces à une profondeur de 50 à 100 mètres sous le niveau actuel du sol.

Les dièves, les cornus et la craie qui recouvrent le tourtia renferment comme lui des débris de coquilles marines, et chacun de ces bancs a ses espèces spéciales, qui ne passent pas de l'un dans l'autre. Lorsque ces roches se sont déposées, des animaux différents sont donc venus successivement peupler la mer. Si on songe que depuis les temps historiques, la faune de nos océans, c'est-à-dire l'ensemble des animaux qui y vivent,

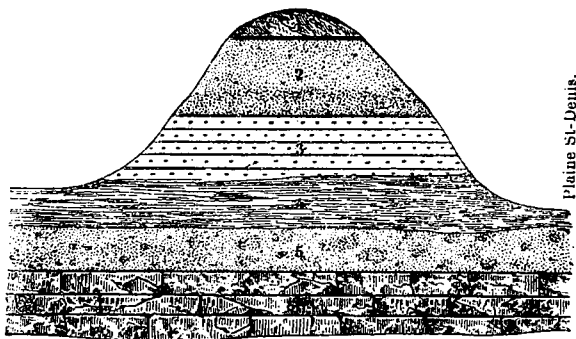


Fig. 2. — Coupe théorique d'une colline des environs de Paris.

1. Couche d'eau douce, meulière. — 2. Sable avec banc d'huîtres à la base. — 3. Gypse. — 4. Marne d'eau douce. — 5. Sable. — 5 bis Calcaire avec coquilles marines.

ne s'est pas modifiée, on en conclura qu'il a fallu un laps de temps très-considérable pour la formation des couches en

question, puisque les faunes ont eu le temps de se renouveler plusieurs fois.

Le sol de la plaine Saint-Denis, au nord de Paris (*fig. 2*), est formé par des marnes remplies de Lymnées et d'autres coquilles qui sont certainement les dépouilles de mollusques semblables à ceux de nos étangs. En creusant, on trouve sous cette marne du sable et du calcaire pétri de coquilles marines. Ainsi, avant de devenir un lac, la plaine Saint-Denis avait été un fond de mer. A mi-côte des collines de Montmorency, de Montmartre, de Sannois, par conséquent à un niveau plus élevé que la plaine, il y a un banc d'huîtres d'origine marine qui a dû se déposer postérieurement à la marne lacustre de la plaine, puisqu'il lui est superposé. Enfin, au sommet de ces collines, on voit une couche avec mollusques d'eau douce. On constate donc qu'aux environs de Paris, les eaux marines et les eaux douces ont occupé plusieurs fois alternativement le pays.

Ces exemples suffisent pour prouver que l'on peut compter plusieurs époques successives dans la formation du sol.

Le but de la géologie est de distinguer ces diverses périodes, de déterminer les phénomènes qui s'y sont produits, et de tracer la géographie de la terre à chacune de ces époques et de reconstituer l'ensemble des êtres animés qui peuplaient alors notre monde.

3. Théorie des causes actuelles. — On doit admettre *a priori*, à moins de preuves contraires, que les causes qui ont amené la formation de ces divers terrains existent et fonctionnent encore actuellement. Il est donc utile de commencer l'étude de la géologie par l'examen des dépôts actuels.

De nos jours le sol s'accroît sous l'influence de deux ordres de causes bien différentes. Des matières fondues sortent des bouches volcaniques et s'amoncellent autour de ces ouvertures ; d'autres matériaux entraînés par les eaux courantes sont portés dans les bassins des mers et dans des lacs où ils se déposent.

Il y a donc deux ordres de formation : les formations ignées et les formations aqueuses.

CHAPITRE II

FORMATIONS AQUEUSES.

4. Circulation de l'eau dans la nature. —

L'eau est dans la nature sous les trois états : solide, liquide, gazeux.

Dans l'atmosphère, elle est en vapeur et sous forme de nuage; elle tombe sur la terre à l'état de rosée, de pluie, de brouillard, de neige ou de grêle. Elle se divise alors en trois parties : la première s'évapore immédiatement et retourne dans l'atmosphère ; la seconde coulant à la surface de la terre se rend par les ruisseaux dans les rivières et dans la mer ; la troisième pénètre dans le sol, alimente les puits et les sources, puis va rejoindre la seconde dans les rivières et dans l'Océan. Quant à l'Océan, ce n'est qu'une immense cuve d'évaporation qui à son tour alimente l'atmosphère. L'eau est donc en circulation continuelle, c'est en quelque sorte le sang de la terre.

5. Nappe aquifère. — La partie des eaux pluviales qui pénètre dans le sol descend jusqu'à ce qu'elle rencontre un niveau imperméable, tel qu'une couche d'argile. Elle forme alors une nappe aquifère dont l'argile est le fond. Une nappe aquifère n'est pas une masse liquide homogène comme une rivière ou un lac. L'eau y est intercalée entre les particules de la roche ou en remplit les fentes. Elle y circule en suivant la pente du fond et avec d'autant plus de rapidité que la roche est plus perméable. Les couches aquifères sont les sables et les calcaires. Dans les sables, l'eau imprègne complètement la roche et filtre entre chaque grain. Quant aux calcaires, ils sont souvent compactes et imperméables; mais alors ils sont toujours fendillés, et l'eau coule à travers les fissures. Lorsque celles-ci sont très-larges, il s'y forme de

véritables ruisseaux souterrains, quelquefois même de petites rivières ; aussi remarque-t-on que les sources célèbres par la quantité de leur débit, telle que la fontaine de Vaucluse, proviennent de calcaires fendillés.

6. Sources. — Lorsque par suite de la dénivellation du sol la nappe aquifère arrive au jour, elle produit une source. C'est ce qui a lieu souvent à mi-côte ou à la base des collines, au niveau des couches d'argile. On comprend sans peine que la source est d'autant plus abondante, que la nappe aquifère s'étend sur une surface plus considérable et peut, par conséquent, recevoir une plus grande quantité de pluie.

7. Puits. — Un puits est un trou que l'on fait pour atteindre une nappe aquifère (fig. 3). Lorsque celle-ci est peu abondante ou que l'eau filtre difficilement, on va jusqu'au fond de la couche perméable et on creuse même dans la couche imperméable une petite cuvette où l'eau peut s'accumuler.

Il arrive quelquefois que l'on traverse la couche imperméable et que l'on arrive à une seconde zone perméable. L'eau de la couche supérieure s'écoule alors dans la couche inférieure. Le puits est devenu un puits absorbant, dit aussi puits perdu.

On trouve fréquemment dans une même région plusieurs nappes aquifères superposées et par conséquent des puits de profondeur différente.

8. Puits artésiens. — Les puits artésiens diffèrent des puits ordinaires, parce que l'eau s'y élève à une hauteur plus grande que celle où on l'atteint. Une nappe aquifère ne peut donner naissance à un puits artésien que si elle est emprisonnée entre deux couches d'argile et si elle affleure à un

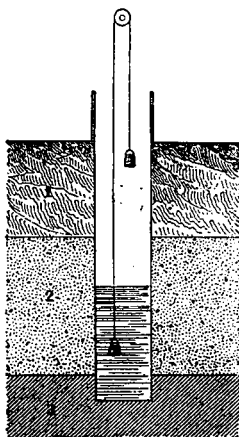


Fig. 3. — Puits ordinaire.

1. Limon. — 2. Sable aquifère perméable. — 3. Argile, couche imperméable.

point plus élevé que celui où on veut construire le puits. Lorsque la différence de niveau de ces deux points est faible, l'eau s'élève simplement dans le puits ; lorsque la différence est plus considérable, elle jaillit au dehors (*fig. 14*).

La nappe aquifère qui alimente les puits de Grenelle et de Passy, à Paris, vient de la Champagne. Elle affleure dans ce pays à un niveau de 130 m. au-dessus de la mer et descend vers l'ouest de manière à atteindre à Paris la profondeur de 548 m. au-dessous du même niveau. A l'ouest, elle se relève de nouveau formant ainsi une cuvette dont Paris est le centre. En Champagne les eaux pluviales et courantes s'infiltrent dans le sable aquifère, suivent la pente vers le centre de la cuvette et s'y accumulent sous une pression

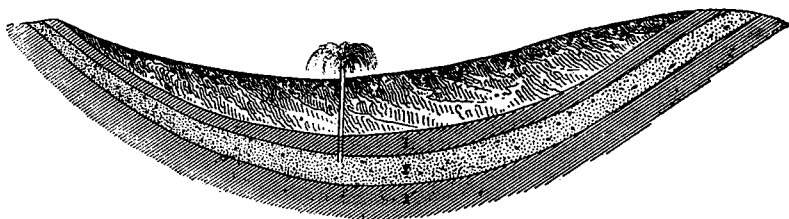


Fig. 4. — Coupe théorique d'un puits artésien.

1 et 1'. Couches imperméables. — 2. Couche perméable aquifère.

considérable. Elles ne peuvent s'épancher en dessus et en dessous puisqu'elles sont emprisonnées entre deux couches d'argile imperméable. Mais si on vient à faire un trou à Paris et à maintenir le passage libre à l'aide de tuyaux de conduite, l'eau montera dans le tuyau et tendra à s'élever à la hauteur où elle est en Champagne ; par conséquent elle jaillira au-dessus du sol, puisque Paris est à une altitude plus basse que la Champagne de 450 m. au moins,

9. Rôle de l'eau dans la formation du sol. —

Le rôle de l'eau dans la formation du sol est double : elle détruit en un point pour édifier sur un autre ; elle arrache à la terre ferme des particules solides qu'elle transporte et dépose

plus loin au fond des mers et des lacs. On doit donc considérer successivement son action destructive et son action édificatrice.

1° *Action destructive de l'eau.*

10. Vapeur atmosphérique. — La vapeur d'eau mélangée à l'air pénètre dans les joints des rochers et jusque dans les pores des pierres. Lorsqu'arrive une gelée la force de dilatation du liquide aggrandit les fentes, sépare les particules et peu à peu finit par désagréger la roche. Beaucoup de pierres ne peuvent être employées dans les constructions parce

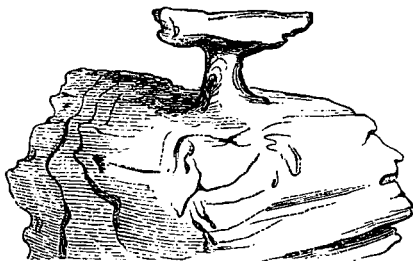


Fig. 5. — La table du Diable à St-Mihiel.

qu'elles sont gélives, c'est-à-dire qu'elles se fendent et se délitent sous l'influence de la gelée. Si un rocher est formé de couches de cohésion différente, les plus tendres se détruisent plus vite que les autres. Il en résulte des sillons et des étranglements d'autant plus marqués que la différence de dureté des deux parties est plus considérable. C'est une action de ce genre qui a produit la table du Diable à Saint-Mihiel (*fig. 5*). On voit dans le voisinage d'autres rochers dont la désagrégation est moins avancée, mais qui sont destinés à devenir dans quelques siècles autant de tables.

La désagrégation des roches sous l'influence de l'atmosphère s'observe surtout dans les montagnes. Dans ces hautes régions, au milieu du silence de la nuit, on entend souvent

le bruit d'une pierre qui roule après s'être détachée du pied d'un rocher. Quelque temps après, une seconde pierre tombe au même endroit, puis une troisième, et un beau jour le rocher s'éroule avec fracas. Partout au bas des montagnes on trouve un talus d'éboulement que l'eau de pluie pénètre et altère avec facilité.

II. Pluie et eaux courantes. — La pluie en tombant sur un sol meuble en entraîne les particules les plus ténues. Si après un orage on examine dans une sablière la paroi exposée au vent, on la trouve couverte de sillons parallèles qui ont été creusés par le choc des gouttes d'eau. C'est aussi à la même cause que l'on attribue les sillons qui existent à la surface supérieure de la Table du Diable. Partout d'ailleurs la pluie lave le sol et entraîne dans les fonds les particules meubles qui recouvrent les lieux élevés. On peut donc dire d'une manière générale que la pluie a pour effet de raboter et d'égaliser la surface de la terre.

Mais son action mécanique serait faible sur les pierres dures, si elle n'était accompagnée d'une action chimique. L'eau de pluie tient en dissolution de l'air relativement riche en oxygène et en acide carbonique; à l'aide de ces deux agents, elle altère presque toutes les roches. Le calcaire ou carbonate de chaux, qui forme une partie importante du sol de nos régions et qui est insoluble dans l'eau pure, se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique. De même le silicate d'alumine et de potasse, qui constitue un des principaux éléments du granite, est transformé par l'acide carbonique en carbonate de potasse, silicate de potasse et silicate d'alumine. Les deux premiers corps sont solubles; ils se dissolvent dans l'eau de pluie, tandis que le troisième est emporté en suspension lorsque l'eau ruisselle à la surface du sol.

Ce n'est pas seulement à la surface que les eaux pluviales exercent leur action dissolvante et oxygénante; celles qui pénètrent dans l'intérieur du sol, oxydent les sulfures et les sels de protoxyde de fer qui y sont contenus, dissolvent les particules de carbonate de chaux interposées dans les sables, élargissent les fentes naturelles des roches calcaires et y

creusent des cavités. On voit fréquemment au milieu des plateaux calcaires des creux en forme d'entonnoirs ou s'engouffrent les ruisseaux. Ces cavités qui sont souvent désignées sous le nom de puisards sont dues aux eaux pluviales. Lorsque, en un point quelconque du plateau et particulièrement dans une légère dépression, où elle arrive avec une certaine abondance, l'eau de pluie chargée d'acide carbonique a rencontré des fentes dans la roche sous-jacente, elle y a pénétré, les a agrandi et peu à peu s'y est creusé un canal souterrain jusqu'à la vallée voisine. Dès que ce canal a été assez grand pour laisser passer un filet d'eau un peu considérable, l'action mécanique du courant s'est ajoutée à l'action dissolvante de l'eau acide, et lentement, la cavité s'est élargie au point de livrer passage à de véritables ruisseaux, quelquefois même à des rivières. C'est de la sorte que se sont creusées un grand nombre de grottes aujourd'hui célèbres. Ainsi la pluie ronge par voie chimique les roches les plus dures et entraîne mécaniquement celles qui sont facilement délayables.

C'est surtout en temps d'orage que son action mécanique est puissante. On voit alors les ruisseaux, changés en torrents, conduire dans les rivières leurs eaux chargées du limon des terres voisines; les petits cailloux sont soulevés et entraînés; les pierres plus volumineuses roulent sur le fond, s'usent l'une contre l'autre et se transforment en galets. On a trouvé expérimentalement qu'après un trajet de 25 kilomètres parcourus avec une vitesse de 1 mètre par seconde, des fragments anguleux de granite sont transformés en galets parfaitement arrondis. L'action des torrents, déjà manifeste dans les plaines est plus puissante encore dans les pays de montagne. On estime que la Durance charrie par an 10 millions de mètres cubes de matières solides, et que dans les grandes crues, le Rhône jette à la mer plus de 5 millions de mètres cubes de limon. On évalue à 1 milliard de mètres cubes la quantité de limon et de sable que le Gange conduit annuellement dans le golfe du Bengale.

12. Mer. — Réunie dans le vaste réservoir des mers l'eau y continue son rôle destructeur. Il suffit d'avoir assisté

à une tempête, d'avoir vu les vagues mugissantes grimper en écumant le long d'une falaise qu'elles semblent vouloir escalader, pour comprendre leur puissance de destruction.

Un fait arrivé aux îles Schetland en 1802 peut donner une idée de la force de la vague, surtout lorsque la marée montante est aidée par un vent violent. Un bloc de granite de 8 m. cubes fut arraché au rocher dans lequel il était en-châssé et porté à 25 m. de distance.

Les falaises rongées sans cesse par la base s'écroulent et leurs fragments brisés, réduits en galets et en sable, ne tardent pas à être entraînés par les flots.

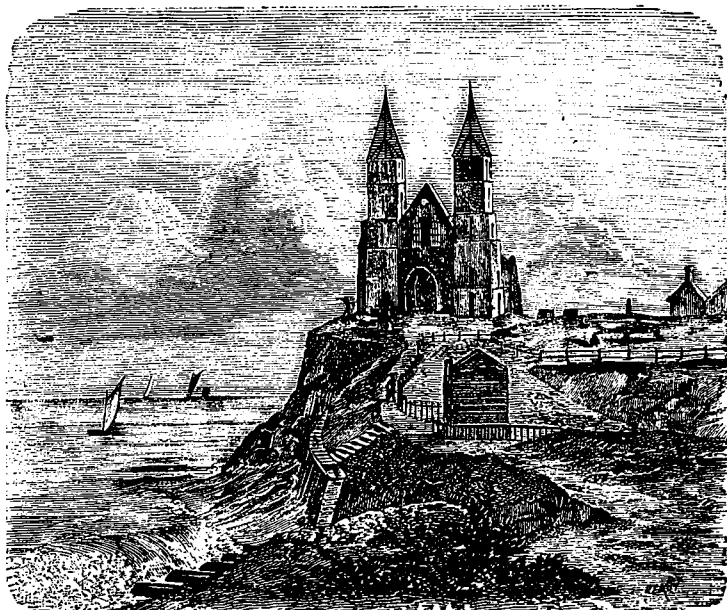


Fig. 6. — Eglise de Reculver depuis 1834.

Le fort de Châtillon fut construit en 1548 par Henri II, près de Boulogne-sur-Mer; il avait 300 m. de largeur et se

trouvait probablement à une certaine distance du rivage; depuis longtemps il n'en reste plus trace, son emplacement même a disparu. La falaise du cap Gris-Nez entre Boulogne et Calais recule de 25 m. par siècle et celle du cap la Hève à l'embouchure de la Seine de 20 m. par an.

Sur le bord d'une falaise argileuse du comté de Kent, on voit l'église aujourd'hui abandonnée de Reculver (fig. 6). En 1781, elle était encore à 1700 m. dans l'intérieur des terres (fig. 7). En 1804, le cimetière qui l'entourait s'écroula avec les maisons voisines. La falaise avait donc reculé de 1700 m. en 23 ans. Depuis lors l'église se serait certainement abîmée dans les flots, si pour conserver les tours qui servaient

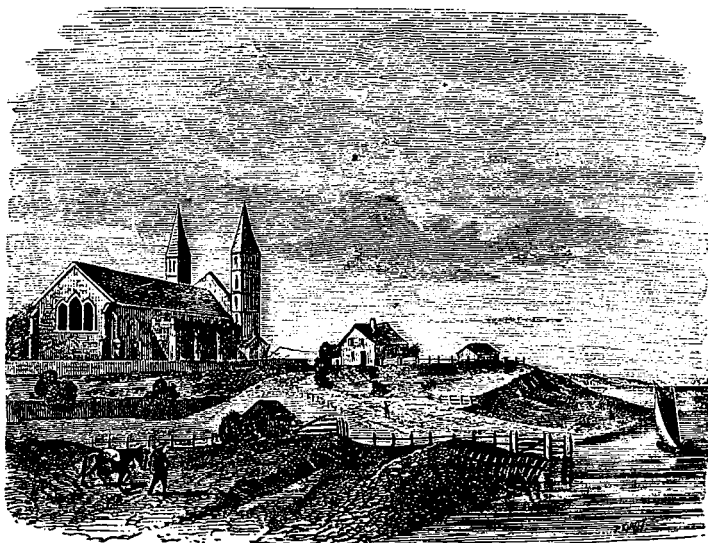


Fig. 7. — Église de Reculver en 1781.

de repère aux marins, on n'eût fait des travaux au pied de la falaise afin d'empêcher la mer de poursuivre ses ravages.

Un des résultats de la corrosion des falaises est de séparer

du continent des îles qui y étaient réunies ou qui en étaient au moins peu distantes.

En 1335, dans le cours d'une discussion entre le seigneur de Pons et Philippe de Valois, cent témoins affirmèrent que du temps de leur enfance, l'île d'Oléron n'était séparée du continent que par un simple fossé que l'on pouvait franchir en s'aidant d'un bâton. Bien que ce témoignage semble contredit par des textes positifs, il montre du moins qu'à cette époque l'île était peu distante du rivage. Au XVIII^e siècle, le détroit donnait accès à des bateaux de 40 tonneaux. En 1813, sa largeur était doublée et le *Régulus* pouvait y passer.

Lorsqu'au milieu d'une roche, il y a des parties plus solides, elles résistent tandis que tout s'écroule autour d'elles.

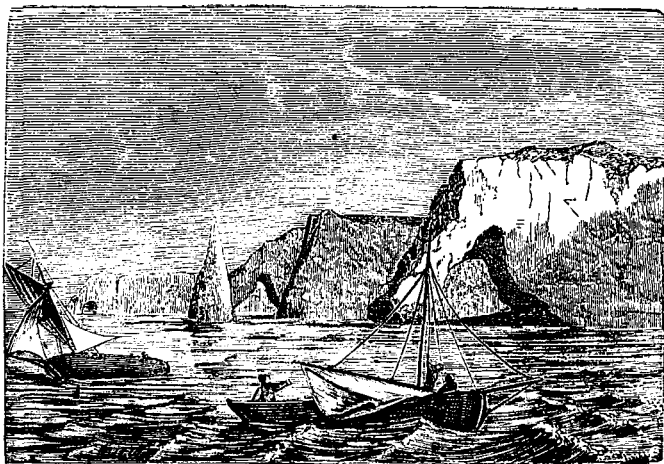


Fig. 8. — Falaises d'Étretat.

C'est de cette manière que se sont produits les piliers de craie qui longent les falaises d'Étretat (fig. 8).

13. Avalanches. — L'eau à l'état solide exerce une action destructive non moins puissante. Lorsque la neige, qui pendant tout l'hiver s'était accumulée sur les montagnes,

vient à fondre sous l'influence des chaleurs de l'été, ce sont généralement les parties les plus basses qui disparaissent les premières. Les autres, se trouvant en surplomb, s'éboulent en entraînant des portions entières de rocher qu'avaient fendillées les alternatives de gelée et de dégel. Ces avalanches sont une cause d'accident non-seulement pour les voyageurs, mais aussi pour les habitants des vallées. Dans bien des circonstances, on a vu des villages entiers ensevelis, des torrents barrés, des vallées fertiles changées en lacs par les pierres entraînées avec les avalanches. Dans certains cols, on est obligé d'abriter les routes en les creusant dans le rocher, pour les préserver de la chute annuelle des avalanches.

14. Neiges éternelles. — A une altitude plus élevée la neige tombe et persiste pendant toute l'année; c'est ce qu'on appelle la région des neiges éternelles. La hauteur où elle commence varie avec la latitude.

	Latitude.	Limite inférieure des neiges éternelles.
Spitzberg.	79°	0
Norwége.	70°	1070 ^m .
Alpes.	45°	2630
Himalaya.	31°	3070
Andes.	0°	4870

15. Glaciers. — La neige éternelle est à un état de sécheresse qui lui donne l'apparence de la poussière. Poussée par le vent, elle s'accumule dans les vallées et tend sans cesse à descendre vers la plaine. Elle arrive ainsi en un point où la chaleur du jour, surtout en été, est suffisante pour la fondre partiellement. L'eau, qui résulte de cette fusion, pénètre dans la masse, regèle pendant la nuit, agrège ensemble les particules de neige et les transforme en glace. C'est un phénomène analogue à celui qui se produit, lorsqu'on presse pendant quelque temps dans les mains une boule de neige. On la voit peu à peu se réduire en un glaçon. La première glace est opaque, remplie de bulles d'air; mais à un niveau plus bas dans la vallée lorsque la fusion des couches super-

ficielles se fait en plus grande abondance par suite de l'accroissement de la température extérieure, l'eau pénètre plus complètement la masse, en chasse l'air et la glace prend une apparence homogène et une couleur azurée qui font l'admiration des touristes. C'est la *Mer de Glace* ou le *Glacier*.

Un glacier peut être comparé à un fleuve solide. Comme le fleuve, il descend vers la plaine avec une vitesse que l'on a estimée pour le glacier de l'Aar à 70 ou 75 m. par an. Comme le fleuve, il se moule dans la vallée, se rétrécissant lorsqu'elle diminue de largeur, s'élargissant lorsqu'elle augmente. Ses affluents sont les petits glaciers que lui amènent les vallées latérales et qui se soudent intimement avec lui.

Dans son mouvement progressif de haut en bas, le glacier finirait par envahir la plaine, si son extrémité inférieure ne fondait au fur et à mesure qu'elle arrive à un niveau plus bas et sous une température plus chaude. C'est pendant l'été et l'automne qu'a lieu surtout la fonte du glacier. Les années où l'été est froid et pluvieux, la fusion est moindre et le glacier avance; dans les années chaudes au contraire, le glacier recule. M. Martens a constaté que pendant les douze années qui ont précédé 1866 le glacier des Bossons, à Chamounix, a reculé de 332 mètres.

Que la fusion soit plus ou moins active, le front d'un glacier donne toujours naissance à une rivière. C'est de la sorte que le Rhin et le Rhône prennent leur source dans les Alpes (*fig. 9*).

16. — Un glacier exerce une action toute spéciale sur les rochers qui l'encaissent. Il les rabote, les use, les polit; il en arrache des fragments qu'il arrendit et qu'il broye. En glissant sur cette couche de galets et de sable imprégnée d'eau, et en la pressant sur la roche sous-jacente, il y burine une foule de stries parallèles dirigées dans le sens même de sa marche. La présence de ces rochers polis et striés suffit pour indiquer l'existence d'anciens glaciers dans les localités d'où ils ont aujourd'hui disparu par suite du changement du climat.

Ce ne sont pas les seules traces qu'un glacier laisse de sa présence. Des blocs plus ou moins volumineux détachés des montagnes voisines par les avalanches, tombent sur ses bords, s'y accumulent et voyagent avec lui. On les nomme *moraines*

latérales. Lorsque deux glaciers se réunissent pour n'en former qu'un, la moraine droite de l'un s'accôle à la moraine

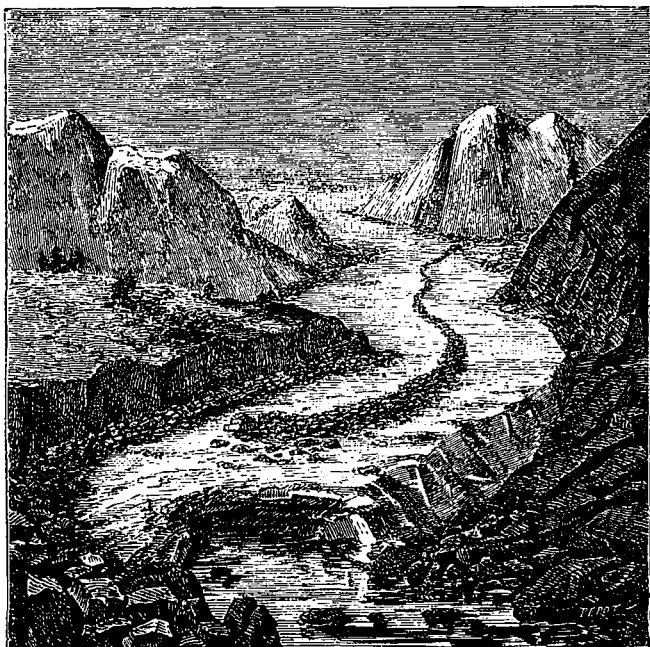


Fig. 9. — Glacier donnant naissance à une rivière. — Moraine centrale.

gauche de l'autre pour constituer une *moraine centrale*. Tous ces blocs sont transportés par le glacier jusqu'au point où il fond ; là, ils tombent sur le sol, en se mélangeant à la boue et aux galets qui constituent la couche profonde ou comme on dit la *moraine profonde*. Cet amas situé en avant du glacier porte le nom de *moraine frontale*. Il forme comme une barre ou une digue qui traverse la vallée et peut également servir de témoin de l'existence d'un ancien glacier aujourd'hui disparu.

17. Glaces flottantes. — Dans les contrées boréales, en Islande, au Spitzberg, au Groënland, etc., les glaciers des-

cident jusqu'au niveau de la mer; ils s'avancent dans l'eau pendant quelque temps, puis se brisent et les parties détachées sont entraînées par les courants comme des îles flottantes (fig. 10). Ces blocs énormes de glace aux formes fantastiques constituent sous le nom de *banquises* un danger permanent pour la navigation dans ces parages. On en rencontre qui ont 70 et même 100 m. de hauteur et la partie qui plonge est trois fois plus grande que celle qui est hors de l'eau.

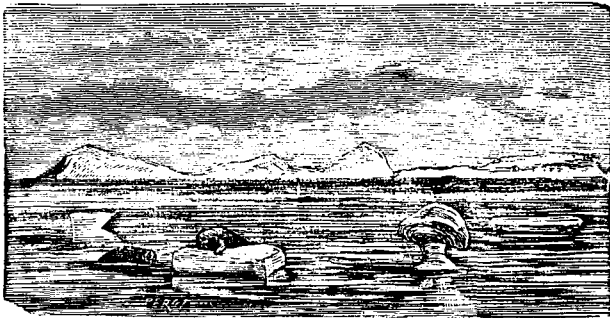


Fig. 10. — Glaces flottantes.

Les moraines des glaciers polaires sont entraînées avec les banquises et lorsque la glace fond, elles tombent au fond de la mer. Mais elles peuvent ainsi être portées très-longtemps sur cette sorte de radeau et aller même atterrir sur une côte lointaine. On trouve sur le rivage de l'Écosse et de l'Angleterre, des blocs de granite qui viennent des Alpes scandinaves, et qui ont été portés sur les Îles Britanniques, à une époque où les glaciers de la Scandinavie avaient pris une grande extension et descendaient jusqu'à la mer.

2° Action edificatrice de l'eau.

18. — Les roches qui se forment sous l'influence de l'eau peuvent se diviser en trois catégories selon qu'elles sont le résultat d'un dépôt mécanique, d'un précipité chimique ou qu'elles doivent leur origine à des êtres organisés.

19. Dépôts mécaniques. — Les dépôts mécaniques

sont dus à l'action d'une rivière, de la mer ou des deux agents réunis.

20. Alluvions fluviales. — Le limon, le sable, les galets entraînés par les rivières au moment des grandes crues, se déposent dès que le cours devient plus tranquille et donnent alors naissance à ce que l'on appelle des *atterrissements* ou *alluvions*. Tels sont les bancs de sable qui se forment soit au milieu du fleuve, soit sur les bords. Dans les rivières à cours sinueux, on remarque que le courant ronge constamment la rive concave pour accroître la rive convexe. La première est formée de rochers plus ou moins escarpés tandis que la seconde disposée en pente douce est composée d'alluvions. Au moment des grandes eaux, la rivière s'élève sur cette plaine jusqu'à une certaine hauteur et lorsqu'elle s'en retire, elle y laisse une couche de sable ou de boue qui augmente d'autant son niveau. Ces terrains d'alluvion sont en général très-fertiles parce que les sédiments charriés par les rivières ont été enlevés par la pluie au sol meuble et cultivé des plateaux. Le limon transporté par la Durance contient autant d'azote que 100,000 tonnes de guano. Aussi, dès que ces terrains ont acquis une certaine hauteur au-dessus du niveau ordinaire du fleuve, l'agriculture s'en empare. Pour les protéger contre les inondations ultérieures, on les entoure de digues. Mais il y a à cela plusieurs inconvénients. En supprimant les inondations, on arrête le colmatage, c'est-à-dire le dépôt de nouveau limon azoté; de plus, lors des grandes crues, si les digues viennent à se rompre, l'inondation est d'autant plus terrible qu'on s'était cru mieux à l'abri. Il arrive même que le dépôt de sédiments ne pouvant plus s'opérer sur les terres inondées, se fasse peu à peu dans le lit même du fleuve dont il relève constamment le fond. Par suite il faut aussi exhausser continuellement les digues et le niveau de la rivière monte de plus en plus au-dessus de la plaine. A Ferrare, le lit du Pô est supérieur au toit des maisons.

Le dépôt des matières tenues en suspension dans l'eau se fait surtout dans les endroits où le courant est faible, dans les points où il y a des remous, ou l'eau tournoie. Si une rivière

vient à rencontrer l'eau tranquille d'un canal, le confluent s'envase. Lorsqu'elle traverse un lac, il se forme un *cône de déjection* au point où la force du courant vient s'éteindre contre la masse d'eau dormante. Le Rhône arrivant dans le lac de Genève chargé de l'énorme quantité de sédiments que lui apportent les glaciers des Alpes, donne naissance à un cône de déjection qui paraît destiné à combler un jour le lac tout entier.

Port-Valais, qui était à l'époque romaine une petite ville située près de l'eau, à l'embouchure de la rivière, en est maintenant distante de 2 k. 1/2. Si on examine la structure de ces cônes d'alluvion, on voit qu'ils sont formés de couches, très-peu inclinées, de sable et d'argile avec coquilles d'eau douce ou terrestres. Par place, on trouve des lits de galets correspondant aux époques où l'action torrentielle avait une plus grande énergie.

Lorsqu'il sort du lac de Genève, le Rhône est parfaitement clair et limpide; mais bientôt il reçoit de nouveaux affluents; les uns, tels que la Saône, lui apportent le limon enlevé aux campagnes du Jura et de la Bourgogne, les autres, comme l'Arve, l'Isère, la Durance, lui amènent tous les torrents du versant occidental des Alpes. De Lyon à la mer le fleuve est trop rapide pour que ces matières puissent se déposer, mais à l'embouchure le courant vient s'arrêter sur les eaux de la Méditerranée et il se fait un cône de déjection comme à l'entrée du lac de Genève.

21. Deltas. — Les eaux boueuses du Rhône forment dans l'azur de la Méditerranée une tache blanche qui a 10 kilomètres de longueur. La quantité de limon qui passe à Arles est annuellement de 20 millions de mètres cubes. A partir d'Arles, le fleuve se divise en plusieurs bras qui se rendent à la mer chacun de leur côté (*fig. 11*). Ils entourent la Camargue, plaine d'alluvion de 74,000 hectares, due tout entière aux apports successifs du fleuve, et dont le niveau ne dépasse guère celui de la Méditerranée; aussi est-on obligé de la protéger par des digues contre les invasions du fleuve et contre celles de la mer. La forme triangulaire de ces plaines d'alluvion formées comme la Camargue à l'embou-

chure des fleuves leur a valu le nom de *Deltas*, de la lettre grecque Δ.

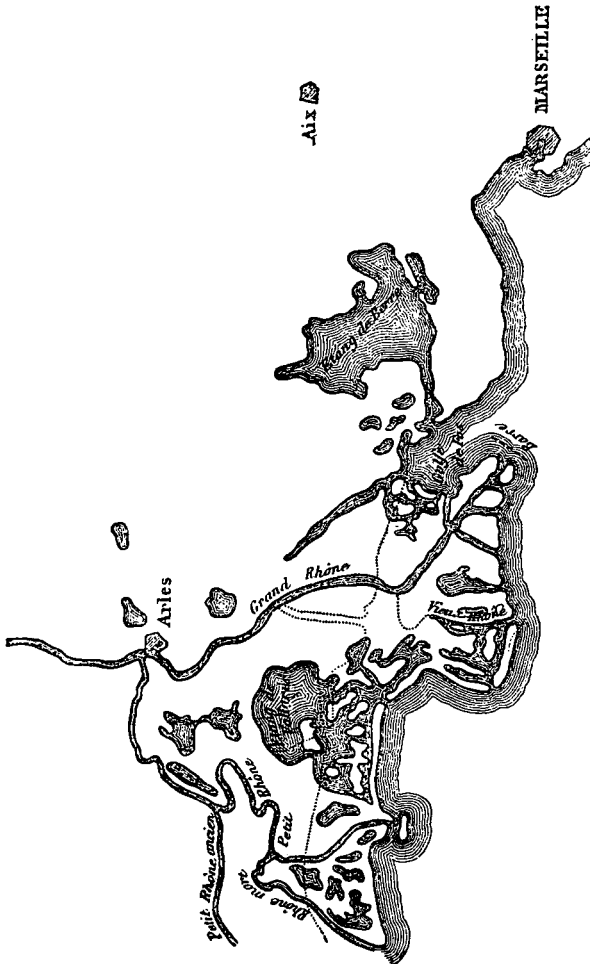


Fig. 11. — Delta du Rhône. — Littoral au IV^e siècle.

La plupart des bras du Rhône sont abandonnés; à lui

seul le grand Rhône livre passage aux quatre cinquièmes de l'eau et charrie environ 17 millions de mètres cubes de sédiments annuels. A son embouchure, il s'est formé un chenal naturel qui conduit le fleuve à une certaine distance dans la mer. Ses rives se prolongent même sous l'eau jusqu'à 500 m. C'est là que se termine véritablement le fleuve; c'est là qu'il dépose en majeure partie les sédiments dont il est chargé. Aussi y a-t-il un haut fond de 1^m50, nommé *barre*. Des deux côtés de la barre du côté de la mer comme en remontant le lit du fleuve la profondeur va en croissant¹.

Les rives du chenal en s'exhaussant par suite des apports continuels encaissent le fleuve, donnent au courant une plus grande force et lui permettent de chasser plus loin la barre. On estime que depuis l'ère chrétienne la barre s'est avancée à raison de 2 kilomètres par siècle. Les progrès du chenal tendent à devenir de plus en plus lents parce qu'à mesure que le fleuve avance vers le large, il doit combler des profondeurs de plus en plus grandes. Depuis les temps anciens, le Rhône est toujours rejeté vers l'Est. Ses petits bras nous représentent d'anciens lits du fleuve qui se sont peu à peu ensablés.

Les grands Deltas se trouvent soit à l'embouchure des grands fleuves dans les contrées chaudes où les orages et les fontes de neige amènent dans les rivières une grande masse de limon, soit dans les mers intérieures où la marée et les courants ne viennent pas entraîner au large les apports du fleuve. Les deltas du Nil, du Gange et du Mississipi en sont des exemples.

22. Sédiments marins. — Une partie du limon amené par les fleuves passe au-dessus du delta et se trouve entraîné par les courants marins avec les particules fines que les flots arrachent aux falaises. Toutes ces matières vont se déposer sous forme de vase dans les eaux calmes et pro-

1. On comprend quelles entraves la barre doit apporter à la navigation; aussi aucun port important n'a pu s'établir sur le Rhône, comme Bordeaux sur la Gironde, Nantes sur la Loire, Rouen sur la Seine. On a cherché, à plusieurs reprises, à construire un canal maritime qui mit le Rhône en communication avec la Méditerranée sans passer par la barre. C'est le but du canal St-Louis.

fondes. Ainsi dans la Méditerranée qui est à l'abri des marées et jouit pendant toute une saison d'un calme remarquable, l'eau des grandes profondeurs est trouble, tellement remplie de vase fine que les mollusques ne peuvent y vivre.

Tantôt ces dépôts de vase sont complètement argileux; d'autres fois, ils contiennent du calcaire entraîné aussi mécaniquement en particules très-fines ou même produit par une précipitation chimique. Ce mélange d'argile et de calcaire porte le nom de *Marne*.

23. — Sur les rivages, les dépôts varient avec la nature de la côte. Lorsque celle-ci est argileuse ou schisteuse, il se dépose de la vase; si la falaise est formée de craie à silex, il se produit à son pied une couche de galets siliceux. Mais ce qui domine en général surtout à un niveau inférieur au balancement des marées, c'est le sable.

Le *Sable* est formé de petits grains de quartz hyalin, mélangés des diverses substances qui se rencontrent dans la constitution géologique de la côte ou qui peuvent être apportées par les fleuves. Ainsi, le sable du littoral breton renferme des grains de feldspath qui proviennent du granite; celui des côtes de Flandre est rempli de grains verts de glauconie (silicate de fer), minéral très-abondant dans les roches de cette région; à l'embouchure de la Loire et du Rhône qui ont traversé les contrées volcaniques du centre de la France, le sable contient du péridot (silicate de magnésie) et du fer titané, deux minéraux essentiels des produits volcaniques de la France centrale.

24. Dunes. — A marée basse, le sable de la côte se meut au moindre vent. Si celui-ci vient du large, le sable est poussé vers l'intérieur des terres et s'y amoncelle en petites éminences appelées *Dunes*. C'est surtout sur la côte de Gascogne, sous l'influence des vents d'ouest, que les dunes ont pris un grand développement. Elles forment depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'à celle de l'Adour une série de collines allongées du nord au sud, dont la hauteur maximum est de 86 à 89 m. Leur pente vers la mer est de 7 à 12°, tandis que celle qui regarde le continent atteint et dépasse même 30° (*fig. 12*).

Les dunes se déplacent en avançant dans l'intérieur des terres. On explique leur mouvement de la manière suivante.

Un grain de sable poussé par le vent monte peu à peu sur la pente douce de la dune et arrive ainsi à son sommet. Là,



Mer.

Fig. 12. — Coupe d'une dune.

Lac.

la moindre brise le jette sur la pente opposée qu'il descend en vertu de son propre poids. Les grains de sable succèdent aux grains de sable et peu à peu chacun des éléments qui constituent la dune, s'est éloigné de la mer de toute la largeur du monticule.

Cette progression des dunes que l'on estime à 20 m. par an pour les Landes de Gascogne est une menace incessante pour les contrées qu'elles avoisinent. Elles ont déjà envahi plusieurs villages et en ont chassé les habitants. Depuis quelques années, on a entrepris de les fixer en plantant des forêts de pin maritime qui arrêtent le vent et de plus forment obstacle à la progression des grains de sable, ceux-ci venant frapper contre le tronc des arbres et tombant au pied sans continuer leur route. Sur le littoral français et belge de la mer du Nord, il y a aussi des dunes que l'on a fixées à l'aide d'herbes appelées *Hoyas*. Ces plantes n'agissent pas comme les pins; elles s'étalent sur le sol et empêchent le sable d'être soulevé par le vent; on estime qu'un pied de hoya fixe un mètre cube de sable. Des événements terribles ont pu faire apprécier leur utilité. C'est pour avoir négligé leur culture et peut-être même pour les avoir détruits afin de se procurer du combustible que les habitants de Vissant ont vu leur ville envahie par les dunes. En une seule nuit de l'année 1738, quarante-trois maisons disparurent sous le sable.

25. — Avant que le rivage de la Gascogne fût couvert de dunes, les cours d'eau qui sillonnaient la plaine de l'Aquitaine, entre la Garonne et l'Adour, se rendaient directement à la

mer. Les dunes sont venues leur barrer le passage ; il s'est alors formé au pied de ces monticules de grands étangs tels que ceux de Cazeau, de Lacanau, de Carcans. Quelquefois la communication s'est établie entre l'étang et la mer par la rupture de la digue de dunes ; c'est ce qui a eu lieu pour le bassin d'Arcachon.

26. — On désigne sous le nom de *cordons littoraux* des sortes de dunes très-basses formées de galets qui ont été poussés et amoncelés non plus par la force du vent, mais par celle des vagues. Ils séparent souvent aussi de la mer des étangs d'eau saumâtre.

27. Roches sédimentaires formées par dépôts mécaniques. — Les principales roches déposées mécaniquement par l'eau sont l'argile, la marne, le sable et les galets.

28.—L'**Argile** est une roche homogène composée de silice d'alumine et d'eau. Le type en est l'argile plastique qui, lorsqu'elle est humide est douce au toucher, fait pâte avec l'eau, peut se modeler et forme la base de toutes les poteries. Lorsqu'elle se dessèche, elle se fendille. Par cuisson, elle acquiert une grande dureté et arrive même à faire feu au briquet. Si elle est pure, elle résiste sans se fondre aux températures les plus élevées ; on dit alors qu'elle est *réfractaire*.

L'argile est fréquemment colorée en jaune ou en rouge par de l'oxyde de fer. Lorsque la matière colorante est très-abondante, on s'en sert en peinture sous les noms d'*ocres*, de *terre de Sienne*, *terre de Lemnos*, etc.

La *terre à foulon* ou *smectique*, est une variété d'argile, magnésienne et plus riche en silice que l'argile plastique. Elle se délaye dans l'eau sans faire pâte. On l'emploie pour le dégraissage des draps et autres étoffes de laine.

29. — La **Marne** est un mélange d'argile et de calcaire ; elle présente plus ou moins de dureté ou de plasticité selon que domine l'un ou l'autre de ces deux éléments. Elle est employée en agriculture pour amender les terres.

30.—Le **Sable** est formé de grains de quartz hyalin de forme irrégulière, mais tous de même grosseur pour une même couche. Il est souvent mélangé de paillettes de mica, qui brillent

au soleil comme de l'or; ou de grains verts de glauconie. Fréquemment il est coloré en jaune par de l'oxyde de fer. Le sable sert pour polir le marbre et pour faire du mortier. Lorsqu'il est blanc et pur, on l'emploie pour fournir la silice du verre.

31. — Le **Grès** n'est pas autre chose que du sable dont les grains ont été réunis par un ciment calcaire, ferrugineux ou siliceux. Les grés à ciment siliceux sont plus durs, plus homogènes et préférés aux autres pour paver.

32. — Les **Galets** sont des cailloux arrondis qui ont été roulés par les rivières ou par les vagues. Quand ils sont agglutinés par un ciment calcaire ou siliceux, ils constituent une roche solide appelée *Poudingue*.

33. Dépôts chimiques. — Eaux minérales. — Certaines sources, surtout dans les pays de montagne sont chargées de matières minérales, parce qu'elles ont reçu dans leur trajet souterrain des émanations de nature volcanique. Elles ont généralement une température élevée; ainsi la source de Chaudesaigues en Auvergne est à 80°, et les eaux sulfureuses de Barrèges ont 60 à 70°.

Il est encore d'autres eaux minérales : ce sont celles qui sans recevoir d'émanations internes dissolvent les principes solubles des couches aquifères qui les contiennent. En Lorraine, où il y a des dépôts puissants de sel gemme beaucoup de sources sont salées. Les eaux des puits de Paris contiennent du sulfate de chaux, parce qu'elles ont filtré à travers les couches de pierre à plâtre de Belleville et de Montmartre. Celles de la Champagne, où le sol est crayeux, renferment du carbonate de chaux. Lorsqu'on voit sortir d'une source une eau ocreuse, on peut être certain qu'elle a lavé des couches ferrugineuses et qu'elle s'est chargée d'oxyde de fer.

Quelle que soit l'origine de ces eaux minérales, elles laissent déposer, lorsqu'elles s'évaporent, les matières qu'elles tenaient en dissolution. Telle est l'origine d'une foule de roches qui se sont formées dans les temps géologiques et qui contiennent encore à se produire de nos jours.

Les principales sont : le calcaire, le gypse, le sel gemme, l'oxyde de fer et la silice.

34. Calcaire. — Eaux incrustantes. — Les sources calcaires sont très-nombreuses ; les plus célèbres sont celles de Carlsbad en Allemagne, de Tivoli en Italie, de Saint-Nectaire et de Saint-Allyre en France, dans le département du Puy-de-Dôme. Le carbonate de chaux qui est tenu en dissolution dans l'eau à la faveur d'une certaine quantité d'acide carbonique se dépose dès que ce gaz se dégage, c'est-à-dire au sortir de la source et encroûte les parois du ruisseau et les objets qu'on y dépose, comme des nids, des œufs, des animaux empaillés, des paniers tressés, etc. C'est ainsi que se forment les prétendues *pétrifications*, nom vicieux, car la matière organique n'est pas pétrifiée, elle est simplement recouverte d'une couche pierreuse.

Les grains de sable qui sont soulevés par le bouillonnement de la source ou entraînés par le courant, sont aussi recouverts d'une petite couche calcaire, puis d'une seconde, d'une troisième, et ils grossissent ainsi peu à peu par un procédé analogue à celui qu'emploient les confiseurs pour fabriquer les dragées. Si on les casse, on voit nettement le grain de sable entouré d'une enveloppe de couches calcaires concentriques. Ces petits corps qui atteignent la grosseur d'un pois et se nomment par cette raison *pisolithes*, cessent de grossir lorsqu'ils sont devenus assez lourds pour ne pouvoir plus être tenus en suspension. Ils restent alors au fond et sont reliés les uns aux autres par le calcaire qui s'y dépose.

35. — Aux bains d'Hamam-Meskhoutin, dans la province de Constantine, il y a des sources abondantes à une température de 76°. Les eaux sont chargées de carbonate de chaux. « Dès qu'elles se sont fait une issue en perçant le sol, elles déposent autour d'elle le calcaire dont elles sont surchargées, et forment ainsi une vaste chaudière dans laquelle on les voit bouillir et dont les bords s'élèvent constamment par de nouveaux dépôts. Il se forme ainsi un cône qui arrive jusqu'à 25 et même 30 pieds de hauteur. L'eau ne pouvant pas s'élever davantage est forcée alors de chercher une autre issue et d'élever un nouveau cône. C'est ce qui fait qu'il en existe une multitude aujourd'hui; cependant il en est peu qui soient en construction ; presque toute la source s'est réunie sur un

point ; de là elle retombe par une suite de belles cascades sur les gradins qu'elle a déposés autour d'elle. »

« De loin les bains d'Hammam-Meskhoutin peuvent se comparer à une ville couverte de minarets ; à mesure qu'on

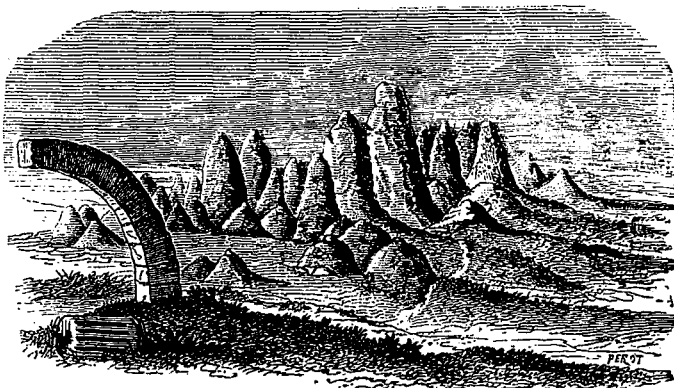


Fig. 13. — Environs des bains d'Hammam-Meskhoutin, près des arceaux romains.

approche on distingue à travers un nuage de vapeur d'eau la belle cascade qui se précipite sur des rochers blancs et roses à travers des arbres recouverts d'incrustations et des ruines romaines ; on entend l'eau bouillonner sous ses pieds et on voit la vapeur s'échapper par toutes les fontes des rochers et répandre au loin une odeur sulfureuse. Comme l'eau se refroidit rapidement en s'éloignant de la source, on trouve à peu de distance beaucoup de poissons ; il est facile d'en prendre, et en les reportant quelques centaines de pas plus haut et les plongeant dans l'eau on les fait cuire immédiatement¹. »

36. — Si les sources incrustantes sont assez rares, presque toutes les eaux renferment en dissolution une petite quantité de carbonate de chaux qu'elles laissent déposer quand elles s'évaporent. La preuve en est, qu'elles encrassent les chaudières des machines à vapeur. Dans le fond des rivières,

¹ Bull. Soc. Géol. de France, XI, p. 130.

des lacs, des mers, il se forme peu à peu par suite d'évaporation spontanée des dépôts de calcaire.

37. — Le **Gypse** ou sulfate de chaux, est une substance peu soluble, qui se précipite une des premières lorsqu'on évapore l'eau de la mer ou des sources salées. Dans la province d'Oran, il y a un grand nombre de dépôts gypseux qui se reliait à d'anciennes sources dont on voit encore les orifices.

38. — Le **Sel gemme** est aussi un produit de sources. Il se dépose dans certains lacs salés des pays chauds. Ainsi, en 1844, le lac Zayrès, en Algérie, entièrement desséché, était recouvert d'une couche de 3 à 7 décimètres de sel gemme.

39. — Le **Fer** existe en solution dans beaucoup d'eaux minérales, et s'en précipite à l'état de sesquioxyde hydraté ou de rouille. A la source de Royat, en Auvergne, il y a une piscine romaine où se déposent des masses considérables d'oxyde de fer. Les sels de fer dissous dans l'eau sont souvent absorbés par des êtres vivants d'organisation inférieure. Certains infusoires s'en servent pour construire leur carapace, comme d'autres, du carbonate de chaux. Après la mort de l'animal ces petites carapaces s'amoncellent au fond des ruisseaux et des marais et finissent par produire une couche ferrugineuse. C'est l'origine de beaucoup de taches de rouille que nous remarquons dans nos fossés. En Suède et en Norvège ces petits êtres travaillent avec plus d'activité encore; ils produisent des bancs de minerais qui sont exploités et se renouvellent sans cesse.

40. Silice. — Geysers. — Il est des sources qui tiennent de la silice en dissolution. Les plus curieuses sous ce rapport sont les Geysers d'Islande, situés dans les environs de Skaholt. L'un d'eux, le grand geyser, présente des phénomènes éruptifs très-remarquables (fig. 14). En temps ordinaire, c'est une simple source ayant la forme d'un bassin circulaire situé à l'extrémité d'un cône surbaissé et d'où s'échappent par quelques échancrures des ruisseaux d'eau bouillante.

A certains moments, on entend des bruissements, semblables à de sourdes décharges d'artillerie, le sol tremble, l'eau déborde; il se manifeste à la surface de la source d'é-

normes bouillons, puis des jets d'eau de 2 à 3 mètres et enfin, après quelques instants de repos, le geyser lance dans les airs une immense gerbe de 30 mètres de hauteur. Le

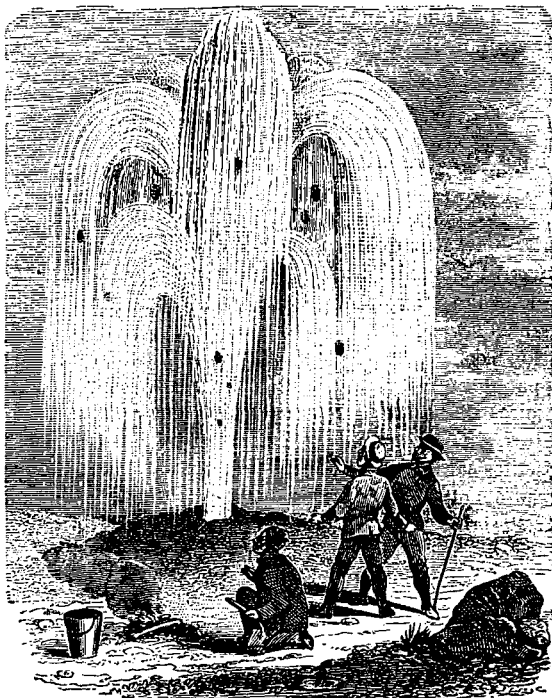


Fig. 14. — Le grand geyser d'Islande

moment d'après, on n'aperçoit plus qu'un nuage de-vapeur blanche planant au-dessus du cône. Puis le bassin, qui s'est entièrement vidé, se remplit peu à peu et se met à couler de nouveau comme une modeste source.

Ces paroxysmes se reproduisent environ toutes les 24 heures, mais il s'en faut qu'ils aient toujours la même puissance. Les voyageurs attendent quelquefois plusieurs semai-

mes avant de pouvoir admirer ce spectacle dans toute sa majesté.

Les cônes d'où sortent les Geysers sont formés par la silice qui se dépose dès que l'eau arrive au jour.

41. Dépôts d'origine organique. — Calcaire coquillier. — La mer est habitée par un nombre immense de mollusques et de coraux qui puisent dans l'Océan et accumulent dans leurs tissus les substances nécessaires à la construction de leurs coquilles. Ils font un choix parmi les matières en dissolution dans l'eau et savent même y trouver des composés que nos moyens perfectionnés d'analyse découvrent avec peine. Ainsi certains madrépores se chargent de fluorure de calcium et de fluorure de magnésium; d'autres absorbent soit du phosphate de magnésie, soit de l'alumine, soit de la silice, presque tous du carbonate de chaux. La plus grande partie des coquilles et des polypiers sont formés de cette dernière substance.

Lorsque ces animaux meurent, leurs dépouilles sont plus ou moins brisées par le mouvement des vagues, mêlées à du sable et cimentées par le précipité chimique qui se fait partout où s'évapore de l'eau naturelle. Il se forme une roche calcaire dure que l'on appelle *calcaire grossier* ou *calcaire coquillier*.

42. Récifs de coraux. — Les coraux, qui se multiplient par bourgeonnement et croissent comme des forêts sous-marines, forment autour de certaines côtes des lignes de récifs qui ont jusqu'à 1 ou 2 kilomètres de largeur, si le rivage est en pente douce, mais qui ne constituent qu'un étroit ruban si le terrain s'enfonce brusquement sous l'eau, car les coralliaires ne peuvent vivre à une profondeur de plus de 30 m. Comme ils meurent dès qu'ils sont exposés à l'air et au soleil, ces récifs ne devraient pas dépasser le niveau de la mer, si la vague poussée par les vents alizés ou par la tempête n'y apportait sans cesse du sable, des fragments de polypiers, du bois flotté, et autres débris qui s'accumulent à la surface du récif.

Dans certains cas, cette ceinture de coraux au lieu d'adhérer au continent, se tient à distance laissant entre elle et la terre

ferme un canal plus ou moins étendu. Ainsi la Nouvelle-Calédonie présente sur sa côte occidentale une barrière de récifs de 140 lieues de longueur dont elle est séparée par un canal de plusieurs kilomètres de large. Beaucoup d'îles de l'Océanie sont dans le même cas (fig. 15).

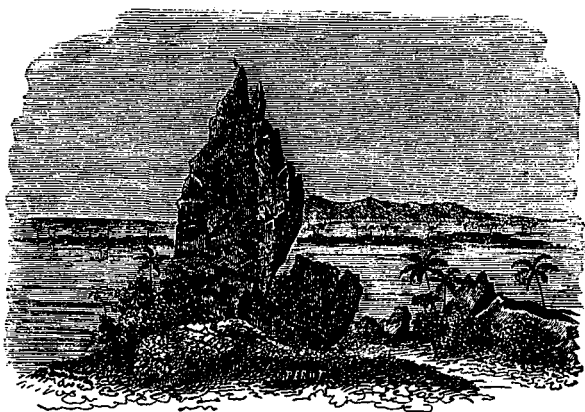


Fig. 15. — Ile de Boràhora entourée d'une ceinture de récifs de coraux.

43. — On nomme *attols* des îles formées uniquement de coraux; au centre est une lagune, tantôt complètement séparée de la mer, tantôt communiquant avec elle par une ou plusieurs ouvertures. Telles sont les îles Pomotou et les îles Basses ou archipel dangereux. Ces îles sont peu élevées; elles ont en général 2 à 4 m. au-dessus des plus hautes marées, cependant certains points peuvent atteindre 14 à 15 mètres. L'île est entourée d'une plage, qui découvre à marée basse, et qui est formée de débris de coraux; au-delà se trouvent des récifs sous-marins constitués par des polypiers vivants et dont la profondeur atteint quelques mètres; puis bientôt à une centaine de mètres de l'île, la profondeur augmente très-rapidement; à 2 kilomètres, la sonde file 2,000 m. sans rencontrer le fond.

La forme particulière de ces îles a longtemps occupé les navigateurs et les naturalistes. On ne peut pas supposer que

les polypiers les aient élevées peu à peu du fond de la mer, puisqu'ils ne peuvent vivre à de grandes profondeurs. L'explication généralement admise aujourd'hui est la suivante :

Il y avait autrefois dans ces parages des îles bordées de récifs (fig. 16, A), qui, par suite d'un affaissement général

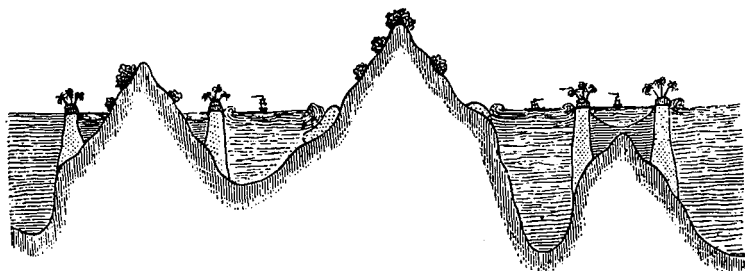


Fig. 16. — Formation d'un atoll.

du sol, descendaient lentement par rapport au niveau de la mer. Les coraux pouvaient alors continuer à s'accroître en hauteur et cet accroissement se produisait avec plus de rapidité à la périphérie, parce que les polypiers aiment le ressac des vagues. Bientôt la côte s'abaissant de plus en plus fut recouverte; il se produisit un canal entre l'île et le récif (B); puis plus tard toute l'île disparut et fut remplacée par une lagune (C).

Une particularité curieuse présentée par ces îles, c'est d'être entourées d'une boue blanche, qui, en se durcissant, devient semblable à la craie; elle provient de l'altération des polypiers, ainsi que des déjections des holoturies et de certains poissons qui broutent les coraux comme les troupeaux broutent l'herbe des prairies, et rejettent après la digestion la matière minérale qu'ils avaient ingérée.

44. Vase des mers profondes. — Dans le fond des mers profondes, se dépose une boue blanche formée en grande partie de coquilles microscopiques, qui ont appartenu

à de petits animaux de la classe des Rhizopodes (*fig. 17*) (1). Elles sont mélangées à des grains amorphes de carbonate de chaux, précipité par suite de l'évaporation. Lorsque cette boue blanche vient à se consolider, elle constitue une roche tout à fait semblable à la craie. C'est ce qui a lieu dans

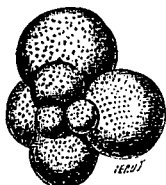


Fig. 17. — Globigerme (Rhizopode) grossie 700 fois.

une grande partie de l'océan Atlantique septentrional. Mais dans les abîmes du Grand Océan, entre l'Amérique et l'Océanie, il ne se produit aucun dépôt. Le fond de la mer est tapissé d'une faible couche brunâtre formée de poussières volcaniques.

45. Tourbe. — La tourbe est produite par des matières végétales qui se carbonisent sous l'eau. Elle se forme dans plusieurs circonstances.

1° Sur le bord des rivières, des étangs et des lacs, il se produit des couches tourbeuses composées de joncs, de prèles, de carex, de roseaux; elles sont salies de vase et mélangées de coquilles fluviatiles.

2° Dans certains cas, il se forme à la surface de l'eau des amas de tourbe spongieuse composées de conferves, de lentilles d'eau et d'autres plantes aquatiques. Cette tourbe s'accroît de haut en bas et lorsque la couche a acquis une certaine épaisseur, elle constitue une île flottante sur laquelle pousse du gazon. Ce sont de véritables radeaux capables de porter de gros animaux. Dans le département du Pas-de-Calais, près de Saint-Omer, on voyait, il y a encore peu d'an-

1. 44^a. — Les Rhizopodes sont des êtres à structure très-simple qui produisent cependant des coquilles assez complexes; généralement cette coquille présente de petites ouvertures microscopiques par où passent des prolongements filiformes qui servent à la nage.

nées, des îles flottantes que l'on attirait près des rives pour y faire entrer le bétail destiné à les pâturer et que l'on repoussait ensuite au large pour que les animaux ne pussent s'en échapper.

3° La tourbe la plus fréquente est celle qui se produit partout où un sol imperméable est recouvert d'une mince couche d'eau courante. Elle est essentiellement formée de mousses du genre *Sphagnum*.

Souvent la tourbe renferme des troncs d'arbres. Tant qu'il reste humide, ce bois est tendre, et se coupe très-facilement; mais après avoir été desséché, il acquiert une grande dureté. Près de Dunkerque, on emploie pour l'ébénisterie des troncs de chêne ensevelis dans les tourbières où ils ont pris la couleur noire du bois d'ébène. A Limerick, État du Maine, on exploite de la tourbe très-analogue à de la houille bitumineuse et provenant de branches de sapin.

46. Caractères généraux des roches de formation aqueuse. — Les différentes roches de formation aqueuse dont il vient d'être question, sable, argile, calcaire, gypse, sel gemme, silice, tourbe, minéral de fer, etc., présentent plusieurs caractères communs.

1° Elles sont *stratifiées*, c'est-à-dire disposées en couches sensiblement parallèles superposées les unes aux autres, les supérieures étant les plus récentes.

2° Elles renferment des *fossiles*, c'est-à-dire des débris d'animaux ou de végétaux dont la composition est plus ou moins altérée.

47. Fossilisation. — Pour que les débris organiques puissent nous être conservés, il faut qu'ils soient ensevelis dans la vase ou dans le sable, à l'abri de l'air et de l'eau de pluie, de manière que l'altération de la matière organique ne se produise que lentement. Plus le corps organisé renferme de matière inaltérable, mieux il se conserve; ainsi de tous les os, les dents sont ceux que l'on rencontre le plus souvent, parce qu'elles renferment plus de phosphate de chaux que les autres parties du squelette. Rarement la nature organique est complètement détruite; elle a même pu se conserver assez longtemps dans quelques circonstances exceptionnelles. On a

trouvé dans un fossile d'une des plus anciennes époques géologiques des restes de chair transformée en matière cirreuse grasse, sorte d'adipocire.

48. — Lorsque se fossilise la coquille si poreuse et si légère des Oursins, des Etoiles de mer et d'autres échinodermes, les molécules de carbonate de chaux, devenues libres par la destruction du réseau de matière organique qui les enfermait, se groupent entre elles en suivant les lois de la cristallisation. Aussi le test de ces fossiles se brise en fragments rhomboédriques comme le spath d'Islande ou carbonate de chaux cristallisé.

49. — Parfois une substance minérale étrangère se substitue molécule à molécule à la matière du fossile. On rencontre fréquemment du bois dont le tissu a été complètement remplacé par de la silice. Au microscope, on y distingue encore parfaitement la structure des cellules et des fibres ligneuses. C'est une véritable pétrification.

50. — Souvent les fossiles ont servi de centre d'attraction pour les particules étrangères disséminées dans la masse encore pâteuse de la roche ou tenues en dissolution dans l'eau qui les baigne (§ 82). C'est le cas de beaucoup d'oursins de la craie qui sont remplis de silice ou empâtés dans un silex. De même les concrétions de carbonate de fer du terrain houiller de Saarbruck se sont souvent formées autour d'un poisson.

51. — Fréquemment le corps organisé disparaît en ne laissant que son empreinte dans la roche. Soit une coquille engagée dans une boue calcaire, qui l'enveloppe de toute part et pénètre même dans l'intérieur; après la consolidation du calcaire, si la coquille vient à être détruite complètement, la roche qui l'entoure conservera la forme extérieure du fossile, comme la cire celle d'un cachet, en même temps que le calcaire qui a rempli la coquille donne son moule interne.

52. Utilité des Fossiles. — Les fossiles rendent de grands services aux géologues; ils leur apprennent les circonstances dans lesquelles se sont formées les couches qui les contiennent: un calcaire lacustre ne peut fournir que des mollusques d'eau douce, tandis qu'une couche qui a pris

naissance dans la mer est caractérisée par les coquilles marines qu'elle renferme. Des fossiles analogues aux animaux qui vivent maintenant dans les régions tropicales indiquent que le dépôt qui les renferme s'est fait sous un climat chaud, etc.

Les êtres s'étant modifiés un grand nombre de fois depuis l'origine de la terre, les fossiles sont comme des médailles qui nous font connaître l'âge des couches où ils sont ensevelis. C'est par leur observation qu'on a pu arriver à établir avec sécurité la chronologie de notre globe.

CHAPITRE III

FORMATIONS IGNÉES.

53. — Les principaux phénomènes actuels d'origine ignée sont les volcans.

On nomme *Laves* les matières qui sortent à l'état liquide du volcan et coulent autour du cratère.

Les *Scories* sont les croûtes poreuses qui se forment à la surface des laves lorsqu'elles se consolident soit dans une coulée, soit dans l'intérieur du cratère.

Les *Cendres* sont des poussières plus ou moins fines lancées par les volcans.

Les *Lapillis* sont intermédiaires pour la grosseur entre les scories et les cendres. Ce sont de petites scories ou de grosses cendres.

Les *Bombes* sont des masses compactes ayant une forme arrondie; elles ont été formées par de la lave liquide qui a été lancée dans l'air, et qui s'y est consolidée en tournant sur elle-même. Quelquefois le centre d'une bombe est occupé par une scorie ancienne qui était retombée dans le cratère et qui a été relancée, après avoir été couverte d'une nouvelle couche de matière liquide.

54. Formation d'un volcan. — Monte-Nuovo.
— La production d'un nouveau volcan sur la terre ferme et

dans une contrée facilement accessible aux investigations de la science, est assez rare. Le dernier exemple qu'il ait été donné d'observer en Europe remonte à 1538.

Depuis 2 ans toute la contrée entre Naples et Pouzzoles était agitée par des tremblements de terre. Le 27 et le 28 septembre 1538 ils ne cessèrent ni jour ni nuit. Pendant la nuit du 29 septembre, le sol se fendilla et s'enfonça de 12 à 15 mètres entre Pouzzoles et le lac Lucrin, au milieu de la grande rue du bourg de Tipergola. Il en sortit d'abord quelques flammes, puis une source d'eau chaude. Pendant ce temps la mer reculait par suite du soulèvement du rivage, et laissait à sec une multitude de poissons. Bientôt là où la terre s'était effondrée, elle se releva, se souleva au-dessus de son niveau primitif en se fendillant de plus en plus. Enfin vers 2 heures du matin, un bruit formidable se fit entendre, la terre s'ouvrit, il se produisit un gouffre de plusieurs centaines de mètres de diamètre, qui vomit avec fureur des pierres et des poussières incandescentes ainsi qu'une grande quantité de vapeur d'eau. Les cendres mélangées à l'eau retombaient sous forme d'une boue très-liquide qui devint de plus en plus épaisse; elle finit par se convertir en cendres sèches qui couvrirent toute la contrée. Parmi les pierres qui étaient lancées, il y en avait, disent les témoins oculaires, de plus grosses qu'un bœuf. Toutes ces déjections s'accumulant autour de la bouche donnèrent naissance à une montagne conique qui atteignit en 24 heures une hauteur de 120 mètres. Le troisième jour l'éruption étant achevée, on put gravir cette nouvelle montagne (*Monte-Nuovo*). On vit alors qu'elle était terminée par une cavité arrondie de 500 mètres de circonférence, au milieu de laquelle bouillonnait une masse incandescente. Le quatrième jour ce volcan recommença à rejeter des cendres et des pierres et le dix-septième jour encore plus. Beaucoup de curieux qui se trouvaient sur la montagne furent écrasés par les pierres ou étouffés par les cendres. La matière fondue déborda même de l'espace de chaudière où elle se trouvait et se répandit en petite quantité sur les flancs de la montagne. Ces phénomènes se prolongèrent encore pendant quelque temps en diminuant

toujours d'intensité, puis finirent par disparaître entièrement. De nos jours, depuis bien longtemps, le Monte-Nuovo est complètement éteint; c'est une montagne conique composée

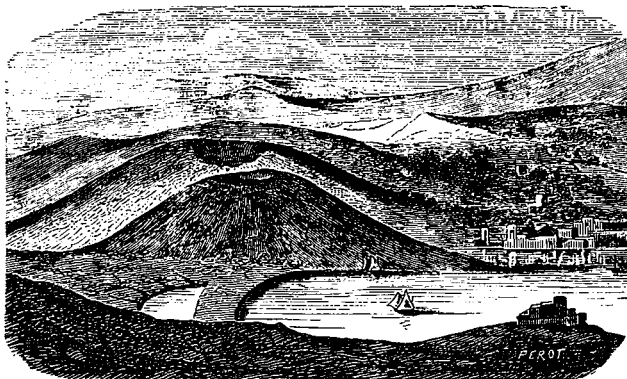


Fig. 18. — Monte-Nuovo.

En avant est le lac Lucrin, la baie de Baïa; au milieu de la figure on voit le Monte-Nuovo et derrière lui le volcan de Campiglione; au second plan, à droite, la ville de Pouzzoles et la solfatara.

uniquement de scories, et creusée au centre d'une grande cavité en entonnoir. Au fond de celle-ci, on voit encore des roches dures, restes de la matière liquide qui s'était fait jour par la cheminée volcanique.

La vie d'un volcan est loin d'être toujours aussi courte que celle du Monte-Nuovo. Le Vésuve va fournir l'exemple d'un volcan qui a eu de nombreuses éruptions.

55. Vésuve. — Le Vésuve est une montagne conique de 1250 mètres de hauteur entourée au nord et à l'est d'une autre montagne demi-circulaire, la Somma. Du temps de Strabon, au siècle d'Auguste, la Somma existait seule, mais elle était circulaire et terminée par un vaste cratère complètement éteint. L'an 79, le volcan se réveille et ensevelit sous une pluie de lapillis et de cendres les villes de Pompéi, de Stabies, d'Herculanum qui durent être abandonnées par leurs habitants. En 472, il y eut une nouvelle éruption; la quantité de cendres qui sortit du volcan fut telle que, selon

l'historien Marcellus, le jour fut changé en nuit sur toute la surface de l'Europe; le vent en porta jusqu'à Constantinople. En 512, lors d'une autre éruption, des torrents de poussière descendirent du volcan, et des cendres tombèrent jusqu'à Tripoli en Afrique.

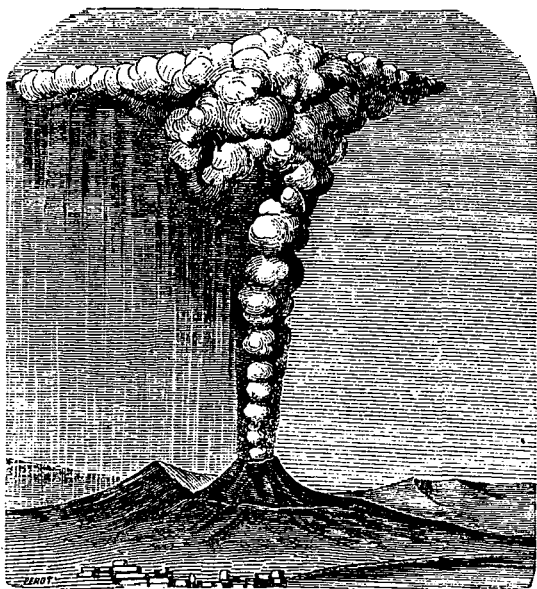


Fig. 19. — Vésuve en éruption.

Par suite de ces éruptions, mais à une époque que l'on ne peut déterminer exactement, la moitié de la Somma disparut, soit qu'elle ait été lancée en l'air, soit plutôt qu'elle ait été engloutie dans les entrailles mêmes du volcan. Plus tard il se fit au milieu de ce gouffre immense un cône qui alla toujours en grandissant et qui est le Vésuve actuel.

En 1631, la montagne avait déjà la forme qu'elle a aujourd'hui; elle était couverte de bois, et depuis un siècle et demi ne donnait d'autres signes d'activité que quelques dégagements de vapeurs nommés *fumerolles*.

Le 16 décembre de cette année, le volcan se réveilla de son long sommeil et couvrit ses environs de 6 mètres de cendres. Plusieurs villes furent détruites tant par cette pluie de poussières brûlantes que par la chute de bombes volcaniques dont quelques-unes furent assez grosses pour ne pouvoir être transportées par 20 bœufs. L'une d'elle fut lancée à 22 kilomètres, détruisit les caves du marquis de Lauro, éclata en plusieurs fragments et incendia tout ce qui était dans le voisinage.

Depuis 1631, le Vésuve a toujours été actif, tantôt plus, tantôt moins. Il y a des moments où il paraît éteint : on peut se promener impunément dans le cratère ; à peine y voit-on quelques fentes, d'où se dégagent des fumerolles. Si on vient à y enfoncer le bout d'une canne, elle prend feu ; on constate ainsi que le volcan est simplement en repos, mais qu'il peut se réveiller d'un moment à l'autre. Dans le fait, il ne laisse jamais passer plusieurs années sans donner de nouveaux signes de son activité.

Dans les éruptions d'activité modérée, il y a simplement projection de scories et dégagement de vapeurs plus ou moins abondantes. Si on cherche alors à voir à travers la vapeur dans l'intérieur du cratère, on aperçoit une masse incandescente qui passe du rouge cerise au rouge sombre, puis au noir par la formation d'une croûte solide à sa surface. Bientôt une détonation se fait entendre ; la croûte noire et la matière liquide sont lancées en l'air et retombent avec fracas dans le cratère ou sur les bords. La masse fondue qui était redevenue rouge cerise recommence à s'assombrir jusqu'à ce qu'il se produise une nouvelle détonation et une nouvelle projection de cendres et de scories. Chez certains volcans où la lave est plus fluide qu'au Vésuve, la matière liquide interne est toujours en ébullition. C'est ce qui a lieu au Kilalaua, volcan de l'île Hawaï.

Aux époques de paroxysmes, les détonations et les projections se succèdent de minute en minute et même plus souvent. Une puissante colonne de vapeur blanche s'élève à une grande hauteur et s'y étale en forme de nuage. A chaque projection, les cendres traversent ce

panache blanc sous forme de longs épis noirs. Souvent une fente se produit sur les parois de la cheminée volcanique et la lave s'épanche au dehors. Pendant la journée elle est cachée par les épaisses vapeurs qui s'en dégagent, mais le soir, ces vapeurs réfléchissent la couleur ardente de la lave qui paraît alors comme un fleuve de feu. La colonne de vapeur qui sort du cratère est également lumineuse et chaque projection l'éclaire d'un nouvel éclat. On croirait assister à un vaste incendie ou plutôt à un grandiose feu d'artifice. Cependant on a constaté qu'il ne sort pas de flammes des volcans. Ce que l'on avait pris pour des flammes, n'est que le résultat de la réverbération de la masse ignée par la colonne de vapeur.

56. — Ainsi un volcan actif présente plusieurs périodes qui se reproduisent alternativement avec ou sans régularité.

1° Période de repos ou *solfatarieque*, ainsi nommée parce que c'est l'état du volcan de la Solfatara près de Pouzzoles.

2° Période d'activité modérée ou *stromboliene*. Le volcan de Stromboli, dans les îles Lipari, offre cet état d'une manière permanente depuis les temps historiques.

3° Période de paroxysme ou d'éruption.

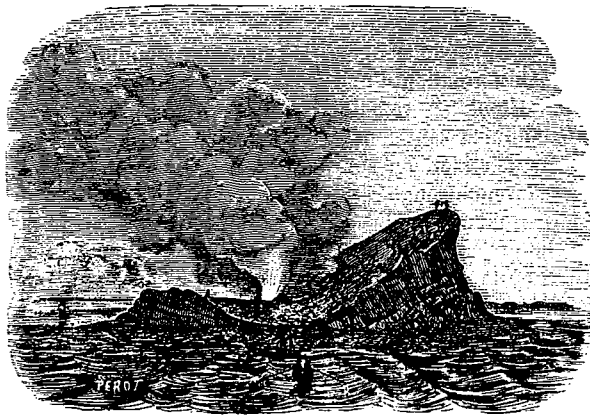


fig. 20. — Ile Julia, volcan sous-marin.

57. Volcans sous-marins. — Les volcans sont

aussi fréquents au sein des mers qu'à la surface du continent; mais ils s'y accroissent plus lentement. Les cendres et les lapillis, si même il s'en produit, sont entraînés par les courants. Le cône ne peut donc être formé que par la lave et les scories les plus lourdes. Lorsque son sommet s'est suffisamment rapproché de la surface pour que les matières meubles ne soient plus entraînés par le courant, il commence à se former un cône scoriacé comme celui des volcans aériens, et bientôt le cratère surgit hors de l'eau. Mais si l'éruption n'est pas de longue durée, si elle ne produit pas beaucoup de lave, la mer qui vient battre l'île nouvelle formée de débris incohérents en emporte chaque jour quelques fragments et ne tarde pas à la faire disparaître. L'île de Julia qui prit naissance, en juillet 1831, à 30 milles au S.-O de la Sicile, par suite d'une éruption sous-marine, disparut au mois de décembre suivant.

58. Laves. — La lave qui sort des volcans est à une température très-élevée; lorsque la lave du Vésuve envahit en 1794 la ville de Torre-del-Græco, elle fondit les monnaies d'argent et de cuivre bien qu'elle fût à plus de 3 kilomètres de son point d'origine.

Le refroidissement commence par la surface. La lave chargée des scories comme nos rivières des glaçons en hiver; ces scories s'accumulent sur le bord de la coulée et y forment les parois d'un canal; puis la surface du courant se consolide; il en résulte un étui au centre duquel coule la partie interne encore liquide. Celle-ci peut conserver longtemps sa chaleur, car on voit quelquefois après plusieurs années s'en dégager encore des vapeurs.

La rapidité d'un courant de lave varie avec sa fluidité. Si la lave est très-liquide, elle s'étend en nappe horizontale, s'accumule dans les parties basses et peut y acquérir une grande épaisseur. Si elle est pâteuse, elle forme une coulée saillante. Vient-elle à rencontrer un obstacle, elle s'amasse au pied jusqu'à ce qu'elle l'ait surmonté. Elle se consolide sur les pentes les plus considérables, voire même en coulant verticalement le long d'un mur, comme le fait la cire le long d'une bougie.

Les parties de lave qui se consolident lentement comme le centre des coulées sont compactes et cristallisées ; les parties extérieures au contraire dont le refroidissement est plus rapide sont scoriacées. La surface d'une coulée est toujours iné-

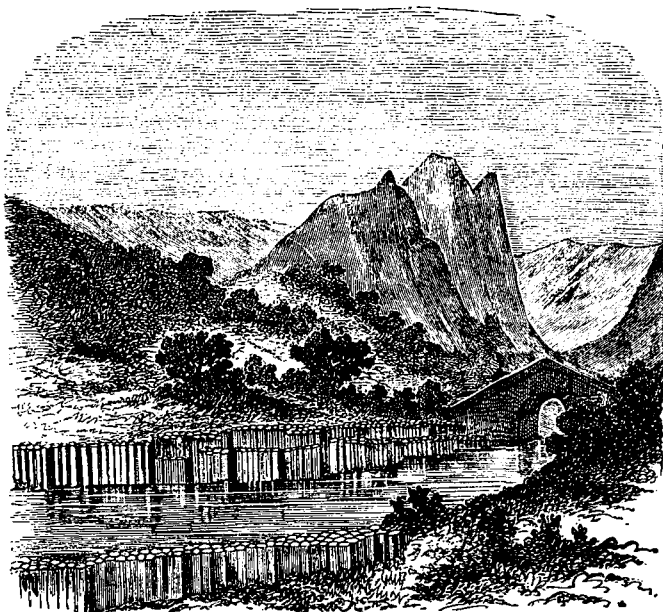


Fig. 21. — Coulée du Pont-Volant (Ardèche).

gale ; tantôt elle est arrondie, tortueuse et contournée ; tantôt elle est irrégulière et présente l'aspect d'un champ labouré.

Par le refroidissement, il se produit souvent dans la lave des fentes qui tendent à la diviser en prismes pseudo-réguliers. Sur la plage de Torre-del-Græco, on voit une coulée du Vésuve qui présente cette structure. Elle est aussi manifeste dans une ancienne coulée de dolérite sortie de l'Etna, et dont sont formées les îles Cyclopes et la grotte des Colombes.

Cette disposition prismatique s'observe surtout dans les laves basaltiques des volcans éteints. La chaussée des

Géants en Irlande, la grotte des Fromages à Bertrich, sur les bords de la Moselle, la grotte de Fingal dans l'île de Staffa, au nord de l'Ecosse, la coulée du Pont-Volant dans l'Ardèche (fig. 21), en offrent des exemples remarquables.

La quantité de lave produite par une éruption peut être considérable. Ainsi, en 1787, un volcan d'Islande aurait émis, d'après les supputations, 49 millions de mètres cubes de lave.

59.— On nomme **Déjections volcaniques** les matières que le volcan a lancées en l'air : scories, bombes, lapillis ou cendres. On y trouve aussi des fragments qui ont été arrachés aux parois de la cheminée volcanique.

Les volcans projettent parfois des quantités de cendres vraiment fabuleuses. Dans une de ses éruptions, le volcan de Coseguina (Nicaragua) a rejeté tant de cendres qu'à 20 lieues du rivage, l'obscurité a duré 43 heures, et qu'il en est tombé à la Jamaïque à une distance de 300 kilomètres. Il en fut même porté à 1,200 kilomètres. On a estimé à 6 milliards de mètres cubes la quantité des cendres produites dans cette circonstance; les détonations furent entendues de la Jamaïque et aussi de Bogota à 895 kilomètres de distance.

60. Tufs volcaniques.—Eruptions boueuses.

—Il arrive souvent que les cendres et les lapillis sont transformées en boue par la vapeur d'eau qui s'échappe en si grande quantité des foyers volcaniques; on voit alors descendre de la montagne des courants de lave boueuse qui, après s'être consolidée, présente encore un aspect argileux et compacte. Les roches qui en résultent portent différents noms, entre autres celui de *Tuf volcanique*.

Il y a des éruptions boueuses qui ont une autre origine. L'eau s'accumule parfois, soit au fond d'un cratère momentanément éteint, soit dans des cavités en rapport avec la cheminée volcanique. Les cendres et les scories s'y décomposent, s'y transforment en une boue argileuse, et lorsque les bords du lac viennent à être échantés par une nouvelle éruption, ou que son fond est projeté en l'air, la boue se répand sur les contrées voisines, emportant avec elle les poissons qui vivaient dans le lac. En 1691, le volcan d'Imbambara vomit une si grande

quantité de poissons que leur putréfaction détermina, des fièvres dans tout le voisinage.

On donne encore le nom de *Tuf* à la roche qui se forme lorsque des déjections volcaniques tombent dans un lac ou dans la mer, et s'y déposent en couches stratifiées.

61. Cônes volcaniques. — Toutes les matières solides qui sortent du cratère, s'accumulent autour de l'ouverture et finissent par former un monticule¹ qui peut prendre de grandes dimensions. Le cône volcanique de l'Etna a 160 kilomètres de circonférence et 3,350 mètres de hauteur.

Au sommet du cône se trouve le cratère dont la forme se modifie souvent. Ainsi, après la grande éruption de 1822, le sommet du Vésuve fut détruit, et il se fit un grand cratère de 1,508 mètres de diamètre. Le volcan resta quelque temps en repos; puis il se forma au fond du gouffre, une bouche, par où sortirent des cendres, des scories et des laves. Elles élevèrent un petit cône autour de l'ouverture, et peu à peu, remplirent le cratère. En 1831, il était comblé, et le cône intérieur avait acquis une hauteur de 60 mètres au-dessus des bords. La même année, il s'effondra encore pour se reformer ensuite. Trois fois depuis cette époque (1839, 1850, 1864), le sommet du Vésuve s'abîma et se reproduisit de nouveau.

Il arrive que le gouffre produit par l'effondrement d'un cône volcanique se remplit d'eau, et qu'un lac succède au volcan : Telle paraît être l'origine du lac de Lach, sur les bords du Rhin et du lac Pavin, en Auvergne.

62. — Les cônes volcaniques sont composés des couches successives de laves, de scories, de lapillis et de cendres. Elles

1. D'après une théorie, aujourd'hui abandonnée, certains cônes volcaniques seraient l'effet d'un soulèvement de l'écorce terrestre par les vapeurs contenues dans l'intérieur de la terre. Les roches qui constituent les parois du cône, après s'être déposées horizontalement, auraient été relevées par la force volcanique. Dans cette théorie, on distinguait deux espèces de cônes : les cônes de soulèvement et les cônes d'éruption. Ces derniers seuls seraient formés par le dépôt des déjections volcaniques autour de la bouche. On admettait en outre que dans beaucoup de volcans, il se serait d'abord produit un cône et un cratère de soulèvement, puis un cône et un cratère d'éruption. Ainsi la Somma serait un cône de soulèvement, tandis que le Vésuve proprement dit est un cône d'éruption. Mais cette théorie est démentie par les faits : tous les cônes volcaniques sont des cônes d'éruption.

sont distinctement superposées les unes sur les autres par ordre d'éruption et présentent une quadruple inclinaison, vers l'extérieur du cône et vers le cratère. C'est ce que M. Poulett Scrope a appelé *Stratification quaquaversale* (fig. 22). Il faut toutefois remarquer que ces diverses couches sont loin d'être régulières et de s'étendre chacune sur toute la surface du cône.

63. — Les matières meubles qui constituent la masse la plus

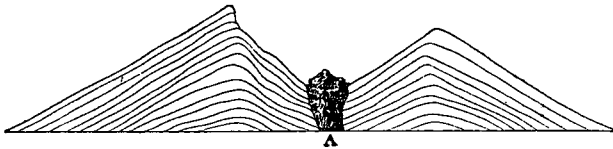


Fig. 22. — Stratification quaquaversale.

A. Lave compacte remplissant la cheminée volcanique.

importante des cônes volcaniques sont facilement entraînées par les eaux de pluie ou par celles qui résultent de la fonte des neiges. L'éruption de l'Etna de 1755 eut lieu à une époque où la montagne était toute couverte de neige. Celle-ci fondit au contact de la lave incandescente; un torrent d'eau et de boue se précipita dans le Val-del-Bove, grande cavité située au pied du cône, et la parcourut avec une vitesse de 1 kilomètre par minute.

Les ravins qui se produisent de cette manière sur le flanc des montagnes volcaniques s'appellent *Barancos*, nom qu'ils portent au pic de Ténériffe, où ils ont fixé d'une manière spéciale l'attention des géologues.

64. — Les cendres et les lapillis s'altèrent assez rapidement sous l'influence des météores atmosphériques. Par leur décomposition elles donnent naissance à une argile ferrugineuse très-fertile. On connaît, de nom au moins, le vin dit *Lacryma Christi*, produit par des vignes qui poussent sur les cendres du Vésuve.

Les laves s'altèrent aussi, quoique plus lentement. Un lichen commence à se fixer à leur surface, une dizaine d'années environ après leur sortie du cratère. Ses griffes entrent dans les fentes, les élargissent et y font pénétrer l'humidité.

Peu à peu la roche se désagrège et se décompose. Les eaux pluviales amènent dans les endroits creux les matières meubles qui proviennent de l'altération. Il se produit ainsi un sol végétal sur lequel peuvent vivre des plantes d'un ordre plus élevé. Les courants de lave de l'Etna sont remplis de figuiers d'Inde, et le cône de ce volcan, jusqu'à une grande hauteur, est couvert de forêts ou de moissons.

65. — Les éruptions ne se produisent pas toujours par le cratère qui est au sommet du cône volcanique ; souvent la lave se fait jour sur les flancs de la montagne, et autour de chaque nouvelle bouche se produit un petit cône secondaire.

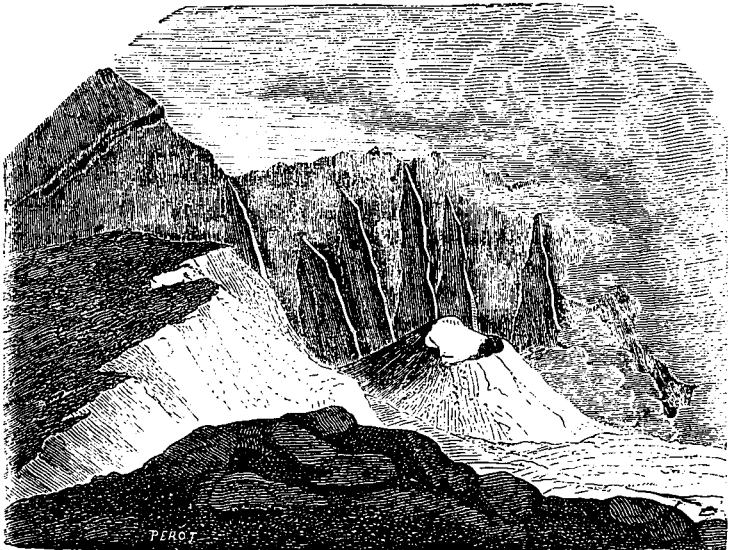


Fig. 23. — Dikes de lave sur les parois du Val del Bove, grande cavité produite par l'effondrement d'une partie de l'Etna ; au pied de l'escarpement, on voit un petit cône adventif.

Le volcan central de l'Etna est entouré de cônes adventifs très-nombreux.

On remarque que ces bouches latérales se produisent généralement le long d'une fente droite ou sinueuse. Lorsque

l'éruption est terminée, la matière liquide qui remplissait la fente s'y consolide en formant une sorte de muraille verticale qui persiste même lorsque les matières meubles du cône ont été entraînées par les eaux courantes : on les désigne sous le nom de *Dikes* ou *filons* (fig. 23).

66. Fumerolles. — Un grand nombre de substances sortent des orifices volcaniques à l'état de gaz ou de vapeurs ; ce sont les *fumerolles*.

67. — Parmi les gaz, il faut citer au premier rang l'acide carbonique. Dans les moments d'éruption, il est accompagné d'acide sulfhydrique, d'acide sulfureux et d'acide chlorhydrique, gaz suffocants qui, s'échappant en tourbillons du cratère, en rendent l'approche difficile. Lorsque l'activité volcanique diminue, l'acide chlorhydrique cesse le premier de se dégager, puis l'acide sulfureux, l'acide sulfhydrique persiste plus longtemps ; quant à l'acide carbonique, c'est toujours le dernier terme d'une action volcanique.

68. — La vapeur d'eau s'échappe du cratère en épaisses colonnes blanches que l'on prend vulgairement pour de la fumée, comme il arrive pour celle que rejettent les cheminées de locomotives. Ce panache de vapeur se dirige sous l'influence du vent, et, quand l'air est calme, s'accumule en nuage au-dessus du volcan pour retomber à l'état de pluie ou de neige si le temps est froid.

69. — Lorsque le volcan est dans une période d'activité, la vapeur d'eau est accompagnée de vapeurs salines qui forment autour du cratère des croûtes cristallines. Les bords des orifices sont fréquemment couverts de petits cristaux, de chlorure de sodium ou sel de cuisine, que la moindre pluie dissout. Au sommet du Vésuve, on aperçoit souvent de grands espaces blancs que l'on serait tenté de prendre de loin pour de la neige et qui ne sont que des incrustations de sulfate de chaux.

Des taches jaunes de chlorure de fer émaillent ce tapis blanc. Les cavités de la lave sont remplies de petits cristaux métalliques de fer oligiste (sesquioxyde) dus à la réaction du chlorure sur la vapeur d'eau ($\text{Fe}^2 \text{Cl}^6 + 3 \text{H}^2 \text{O} = \text{Fe}^2 \text{O}^3 + 6 \text{HCl}$) ou de cristaux jaunes de soufre produit par la réaction

de l'acide sulfureux sur l'acide sulfhydrique ($2 \text{H}^2\text{S} + \text{SO}^2 = 2 \text{H}^2\text{O} + 3 \text{S}$).

70. — Dans certains volcans éteints il se dégage aussi des fumerolles, mais les composés chlorés y font défaut. De la Solfatare de Pouzzoles sortent des vapeurs sulfurées qui altèrent profondément les parois du cratère. Elles les recouvrent d'efflorescences de divers sulfates dont le plus important est l'alun et de sulfures tels que le sulfure d'arsenic, le sulfure de fer, etc. Au Monte-Cittio à Ischia, il n'y a pas de volcan, mais les mêmes vapeurs, se dégageant de la fente d'un rocher, donnent naissance aux mêmes produits.

71. — L'acide carbonique, comme il a été dit, est le dernier terme de l'activité volcanique. Il continue à se dégager longtemps après que les autres gaz ont cessé de se produire. Aussi les sources d'acide carbonique sont-elles nombreuses. En plusieurs endroits du lac d'Agnano, cratère éteint situé entre Naples et Pouzzoles, on voit se dégager des bulles d'acide carbonique. Dans une grotte voisine du lac, le gaz sort en assez grande abondance et, comme il est plus lourd que l'air, il forme à la surface du sol une couche irrespirable. Les chiens y tombent suffoqués, tandis que l'homme peut respirer dans la couche d'air plus élevée et plus riche en oxygène.

La vallée du Poison, à Java, est aussi le cratère d'un volcan éteint, où l'acide carbonique sort continuellement du sol. Tout être vivant qui s'y aventure est asphyxié. La vallée est jonchée de squelettes de tigres, de bêtes fauves, d'oiseaux qui ont pénétré sans s'en douter dans cette atmosphère empoisonnée.

72. — Lorsque les vapeurs volcaniques rencontrent une nappe d'eau souterraine, elles lui communiquent leur température et leurs principes solubles; telle est l'origine des *eaux thermales et minérales* (§ 33).

73. — Certaines fumerolles altèrent profondément les roches qui constituent les parois de leur cheminée. Elles les transforment en argile boueuse qui est ensuite expulsée dans les moments où les vapeurs se dégagent avec plus d'intensité. Il en résulte de petites éruptions boueuses qui ont leurs

cratères, leurs cônes et leurs coulées comme les éruptions laviques. On donne souvent le nom de *Salzes* à ces volcans boueux. Ils forment le passage, passage tout à fait insensible, entre les deux ordres de formation que l'on vient d'étudier, les formations aqueuses et les formations ignées. Où finissent les salzes et où commencent les sources boueuses? Où finissent les fumerolles et où commencent les eaux thermales? Les produits sont presque les mêmes. Les geysers sont rangés par quelques géologues dans les formations aqueuses et par d'autres dans les formations ignées. On doit d'ailleurs remarquer que, malgré le nom d'ignés qui a été donné aux phénomènes volcaniques, l'eau y joue un grand rôle. Non-seulement dans toutes les éruptions, elle se dégage du cratère à l'état de vapeur, mais les laves elles-mêmes en renferment une grande quantité.

74. Composition minéralogique des laves.

— La Lave de presque tous les volcans actuels appartient à une des trois roches suivantes : Trachyte, Leucitophyre, Dolerite.

75. — Le **Trachyte** est une roche rude au toucher, formée de l'agrégation de petits cristaux d'*Orthose*¹ vitreux. Souvent au milieu de cette pâte d'apparence homogène se détachent des cristaux d'orthose, de mica ou de quartz. Certaines variétés compactes et sonores portent le nom de *Phonolite*.

C'est en trachyte que sont les laves de Santorin, de Lipari, d'Ischia, des Champs-Phlégréens, contrée volcanique située à l'ouest de Naples, et comprenant les volcans du Monte-Nuovo (§ 54), de Campiglione, d'Agnano, de l'Astroni, de la Solfatara (§ 70), etc. Les laves des volcans des Andes sont en un trachyte où l'*Oligoclase*² remplace l'orthose.

76. — Le **Leucitophyre** est composé de *Leucite*³

1. 75^a. — L'orthose, ou feldspath orthose, est un silicate d'alumine et de potasse. Celui des volcans contient toujours un peu de soude, on le nomme *sanidine*.

2. 75^b. — Le feldspath oligoclase est un silicate d'alumine et de soude renfermant un peu de chaux et cristallisant dans le système anorthique.

3. 76^a. — La leucite ou *amphigène* est un silicate d'alumine et de po-

(fig. 24) et de *Pyroxène augite*¹ (fig. 25). Ces deux minéraux peuvent être en particules très-fines; la roche a alors

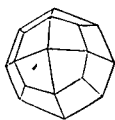


Fig. 24. — Leucite.

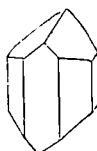


Fig. 25. — Pyroxène augite.

une apparence homogène. Mais fréquemment au milieu de cette pâte, on distingue des cristaux blancs de leucite et des cristaux noirs d'augite.

Cette structure qui présente des cristaux très-apparents au milieu d'une pâte homogène, est dite *porphyroïde*.

Les laves du Vésuve et des Monts-Albains, près de Rome, appartiennent au leucitophyre.

77. — La **Dolérite** est composée de *Labrador*² et de *Pyroxène augite*. Elle présente également une disposition homogène ou porphyroïde.

C'est à la Dolérite qu'appartiennent les laves de l'Etna.

78. — A chacune de ces roches compactes correspondent des scories, des lapillis et des cendres ayant la même composition.

La *Pierre ponce* est une variété particulière de scories trachytiques où la matière liquide s'est refroidie en longs filaments parallèles les uns aux autres. On s'en sert pour polir, parce que le feldspath du trachyte est deux fois plus dur que le marbre. La pierre ponce se trouve au Monte-Nuovo, et dans beaucoup d'autres volcans; mais on va surtout la chercher au Campo-Bianco, volcan éteint des îles Lipari. Dans la

tasse renfermant un peu de soude, cristallisant en trapézoèdre (système cubique).

1. 76^b. — Silicate de fer et de chaux. La forme cristalline du pyroxène des volcans est un prisme à huit pans terminé par deux faces obliques (système klinorhombique) (§ 141^a).

2. 77^a. — Le feldspath labrador est un silicate d'alumine et de chaux renfermant un peu de soude et cristallisant dans le système anorthique.

ponce et même dans le trachyte, on rencontre des parties tout à fait vitrifiées. Le verre volcanique se nomme *Obsidienne*.

Les cendres et les lapillis sont employées sous le nom de *Pouzzolane* pour faire du ciment romain.

79. Caractères généraux des roches ignées.

— On peut dire d'une manière générale que les produits des causes ignées sont des silicates cristallisés. Ils ne contiennent pas de fossiles. Ils ne sont pas stratifiés, mais se présentent en cônes ou dômes, en coulées, en nappes, en *dikes* ou *filons*, en *amas* ou *typhons*. Ces caractères généraux ne sont pas applicables aux tufs volcaniques qui se sont consolidés sous l'eau : ceux-ci sont stratifiés et contiennent les dépouilles des mollusques qui vivaient dans les bassins où ils se sont déposés.

80. — Les **dikes** ou **filons** sont des veines de matière solide qui traversent irrégulièrement les terrains encaissants,

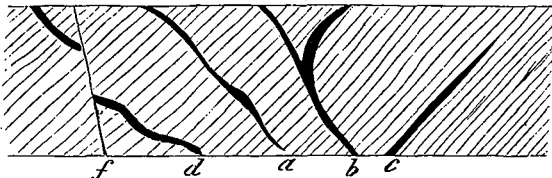


Fig. 25 bis. — Filons.

a, filon simple; b, filon divisé; c, filon couché dans le sens des strates;
d, filon coupé par une faille f.

coupent les bancs ou s'insinuent entre eux (fig. 25 bis). Leur épaisseur est variable. Ils présentent des parties renflées et d'autres qui sont rétrécies. Quelquefois ils semblent se perdre pour réparaître un peu plus loin ou disparaissent tout à fait. Ce sont des fentes qui ont été remplies par de la matière solide ou tapissées de dépôts successifs formés par des vapeurs.

Les **amas** ou **typhons** sont produits par de la matière lavique qui s'est consolidée dans de vastes fentes.

CHAPITRE IV

MÉTAMORPHISME.

§1. — On donne le nom de *métamorphisme* aux modifications de structure et de composition que les roches éprouvent postérieurement à leur dépôt. Ces modifications se produisent les unes spontanément, les autres plus spécialement appelées métamorphiques sont dues à l'influence des émanations volcaniques, des eaux minérales et des mouvements du sol.

§2. Modifications spontanées. — Elles consistent surtout en un départ moléculaire qui se fait entre les particules de même nature disséminées dans une pâte de composition différente. Ces particules, attirées par une sorte d'affinité de soi pour soi, se réunissent tantôt pour former des cristaux, tantôt pour constituer des *nodules* appelés aussi *concrétions* et *rognons*. Un corps étranger tel qu'un fossile (§ 59) sert souvent de centre d'attraction (*fig. 26*). Lorsque le nodule est creux, on l'appelle *géode* (*fig. 27*).



Fig. 26. — Nodule.



Fig. 27. — Géode.

§3. — On peut rapporter à la même cause les fentes qui se produisent lors du dessèchement ou de la solidification des matières pâteuses. Lorsque la masse est homogène, la division se fait d'une manière presque régulière. L'argile en se desséchant pendant les chaleurs de l'été et les laves en se refroidissant, tendent également à se diviser en prismes hexagonaux plus ou moins réguliers qui se subdivisent eux-mêmes en articles par des fentes transversales (§ 58, *fig. 21*.) La densité et la dureté augmentent vers le centro de ces articles de sorte que si la roche s'altère sous l'influence des

agents atmosphériques, chaque article perd ses angles et se désagrège suivant des zones concentriques. Finalement, lorsque l'altération est assez avancée, la colonne primitivement prismatique offre l'apparence d'une masse de fromages de Hollande empilés les uns sur les autres. C'est ce qui a valu à une grotte de Bertrich creusée au milieu d'une coulée de lave basaltique, le nom de grotte des Fromages (*fig. 28*).

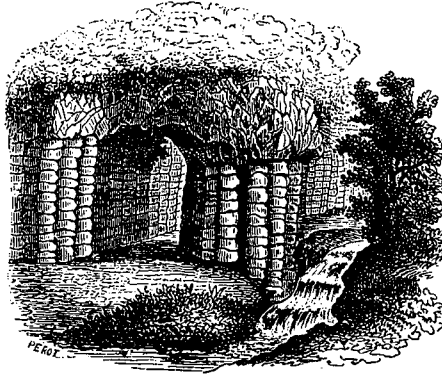


Fig. 28. — Grotte des Fromages à Bertrich.

84. Métamorphisme par les laves. — Les modifications produites sur les roches préexistantes par le contact des laves incandescentes est en général très-faible. La terre végétale est rougie et comme cuite, mais l'altération ne s'étend guère que sur un centimètre d'épaisseur et quelquefois même elle est complètement nulle.

Lors de l'éruption de l'Etna en 1865, la lave incandescente ayant traversé un bois ne l'a pas complètement brûlé. Autour de chaque tronc s'est formé un étui pierreux de lave qui s'est moulé sur l'arbre. L'écorce a été détruite et carbonisée, mais la partie ligneuse fut à peine altérée. On constate cependant que dans les temps géologiques les grès et la houille se sont fendillés en prismes au contact de certaines roches éruptives.

85. Métamorphisme par les vapeurs volca-

niques. — Les vapeurs des événements volcaniques ont une action métamorphique bien plus énergique, car les fragments qui sont rejetés par les volcans et qui proviennent des parois de la cheminée ont subi des transformations plus ou moins complètes.

Le calcaire compacte des collines de Sorrente rejeté par le Vésuve a été transformé en dolomie saccharoïde; il renferme en outre un nombre très-considérable de minéraux cristallisés dont les plus remarquables sont l'*idocrase* ou *vésuvienne*¹, le *grenat*², la *néphéline*³, la *périclase*⁴ et le *mica*⁵.

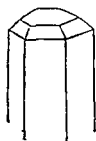


Fig. 29. — Néphéline.

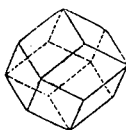


Fig. 30. — Grenat.

Le volcan d'Albano, aujourd'hui éteint, mais dont les éruptions paraissent avoir été postérieures à la fondation d'Albe-la-Longue, a aussi rejeté des calcaires magnésiens saccharoïdes remplis de différents minéraux cristallisés.

Ces faits naturels ont pu être reproduits dans nos laboratoires. M. Durocher a démontré que des vapeurs de chlorure de magnésium suffisaient pour transformer le calcaire en dolomie, et M. Daubrée a constaté que par une température plus élevée, il se produisait en outre de la périclase ou magnésie cristallisée. Le même savant a fabriqué de l'idocrase en faisant arriver sur du carbonate de chaux des vapeurs de chlorure de silicium mélangées de chlorure de fer. On obtiendrait du mica en substituant des fluorures aux chlorures.

1. Silicate d'alumine et de chaux $C^{18} Al^8 Si^{15} O^{60}$ cristallisant dans le système quadratique.

2. Autre silicate d'alumine et de chaux ou de fer $(Ca Fe)^3 Al^2 Si^5 O^{12}$ cristallisant en dodécaèdres rhomboïdaux.

3. Silicate d'alumine et de soude de la famille des Feldspaths $(Na^8 Al^8 Si^9 O^{36})$ qui cristallise en prismes hexagonaux et se dissout dans l'acide chlorhydrique en formant une sorte de nuage.

4. Oxyde de magnésie MgO cristallisant dans le système cubique.

5. Silicate contenant du fluor (§ 110).

86. Métamorphisme par les eaux minérales.

— Les eaux minérales exercent aussi une action métamorphique puissante. A Plombières, des sources chargées de silicate de potasse ont dû traverser une couche de béton établie par les Romains et composée de fragments de grès et de briques réunis par un béton de chaux. Dans les cavités vasculaires du ciment et des briques, on a trouvé de nombreux cristaux de silicate de chaux, d'alumine et de chaux, d'alumine et de potasse. La partie extérieure des briques était durcie, compacte, sonore parce qu'elle était imprégnée de silicate hydraté d'alumine et de chaux. Les cristaux à base de chaux ne se trouvaient que dans le béton ; l'intérieur des briques en était dépourvu. Ainsi ce n'était pas un simple dépôt formé tout entier par les eaux minérales, il y avait eu réaction chimique de l'eau sur le béton et celui-ci avait été métamorphisé. Une seconde preuve du fait c'est que ces cristaux n'existaient pas non plus dans le gravier grossier que les eaux devaient traverser avant de pénétrer dans le béton.

87. Métamorphisme par compression. —

Schistosité. — Les roches métamorphiques présentent souvent une tendance à se diviser en *schistes* ou feuillets, semblables à ceux de l'ardoise. Cette disposition est le résultat de la pression, car en comprimant fortement de l'argile, on y a fait naître des feuillets perpendiculaires à la surface comprimée.

Dans une de ses expériences, M. Daubrée a imprégné l'argile qu'il devait comprimer d'une dissolution d'acide borique à 100°. Pendant la compression, la dissolution se refroidit et l'acide borique cristallisa en petites paillettes disposées parallèlement aux feuillets. C'est l'explication des paillettes de mica et d'autres qui dans la nature brillent si souvent au milieu des schistes.

Quant à la cause de ces pressions, il faut aller les chercher dans les mouvements du sol dont il va être question ci-après.



CHAPITRE V

MOUVEMENTS DU SOL. — CHALEUR CENTRALE.

88. — Les mouvements du sol sont les uns brusques, les autres lents et insensibles ; les premiers sont appelés *tremblements de terre*.

89. — Les **tremblements de terre** sont les phénomènes naturels les plus désastreux pour l'humanité. Ils sont immédiatement précédés d'un calme extrême qui porte la stupeur chez les animaux ; puis le sol s'agite, tantôt en oscillant latéralement, tantôt en se soulevant et s'affaissant successivement. Quelquefois les mouvements verticaux se joignent aux mouvements horizontaux. Généralement une seconde secousse vient détruire ce que la première avait épargné.

90. — Un des plus violents tremblements de terre qui ait eu lieu en Europe est celui qui détruisit Lisbonne le 1^{er} novembre 1755. Le premier choc se fit sentir à 9 heures du matin, suivi presque immédiatement de deux autres. Le palais du roi, les églises, les couvents, tous les monuments s'écroulèrent ; un quart des maisons particulières eut le même sort. La mer monta en un instant de 12 mètres, envahit une partie de la ville et se retira subitement en entraînant tout sur son passage. Le feu des cuisines se communiqua aux matières combustibles que l'écroulement des maisons avait renversées ; un vent violent, qui avait succédé au calme, souffla l'incendie, et au bout de trois heures les ruines de la ville furent réduites en cendres. Vers midi, une seconde secousse détruisit ce qui restait debout. 30,000 personnes perdirent la vie.

Le port de Schibal près de Lisbonne fut submergé par une vague énorme. A Cadix, la mer s'éleva de 20 mètres au-dessus de son niveau ordinaire. Dans le Maroc plusieurs villes furent détruites.

Ce terrible tremblement de terre se fit sentir au loin. Les

lacs de Suisse et de Suède furent violemment agités sans qu'il y eut de vent ; le Vésuve, alors en éruption, s'arrêta tout à coup ; les eaux thermales de Tœplitz tarirent, puis reparurent couleur de *sang*¹. Aux Antilles, la mer s'éleva instantanément de plus de 7 mètres. Le centre du mouvement paraît avoir été dans l'Océan ; car un vaisseau voguant à 50 lieues à l'O. du Portugal reçut une secousse si violente qu'il fut fortement endommagé et que l'équipage crut avoir touché sur un rocher.

91. — En Calabre, il y eut également vers la fin du XVIII^e siècle, des tremblements de terre moins violents que ceux de Lisbonne, mais qui durèrent plus longtemps. Ils commencèrent le 5 février 1783 et durèrent jusqu'à la fin de 1786. Presque toute la contrée fut ruinée ; toutes les villes détruites ; 40,000 personnes périrent.

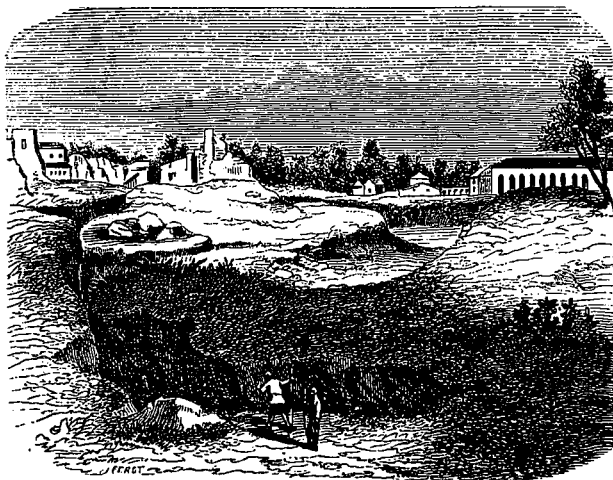


Fig. 31. — Fentes produites par les tremblements de terre de la Calabre.

Le prince de Scylla avait engagé ses sujets à se tenir dans leurs barques pour éviter d'être écrasés par la chute de leurs maisons. Mais la mer se souleva comme à Lisbonne, couvrit

1. Colorées par l'oxyde de fer.

la ville de Scylla, renversa les barques et en porta quelques-unes jusque sur les flancs des Apennins. 1,500 personnes, dont le prince, furent victimes de cette inondation.

Les effets géologiques des tremblements de terre de Calabre ont été bien étudiés par plusieurs savants et surtout par le géologue français Dolomieu, qui, au péril de sa vie, parcourut toute la contrée pendant qu'elle était soumise au fléau.

En maints endroits le sol se fendit : tantôt ces crevasses restèrent béantes, tantôt elles se refermèrent subitement en ensevelissant les habitations, les bestiaux et les hommes qui y étaient tombés. Souvent une des lèvres de la fente s'abaissait pendant que l'autre s'élevait. A Terra-Nova une portion de la tour qui avait échappé à la destruction fut fendue ; un des deux côtés fut soulevé tout en restant appuyé contre l'autre.

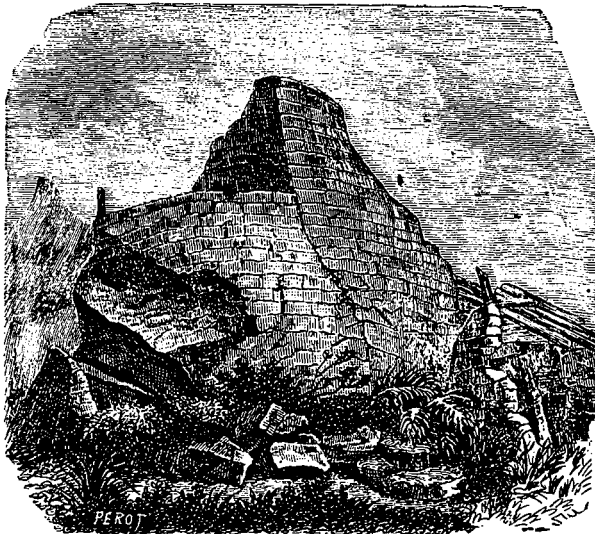


Fig. 32. — Faille dans la tour de Terra-Nova.

Ces fentes accompagnées d'un changement de niveau d'un des côtés par rapport à l'autre constitue ce que les géologues ont nommé une *faille*.

Outre les fentes il se produisit des gouffres plus ou moins circulaires, l'un d'eux près d'Oppido avait 160 mètres de long et 65 mètres de profondeur.

Un des résultats les plus curieux de ces tremblements de terre fut la formation de petites cavités en forme d'entonnoir, de la grandeur d'une roue de voiture. Elles étaient remplies d'eau ou de sable sec ; mais dans ce cas, quand on venait à y creuser, on trouvait au centre une colonne de sable mouillé qui semble indiquer que le sable avait été amené par l'eau de l'intérieur.



Fig. 33. — Cavités circulaires produites par les tremblements de terre de la Calabre.

Le mouvement d'oscillation fut beaucoup plus fort sur la chaîne granitique des Apennins qui forme l'arête de la Calabre que sur la plaine qui s'étend au pied. Les terres qui étaient sur le penchant de la montagne descendirent peu à peu dans la plaine. Deux propriétés de 130 hectares environ, couvertes d'oliviers et de mûriers furent transportées dans la vallée à 1500 m. de distance. Beaucoup d'arbres demeurèrent debout

et une chaumière qui y était élevée ne fut pas endommagée. Plusieurs faits de ce genre occasionnèrent des procès interminables entre les propriétaires de l'ancien sol de la plaine et ceux des portions de la montagne qui étaient venues le recouvrir. Dans le détroit de Messine, un énorme bloc se détacha de la montagne qui se termine au fameux rocher de Scylla, et dans sa chute écrasa une foule de maisons de campagne et de jardins. Les quais de Messine baissèrent de quelques mètres au-dessous du niveau de la mer et certains passages du détroit s'approfondirent.

92. — Les tremblements de terre de Lisbonne et de la Calabre n'offrent pas d'exemples manifestes de changements considérables dans le niveau du sol. Il n'en est pas de même de celui qui eut lieu à la Nouvelle-Zélande en 1855. Cet archipel comprend deux grandes îles séparées par le détroit de Cook. Dans l'île septentrionale la partie montagneuse fut soulevée tandis que la plaine voisine resta en place. Entre les deux se produisit une longue fente que l'on put suivre sur une distance de 140 kilomètres. La partie soulevée formait un escarpement abrupt de 3 mètres de hauteur; la fissure avait elle-même en certains points 2 à 3 mètres de large et nombre de bestiaux y furent ensevelis. L'île dite du Milieu, au sud du détroit de Cook subit en même temps un affaissement de 1 mètre $\frac{1}{2}$ environ. La même île avait déjà éprouvé en 1848 un autre tremblement de terre qui y produisit une fissure de près de 100 mètres de longueur. En 1847, on découvrit au S. de Nelson, à 200 mètres dans les terres la carène d'un vaisseau naufragé en 1814 avec un petit arbre qui croissait à travers la mâture. On voit quels changements se sont produits dans ces îles en trente ans sous l'influence des tremblements de terre.

93. — En 1835, la côte du Chili s'éleva subitement de 50 centimètres à 1 m. 30, sur une longueur de près de 2,000 kilomètres. Ce mouvement ajouta au continent 260,000 kilomètres carrés, c'est-à-dire à peu près la moitié de la superficie de la France.

94. — Les tremblements de terre paraissent être en rapport avec les phénomènes volcaniques. Car ceux-ci sont presque

toujours accompagnés d'oscillations du sol voisin. Lors du grand tremblement de terre du Chili en 1825, deux volcans des Andes firent éruption pendant quelques secondes, puis rentrèrent dans le repos. Le tremblement de terre de la côte de Caracas en 1821 coïncida avec une éruption de l'île Saint-Vincent et celui de Lisbonne avec un arrêt subit du Vésuve.

D'un autre côté beaucoup de tremblements de terre se produisent sans influencer en quoi que ce soit sur les volcans voisins. L'Etna et le Stromboli ne parurent ni plus ni moins actifs pendant que le sol de la Calabre était si violemment agité. Aucune éruption des volcans de la Nouvelle-Zélande n'accompagna le tremblement de terre dont il a été question.

95. — Les **mouvements lents** de l'écorce terrestre ont, au point de vue géologique, tout autant d'importance que les mouvements brusques.

Il paraît constaté que tout le nord de l'Europe et de l'Asie, la Sibérie, la Finlande, la Laponie, la Scandinavie, le Spitzberg, la côte occidentale du Groënland subissent actuellement un exhaussement de 1 m. 50 par siècle. Ce mouvement qui se fait d'une manière insensible pour les habitants est cependant cause d'un refroidissement général de toute la contrée. Les missions danoises du Groënland qui étaient prospères au 19^e siècle ont été enfouies sous les glaciers à la fin du 14^e. Au Spitzberg, la rade de Bell-Sund où les flottes russes allaient jeter l'ancre est maintenant occupée par un glacier, et près de là on trouve des traces d'ancienne plage à 45 mètres de hauteur.

Au sud de cette zone qui s'élève, s'en trouve une autre qui subit un mouvement inverse. Les rivages de la partie sud de la Baltique, de la mer du Nord et de la Manche paraissent s'enfoncer. Dans la Scanie plusieurs rues sont en dessous du niveau de l'Océan; le golfe de Königsberg occupe l'emplacement où était la province de Vitandu. Les murailles de la citadelle de Brettenbourg construite par les Romains à l'embouchure du vieux Rhin, étaient encore visibles en 1520 à 1 kilomètre en mer.

Toute la côte du Cotentin est bordée de forêts submergées qui s'étendent très-loin en mer. Au moyen âge, le mont Saint-

Michel était réuni au continent ainsi que les îles de Jersey et d'Aurigny comme le montre une ancienne carte et comme le constatent des chartes rapportant certains privilèges que possédait l'évêque de Coutances au sujet de la planche sur laquelle il devait passer pour aller visiter Jersey. Cette île n'était alors séparée du continent que par un ruisseau.

96. — Ces mouvements, les uns brusques, les autres lents et insensibles, ont eu pour résultat dans les temps géologiques la production des chaînes de montagne, des failles et des stratifications discordantes ou transgressives.

97. Formation des montagnes. — Les montagnes sont le résultat de mouvements brusques se combinant avec des mouvements lents et continus, qui tendent chaque jour à exhausser les parties saillantes des continents et à enfoncer les plaines dans les profondeurs de l'Océan. Rien ne s'oppose à ce qu'une chaîne de montagnes comme les Alpes, ne soit le résultat d'un mouvement continu comparable à celui qui exhausse actuellement la Scandinavie, se combinant avec une succession de tremblements de terre analogues à ceux qui en 1830 ont subitement élevé la côte de Chili de 1 m. 30. Rien ne prouve non plus que quelques-uns de ces mouvements n'ont pas eu une intensité bien plus considérable. Ce que l'on peut affirmer, contrairement à l'opinion généralement admise il y a quelques années, c'est que la formation des chaînes de montagnes n'a pas été accompagnée d'un immense cataclysme qui aurait anéanti tous les êtres vivants.

De la structure géologique des montagnes, on peut aussi conclure que la formation de chacune d'elles s'est effectuée en plusieurs périodes distinctes. Il est donc impossible de diviser le sol d'après l'apparition ou le soulèvement des chaînes de montagnes.

98. Stratification discordante. — Ces mouvements du sol ont changé la position normale des dépôts stratifiés et ont donné une inclinaison plus ou moins grande à des couches qui étaient primitivement horizontales. Lorsque de nouveaux sédiments viennent se déposer dans les localités où le sol a été disloqué, les couches auxquelles ils donnent naissance, ne sont plus parallèles aux couches sous-ja-

centes; elles reposent sur leurs tranches et font avec elles un angle plus ou moins grand. La stratification est *discordante* (fig. 34).

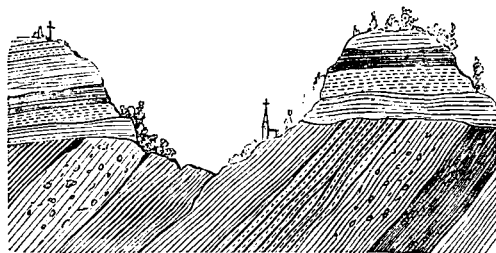


Fig. 34. — Stratification discordante.

99. Stratification transgressive. — Si le mouvement a été lent et insensible, l'angle formé par deux couches successives est inappréciable; la stratification reste concordante. Mais dans les points où un soulèvement lent a eu pour effet d'émerger pendant quelque temps une région qui a ensuite été ramenée sous les eaux par affaissement, les nouveaux sédiments sont séparés des anciens par un hiatus. Il manque en ce point un ou plusieurs termes à la série des couches. La limite des dépôts après avoir reculé vers la mer revient sur ses pas pour s'avancer sur le continent. Il y a stratification *transgressive* (fig. 35).

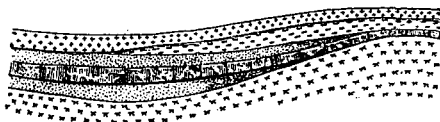


Fig. 35. — Stratification transgressive.

100. Plissement des couches. — Enfin les mouvements du sol, en déterminant de fortes pressions, ont eu pour effet de briser les couches, de les redresser et de les plisser (fig. 35 bis).

100 bis. Failles. — Lorsque les couches se brisent, on dit qu'il y a faille (§ 57). Généralement la rupture est

accompagnée d'un changement de niveau d'un des deux fragments par rapport à l'autre. Tantôt les deux parois de

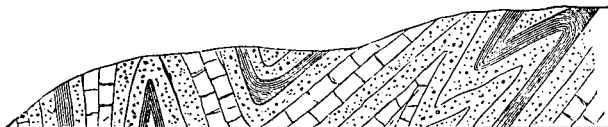


Fig. 35 bis. — Couches plissées.

la cassure sont rapprochées sans laisser d'intervalle, tantôt il se produit une fente plus large qui a été remplie de débris de roches brisées ou de matières injectées de l'intérieur de la terre.

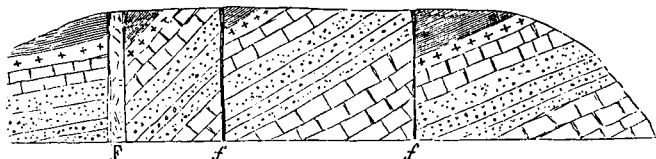


Fig. 35 ter. — Failles.

f, f, failles simples; *F*, faille avec écartement remplie de fragments de roches brisées.

101. Théorie de la chaleur centrale. — Pour expliquer la cause des mouvements du sol, on est conduit à admettre que notre globe, loin d'être complètement rigide, est formé d'une écorce solide entourant un noyau liquide ou pâteux, à l'état de fusion ignée.

Les laves qui sortent des volcans proviendraient de cette masse fluide interne. Elles fournissent ainsi un second argument en faveur de l'hypothèse.

Un troisième est puisé dans l'accroissement progressif de la température que l'on remarque à mesure que l'on s'enfonce dans le sol.

La chaleur de la surface de la terre lui vient essentiellement du soleil et varie avec les saisons; mais ces variations n'atteignent pas une grande profondeur. Nos caves les éprouvent déjà à un moindre degré que nos appartements; elles sont relativement chaudes en hiver et froides en été. A

une certaine profondeur on trouve une zone de température constante pour toutes les époques de l'année. A Paris, cette zone est à 28 mètres ; c'est la profondeur des caves de l'Observatoire. A partir de là, la température augmente avec la profondeur. L'eau du puits de Grenelle qui vient d'une nappe située à 548 mètres au-dessous du sol, est à une température constante de 27 degrés. Dans le bassin houiller du Creusot, on a constaté une température de 27 degrés, à une profondeur de 554 mètres, dans un trou de sonde abandonné depuis six mois.

On estime d'une manière générale que la température s'accroît de 1 degré par 30 mètres de profondeur.

Si cette progression se poursuit d'une manière régulière, à 3 kilomètres de profondeur la température dépasserait celle de l'eau bouillante ; à 60 kilomètres elle serait de 2 000 degrés, chaleur à laquelle fond le platine et presque toutes les substances connues. Le centre de la terre étant à 6 366 kilomètres, nous ne pouvons nous faire une idée de l'énorme chaleur qui règnerait dans cette région, si la température continuait à croître d'une manière continue. Mais rien ne prouve qu'il en soit ainsi. Il est infiniment plus probable qu'arrivé à une certaine profondeur il s'établit un équilibre qui persiste jusqu'au centre.

Chaque jour, la terre se refroidit en rayonnant dans l'espace ; le noyau interne se contracte, l'enveloppe solide ne pouvant le suivre dans son retrait se plisse : telle est l'origine probable de tous les mouvements du sol.

102. Pyrosphère. — On peut donc représenter le globe, comme formé d'une immense sphère de matière fondue recouverte seulement d'une légère croûte solide dont l'épaisseur est estimée par les uns à 40 kilomètres, par les autres à 20 kilomètres seulement. Dans ce dernier cas, elle serait représentée sur une sphère de 1 mètre de rayon par une lame de 0^m,003. On a désigné sous le nom de *Pyrosphère* ce noyau terrestre en fusion. Nous n'avons sur sa nature et sa composition que des notions très-vagues.

Ainsi en comparant la densité moyenne de la terre, 6,5, à celle des roches qui forment l'écorce solide, 3, on peut

conclure que le noyau interne doit avoir pour densité à peu près 7, qui est la densité du fer.

Quelques savants se basant en outre sur la quantité de fer contenu dans certaines laves, ont admis que c'était ce métal à l'état fondu qui constituait la pyrosphère.

Ajoutons que toutes ces déductions ne sont pas à l'abri d'objections et qu'on ne doit les considérer que comme des hypothèses.

LIVRE DEUXIÈME

HISTOIRE DE LA TERRE.

CHAPITRE VI

TEMPS COSMIQUES.

103. — L'histoire d'un peuple présente toujours quatre grandes périodes : L'une *contemporaine*, se passe sous nos yeux ; une autre, *historique*, nous est connue par les récits des témoins oculaires ; une troisième, la période *légalendaire*, antérieure à la précédente, ne nous a laissé que des documents incomplets ; enfin, sur une quatrième, qu'on peut appeler *fabuleuse*, nous ne possédons que les présomptions des historiens ou les inventions des poètes.

104. — L'histoire de la terre nous présente aussi une période *contemporaine* dont l'homme et les êtres qui vivent avec lui, ont été les témoins ; une période plus ancienne que l'on peut appeler *paléontologique*¹, et que l'on connaît par des documents positifs tirés de la géologie ; une troisième période antérieure aux deux précédentes et au sujet de laquelle règne encore beaucoup d'incertitude, parce que nous n'y trouvons pas de débris d'êtres organisés ; on lui a donné le nom d'*azoïque*². Vient enfin une période originaire entièrement hypothétique ; ce sont les temps *cosmiques*.

L'histoire de la terre se divise donc en :

- 1° Temps cosmiques ;
- 2° Temps azoïques ;
- 3° Temps paléontologiques ;
- 4° Temps contemporains.

On n'a aucune notion précise sur la durée des époques

1. De *παιλαιός*, ancien, *ὄν*, *ὄντος*, être. Temps où ont vécu les êtres anciens par rapport aux temps où vivent les êtres actuels. La science qui étudie ces êtres anciens se nomme *Paléontologie*.

2. *ἀ* privatif, *ζῶον*, animal.

géologiques; on n'en connaît que la chronologie relative. On sait, à n'en pas douter, que telle couche est plus récente que telle autre, parce qu'elle la recouvre ou parce qu'elle en renferme des fragments; mais on ignore complètement le temps absolu que chacune d'elle a mis à se déposer. On désigne donc les périodes géologiques par le nom d'une espèce animale ou végétale qui y a vécu et a laissé ses restes dans les dépôts produits à cette époque. Ainsi, on a la période du *Dinotherium giganteum* (fig. 151), à laquelle on rapporte toutes les couches où l'on rencontre des ossements de *Dinotherium*. L'observation a montré que dans les temps géologiques, les espèces, les genres, les familles étaient moins localisés qu'ils ne le sont maintenant. On a reconnu que, dans tous les pays de la terre, les mêmes formes animales ou végétales se sont toujours succédé dans le même ordre. En se basant sur ces résultats de l'observation, on a pu considérer comme contemporains des dépôts éloignés qui renferment les mêmes fossiles.

On a désigné sous le nom de *Terrain* l'ensemble des couches qui se sont formées pendant une grande époque géologique. Les terrains se divisent en *étages*, les étages en *assises*, les assises en *zones*.

105.— On a fait plusieurs hypothèses pour expliquer l'origine de la terre. La plus généralement adoptée consiste à admettre que la terre avant de devenir une planète a passé par les états de nébuleuse et de soleil ou d'étoile¹.

1. 105^a. — Cette théorie, qui se trouve en germe dans les écrits de Descartes et de Leibnitz, a été développée et complétée par Laplace et par Herschell. Elle mérite quelques mots d'exposition, d'autant plus que les nouvelles connaissances acquises sur la nature des astres et du soleil en particulier lui ont fait subir certaines modifications. En voici un court aperçu:

La matière cosmique, sortie des mains du Créateur à l'état d'atomes donés de mouvement, répandus dans l'espace, s'est réunie autour de certains centres pour constituer des masses distinctes les unes des autres et animées chacune d'un mouvement de rotation sur elle-même.

Un des effets de la concentration fut la destruction d'une partie de la force vive qui animait chaque atome et le développement d'une quantité de chaleur d'autant plus considérable que la masse était composée d'une plus grande quantité de matière.

Cette masse gazeuse, analogue à nos nébuleuses irrésolubles, était

Les principaux faits sur lesquels s'appuie cette théorie sont les suivants :

1° La terre n'a pas la forme d'une sphère parfaite. C'est

formée d'atomes simples. Plus tard, les couches extérieures se refroidissant par rayonnement, arrivèrent à une température assez basse pour que les atomes pussent se combiner et donner naissance à des particules solides qui projetèrent une vive lumière. On sait en effet que les solides à température égale, sont beaucoup plus éclairants que les gaz.

La terre serait ainsi devenue un soleil, ou autrement dit une étoile, car pour les astronomes, le soleil n'est qu'une simple étoile située assez près de nous pour nous paraître plus volumineuse que les autres.

Elle devait se composer, comme actuellement le soleil, de trois parties : 1° un noyau purement gazeux, obscur quoique porté à une température très-élevée; 2° une enveloppe lumineuse dite photosphère, composée de particules solides à une température moindre et tenus en suspension dans la masse gazeuse; 3° une zone extérieure formée des gaz élémentaires qui ont échappé à la combustion. Les particules solides de la Photosphère se précipitaient incessamment vers le centre, où, trouvant une chaleur plus grande, elles se décomposaient et leurs éléments gazeux remontaient à la surface pour se recombinaison et se précipiter de nouveau.

Le refroidissement gagnant toujours, la photosphère devait augmenter d'épaisseur et de densité. Il se produisait une zone pâteuse, puis solide, qui s'obscurcissait de plus en plus. Le soleil s'éteignait.

L'astre devint la planète que nous connaissons formée d'un noyau interne liquide, d'une croûte enveloppante solide, et d'une atmosphère gazeuse extérieure; entre la croûte solide et l'atmosphère, dans les dépressions de la première, s'amassait l'eau des mers.

La terre est-elle destinée à rester toujours à cet état? A mesure que le refroidissement gagne l'intérieur, l'épaisseur de la croûte augmente par la solidification de la pyrosphère. En même temps les nouvelles roches formées à l'extérieur par les éruptions volcaniques et par les dépôts sédimentaires absorbent dans leurs interstices intraparticulaires l'eau de l'Océan et l'air de l'atmosphère. Le calcaire à bâtir des environs de Paris renferme 0,0311 d'eau d'hydratation, le granite 0,0037. Or, il suffirait que la terre supposée solidifiée contint 0,000042 d'eau d'hydratation, c'est-à-dire 88 fois moins que le granite pour qu'elle eût absorbé entièrement l'eau des mers. — Nous devons en conclure que bien longtemps avant que cette solidification fût complète, l'Océan aurait disparu. Il en serait de même de l'atmosphère, car il suffirait que la masse terrestre consolidée possédât une porosité égale au 1/3 de celle du granite pour qu'elle absorbât toute l'enveloppe gazeuse.

Ainsi privée de son atmosphère et de son Océan, la terre serait réduite à l'état où est maintenant la lune. Si cet astre est arrivé plus vite que la terre à ce degré de transformation cosmique, c'est que son volume étant 49 fois plus petit, elle s'est refroidie plus vite. Une raison opposée a maintenu à l'état gazeux le soleil qui est plus gros.

L'état de la lune ne paraît pas être la dernière phase que parcourt la matière cosmique. Sur notre satellite on remarque des fentes larges et profondes qui sont le résultat de la contraction de sa masse par

un sphéroïde de révolution aplati aux pôles et renflé à l'équateur. Or les astronomes ont calculé que ce serait exactement la forme que prendrait une masse liquide ayant la densité de la terre et le même mouvement de rotation autour de son axe.

2° L'intérieur de notre planète est encore à l'état liquide, comme le prouvent les volcans, les tremblements de terre et les oscillations du sol.

3° La matière qui compose les astres est identique à celle qui forme la terre. En soumettant à l'analyse spectrale un rayon lumineux émané du soleil, on y a reconnu les raies qui caractérisent le fer, le calcium, le magnésium, le chrome, le nickel et l'hydrogène. Le spectre des étoiles indique que le fer, le sodium, le magnésium et l'hydrogène entrent certainement dans la composition de ces astres. Cette communauté de matière ne semble-t-elle pas indiquer une communauté de nature et par conséquent une communauté d'origine.

Les temps cosmogoniques de l'histoire de la terre peuvent donc se diviser en trois âges :

1° Age nébuleux ;

2° Age stellaire ;

3° Age planétaire.

106. Sol primitif. — Lorsque la terre passa de l'état stellaire à l'état planétaire, il se forma une croûte solide, que l'on peut appeler *sol primitif*; ce sol s'accrut successivement de l'intérieur à l'extérieur par la consolidation de nouvelles couches à sa surface interne. Par suite de son mode de formation et des ruptures qui s'y produisirent dès les premiers temps, il devait exister une surface extérieure très-inégale,

suite du refroidissement. Il pourra arriver un moment où les fentes s'agrandiront au point de réduire l'astre en fragments qui, après avoir circulé quelque temps autour de la terre y tomberont à l'état d'*aérolithe*.

Nébuleuse, soleil, planète, lune, aérolithe, tels seraient, dans la théorie, les états successifs de la matière cosmique. La terre n'en aurait encore parcouru que trois.

Toutes ces considérations sur l'origine et la destinée de la terre ne doivent être considérées que comme des *hypothèses scientifiques*, et nous nous serions abstenu de les reproduire, si elles ne répondaient à ce besoin de notre esprit, de remonter à l'origine des choses et d'en deviner la fin.

analogue en grand à l'aspect que présente un champ de lave. Il y avait déjà des saillies et des creux, des montagnes et des vallées, mais point de mer. L'eau qui se condensait dans les régions extérieures de l'atmosphère et qui retombait en pluie sur le sol se réduisait immédiatement en vapeur.

Il vint enfin un moment où la température de la croûte terrestre fut assez abaissée pour permettre à l'eau de pluie de séjourner à l'état liquide dans les anfractuosités du sol. Immédiatement, elle commença son rôle géologique; elle se mit à ronger d'une part et à édifier de l'autre. C'est le signal d'un nouvel ordre de choses. Les temps cosmogoniques sont clos et avec eux ce que nous appelons l'âge planétaire. La terre est toujours une planète; mais une nouvelle force, ou autrement dit un nouvel agent préside à l'accroissement du sol.

On admet généralement que le *granite* est la plus ancienne couche du globe, le sol primitif produit par la consolidation de la photosphère terrestre. Il est vrai que cette roche n'est pas un produit de fusion comparable aux laves des volcans et aux scories des fourneaux; les minéraux qui la constituent se sont formés à une température relativement basse et par l'intervention de l'eau surchauffée. Mais alors l'Océan était à l'état de vapeur dans l'atmosphère, dont il augmentait la densité au point de rendre la pression égale à 250 fois ce qu'elle est maintenant. Or, une pression de 50 atmosphères suffit pour maintenir l'eau liquide à une température de 266°. On peut donc supposer qu'à l'époque où nous nous reportons, la croûte primitive de la terre se solidifiait sous une couche de vapeur d'une grande densité et avec une très-grande lenteur, de manière à permettre à la matière de cristalliser complètement.

107. — Le **Granite** est formé de grains cristallisés, intimement soudés, souvent même pénétrés l'un dans l'autre et appartenant à trois éléments principaux : Feldspath, Quartz et Mica.

108. — Le **Feldspath** ou plutôt les Feldspaths sont des silicates d'alumine et d'alcali. On en distingue trois espèces qui diffèrent entre elles par la nature de l'alcali. (Potasse,

soude ou chaux), par les proportions de silice et d'alumine, ainsi que par la forme cristalline¹. Ils se clivent facilement sur une ou deux faces et ne se laissent pas rayer au couteau. On les reconnaît dans la roche à leur couleur blanche ou rosée et à leur surface de clivage qui est miroitante. Le feldspath du granit est le feldspath potassique ou *Orthose* (fig. 37). On y trouve aussi une petite quantité d'*Oligoclase*, feldspath de soude et de chaux.

109. — Le **Quartz**, second élément du granite est de la silice pure. C'est une substance vitreuse hyaline, assez dure

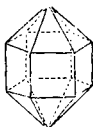


Fig. 36. — Quartz.



Fig. 37. — Feldspath orthose.

pour rayer le verre. Il cristallise en prisme à six pans terminés par des pyramides à six faces (fig. 36) : souvent le prisme est tellement court que les deux pyramides terminales se rejoignent. On distingue facilement les grains de quartz du granite à leur teinte grise qui tranche sur la couleur blanche ou rose du feldspath.

110. — On appelle **Mica** des silicates dont la composition est variable, mais qui contiennent toujours un peu de fluor. Ils se présentent sous forme de lames, de paillettes d'un aspect métalloïde, divisibles en fenillets très-minces ; on les prend parfois pour des paillettes d'or. Il y a plusieurs espèces de mica que l'on distingue par leur couleur et leur composition : deux d'entre elles, le mica argenté ou *Moscovite* (mica po-

1. 108^a. — Les trois espèces de Feldspath sont :

	ALCALI.	FORMULE.
Orthose	Potasse	$K Al Si^3 O^8$
Albite	Soude	$Na Al Si^3 O^8$
Anorthite	Chaux	$Ca Al^2 Si^2 O^8$

Les deux dernières espèces sont généralement mélangées en proportion variable. Leurs principaux mélanges sont :

Oligoclase, mélange où domine l'albite
 Labrador, mélange où domine l'anorthite.

tassique) et le mica brun-tombac ou *Biotite* (mica ferromagnésien) coexistent dans le granite. Le premier doit son nom à ce qu'en Russie on le trouve en plaques très-grandes dont on s'est servi pour faire les vitres des vaisseaux de guerre, parce que le mica ne se brise pas comme le verre au bruit du canon.

Le granite constitue une roche très-dure, difficile à tailler, résistant au choc et au frottement. On l'emploie pour les bordures de trottoirs et pour les constructions qui demandent une grande solidité.

III. Altération du granite. Cependant par une très-longue exposition à l'air, le granite s'altère; il subit deux degrés de décomposition, se transformant d'abord en arène, puis en kaolin.

L'altération du granite ne porte que sur un des minéraux qui le composent. Sous l'influence de l'eau de pluie et de la gelée, le feldspath se fendille et se désagrège; le granite se trouve réduit en un sable très-grossier, l'*Arène*, où ses divers éléments sont parfaitement reconnaissables.

La *kaolinisation* est une action chimique: l'alcali, potasse ou soude, qui fait la base du granite passe à l'état de carbonate et se dissout dans l'eau; il ne reste plus que du silicate d'alumine qui est de l'argile. Généralement cette argile est impure, mélangée de grains de quartz et de paillettes de mica provenant du granite, colorée par de l'oxyde de fer parce que le feldspath lui-même avait cette couleur, ou que le granite renfermait des minéraux ferrugineux. Mais dans quelques localités telles que les environs de Limoges, où il y a une variété de granite à très-gros grains et à feldspath prédominant, le résultat de la décomposition est une argile blanche très-pure employée sous le nom de *kaolin* pour faire de la porcelaine. Quand on fait cuire une poterie fabriquée avec du kaolin, on obtient un objet translucide, mais perméable et à surface raboteuse. On le recouvre alors de feldspath non altéré (*pétunzé*) qui fond et constitue à la surface de la porcelaine un vernis imperméable.

CHAPITRE VII

TEMPS AZOÏQUES.

112. Métamorphisme de la zone azoïque. —

Après la formation du sol primitif, l'eau qui le recouvrait était encore à une température très-élevée. Les premiers dépôts qui se formèrent par voie de sédimentation et dans des conditions analogues à celles où s'était produit le granite, durent acquérir une composition et une structure analogues ; puis à mesure que notre globe se refroidissait, la nature des dépôts se rapprochait de celle des dépôts actuels ; mais depuis leur formation ces anciens terrains ont subi des modifications qui en ont complètement changé la structure et la composition, de telle sorte qu'il plane encore beaucoup d'obscurité sur leur origine.

De nombreuses dislocations ont plissé ces couches, les ont contournées dans tous les sens et leur ont communiqué la structure schisteuse. Par les fentes sortaient des masses éruptives qui se mêlaient aux couches sédimentaires et des vapeurs qui les modifiaient en y déterminant la formation de minéraux d'espèces nouvelles.

1° Caractères lithologiques.

113. — Les principales roches de la zone azoïque sont les suivantes :

ROCHES SÉDIMENTAIRES.

Gneiss.
Micaschiste.
Schiste micacé.
Quartzite.
Calcaire saccharoïde.
Graphite.

ROCHES ÉRUPTIVES.

Granite.
Syénite.
Pegmatite.
Filons de quartz.
Filons de fer magnétique.

114. — Le **Gneiss** est un granite schisteux ; il est formé des mêmes éléments que le granite : feldspath, mica, quartz ; cependant ce dernier minéral y est relativement moins abondant.

115. — Le **Micaschiste** est composé de quartz et de mica. Les lamelles de mica y sont très-abondantes et disposées parallèlement les unes aux autres, de sorte que la roche se divise facilement en feuillets.

116. Schistes micacés. — On désigne sous le nom de schistes des roches comme l'ardoise qui peuvent se fendre en feuillets parallèles. Cette structure est probablement un effet de la pression produite par les dislocations du sol (§ 87). Les schistes de la zone azoïque sont presque toujours parsemés de nombreuses paillettes de mica disposés parallèlement aux feuillets. Examinés au microscope, ils se montrent en outre formés d'une infinité de petits cristaux très nets et de particules irrégulières de quartz et de feldspath arrachés à des roches plus anciennes.

117. — On trouve dans les roches de la zone azoïque des cristaux de maclé et de staurotide.

La **maclé**, très-commune en Bretagne, est un silicate d'alumine cristallisant en prismes à base carrée. La coupe de ces prismes montre une marqueterie très-curieuse que l'on avait figurée dans les armes de la maison de Rohan (*fig. 38*).

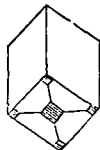


Fig. 38. — Maclé.

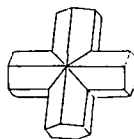


Fig. 39. — Staurotide

La **staurotide** est un silicate d'alumine et de fer dont les cristaux se groupent deux à deux en simulant une croix (*fig. 39*). Elle est aussi abondante en Bretagne.

118. — Le **quartzite** est une roche d'une grande dureté composée de quartz ou de silice compacte. Le tombeau de l'Empereur Napoléon I^{er} aux Invalides est en quartzite rouge.

119. Calcaire saccharoïde. — C'est une roche formée par l'aggrégation irrégulière d'une foule de petits cristaux de carbonate de chaux. Elle doit son nom à sa ressemblance extrême avec le sucre blanc. Lorsque les cristaux acquièrent une certaine taille, le calcaire est dit *lamellaire*. On s'en sert comme marbre¹.

120. — Le **graphite** accompagne souvent le marbre saccharoïde. C'est un charbon très-pur complètement privé d'hydrogène. On s'en sert pour faire des crayons et pour graisser les machines.

121. — Le granite, la pegmatite et la syénite forment de nombreux filons dans le terrain azoïque.

122. — La **pegmatite** est un granite à gros grains et à feldspath orthose prédominant qui ne contient qu'une seule espèce de mica, la moscovite (§ 110). C'est la pegmatite qui en s'altérant produit le kaolin de Limoges. La pegmatite de Limoges est encore intéressante parce qu'elle est accompagnée de plusieurs minéraux remarquables, en particulier d'*Émeraude*. Bien que l'émeraude de Limoges ait la même composition que la belle pierre précieuse verte qui porte le même nom, elle en diffère par ses caractères extérieurs ; elle est blanche et opaque. Elle cristallise en gros prismes hexagonaux que l'on a souvent employés en guise de bornes.

123. — La **syénite** est un granite où le mica est remplacé par de l'*amphibole* ; on désigne sous ce nom un silicate de fer et de chaux généralement vert sombre ou noir (§ 141^a). La syénite a des couleurs plus vives que celles du granite ; aussi la préfère-t-on pour la décoration des édifices. L'obélisque de Louqsor est en syénite. Le nom de cette roche vient même de la ville de Syène en Égypte, aux environs de laquelle il y a des carrières exploitées par les anciens.

124. Filons de quartz. — Les couches du terrain azoïque sont fréquemment traversées de filons de quartz cristallisé d'un blanc laiteux et d'un état gras particulier. On les observe surtout dans le voisinage des quartzites, preuve que

1. Le marbre saccharoïde de Carrare ne se trouve pas dans la zone azoïque ; il appartient au terrain carbonifère.

ces dernières roches sont dues à l'imprégnation par de la silice de couches qui étaient primitivement à l'état de grès ou de schistes.

125. Filons de fer magnétique. — Le terrain azoïque qui forme à lui seul presque tout le sol de la péninsule scandinave, y contient de nombreux filons de fer magnétique ou fer aimant. Ce sont ces mines de fer qui fournissent à l'Angleterre le minerai dont on fabrique l'acier de première qualité.

2° *Caractères paléontologiques.*

126. — Il y a au premier abord contradiction à parler de caractères paléontologiques pour un terrain qu'on a appelé azoïque. Cependant on y a trouvé, il y a quelques années, des apparences que l'on a cru pouvoir attribuer à des êtres appartenant aux degrés les plus infimes de l'animalité. On a appelé ce prétendu fossile *Éozoon* ; mais sa nature organique est encore fort problématique.

3° *Caractères stratigraphiques.*

127. — Comme il a déjà été dit, les couches du terrain azoïque sont plissées et redressées. Par le gneiss, elles passent au granite, tandis que leur partie supérieure se lie intimement avec le terrain silurien.

La position relative des roches n'a rien de fixe. On peut dire cependant que le gneiss est à la base, qu'il est surmonté par le micaschiste et que les schistes mélangés de bancs de quartzite occupent la partie supérieure. Le calcaire saccharoïde forme de grands nodules intercalés dans les schistes ou même dans les gneiss.

Dans la pratique, il est plus commode de rapprocher du granite les roches à structure cristalline telles que le gneiss et le micaschiste, et des terrains supérieurs les schistes qui présentent à un moindre degré la structure cristalline. C'est ce qui a été fait dans la carte géologique jointe à cet ouvrage.

128. Plateau central. — Le terrain azoïque uni au

granite primitif forme le sol d'une région considérable qui occupe le centre de la France et qui en forme en quelque sorte le noyau. Le plateau central est la portion de notre patrie qui sortit la première du sein des eaux et autour de laquelle les autres vinrent peu à peu se grouper. Ses limites passent près d'Avallon, Confolens, Castres, Privas et Lyon ; il a une élévation d'environ 750 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Son sol est formé de granite et de gneiss ; sur les bords il y a des micaschistes et des schistes micacés. Il est surmonté de plusieurs chaînes montagneuses qui s'élèvent comme des îles sur cette mer de granite. Celles du Limousin et de la Lozère sont elles-mêmes en granite et datent de l'âge azoïque. Les autres sont plus récentes ; ce sont les porphyres du Lyonnais et du Morvan, et les roches volcaniques du Mont-Dore, de la chaîne des Puys, du Cantal, etc. A part ces sommets qui sont souvent incultes, le plateau central est couvert de bois de châtaigniers ; mais dans les endroits où l'écoulement des eaux ne peut pas s'opérer, il y a des marécages. Les vallées offrent un peu de terre végétale ; on y cultive le seigle et le sarrasin ; il y a même d'excellentes prairies.

On trouve encore le terrain azoïque en Bretagne, en Vendée, ainsi que dans quelques points des Vosges, des Pyrénées et des Alpes.

CHAPITRE VIII

TERRAINS PRIMAIRES

ÈRE DES TRILOBITES

129. — Les temps paléontoniques (§ 104) se divisent en trois âges désignés sous les noms de primaire, secondaire, tertiaire. Les terrains qui se sont formés pendant ces âges portent les mêmes noms.

130. — Les terrains primaires sont au nombre de trois :

silurien, dévonien, carbonifère. Ils ont un certain nombre de caractères communs.

1. Caractères lithologiques.

131. — Les principales roches des terrains primaires sont :

ROCHES SÉDIMENTAIRES

Schiste.
Grès (§ 31).
Quartzite (§ 41S).
Psammite.
Grauwacke.
Poudingue (§ 32).
Calcaire marbre.
Houille.

ROCHES ÉRUPTIVES

Granite (§ 107).
Syénite (§ 123).
Diorite.
Porphyres.
Filons de quartz.
Filons métallifères.

132. Schiste. — Le schiste est une roche feuilletée composée : 1° de petits cristaux de silicate visibles seulement au microscope ; 2° de particules fragmentaires de quartz, de feldspath et de mica provenant de la destruction de roches plus anciennes ; 3° de débris organiques. A l'air, le schiste s'altère, perd de l'alcali et se transforme en argile.

L'ardoise est du schiste dur, peu altérable, se fendant en lames minces.

Le schiste renferme souvent des cristaux visibles à l'œil nu. Ce sont principalement des cubes de Pyrite que leur couleur jaune fait prendre pour de l'or, de petits octaèdres noirs d'Aimant et surtout des paillettes de Mica.

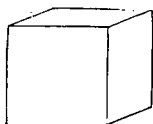


Fig. 40.
Pyrite cubique.

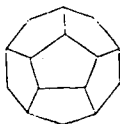


Fig. 41.
Pyrite dodécédrique.



Fig. 42.
Marcassite radiée.

133. — On appelle *Pyrite* le sulfure de fer (FeS^2). Il est jaune, brillant, assez dur pour faire feu au briquet ; de là lui vient son

nom. Les minéralogistes en distinguent deux espèces : l'une à laquelle on réserve le nom de *Pyrite* est d'un beau jaune laiton et cristallise en cube (fig. 40) ou en dodécaèdre pentagonal (fig. 41); l'autre, d'un jaune blanchâtre, est du système orthorhombique; elle se présente fréquemment en masses globuleuses à structure radiée (fig. 42); on la nomme *Marcassite* ou *Sperkise*. Elle s'altère facilement à l'air en se transformant en sulfate de fer; le schiste qui la contient donne alors naissance à du sulfate d'alumine que l'on peut employer pour faire de l'alun. Les pyrites des terrains primaires appartiennent généralement, mais non toutes, à la première espèce.

134. — Les grès (§ 31) primaires sont très-durs; on les désigne souvent, quoiqu'à tort, sous le nom de quartzites; dans les vrais quartzites que l'on rencontre aussi dans les terrains primaires, les grains de quartz ne sont pas discernables.

135. Psammite. — Le psammite est un grès micacé et schistoïde, c'est-à-dire divisible en feuillets plus ou moins minces.

136. Grauwacke. — On désigne ainsi une roche grossière, schistoïde, tenant le milieu, pour la composition, entre le schiste et le grès.

137. Calcaire. — Les calcaires primaires sont compactes, durs, susceptibles de conserver le poli. Ce sont des *marbres*. On ne les emploie toutefois pour ornementation que lorsqu'ils unissent aux qualités précitées une couleur agréable ou des dessins élégants.

Le carbonate de chaux est naturellement blanc; aussi le marbre doit-il ses couleurs à ce qu'il est imprégné de substances diverses. Le marbre rouge est coloré par de l'ocre rouge (sesquioxyde de fer anhydre); le marbre vert, par de la serpentine (silicate de fer et de magnésie); le marbre noir, par une matière charbonneuse ou bitumineuse.

Beaucoup de marbres présentent sur un fond coloré des veines ou des dessins blancs. Les premières sont dues à des filons de calcaire spathique, les seconds, à la cristallisation du test des coquilles qui sont enfermées dans le marbre.

138. Houille. — La houille ou charbon de terre est le

produit de la décomposition partielle des végétaux enfouis dans le sol.

Le bois est formé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, lorsqu'il se décompose à l'air libre, le carbone et l'hydrogène disparaissent à l'état d'acide carbonique et d'eau ; mais il ne peut en être de même lorsque le bois est enfoui dans la terre ou sous l'eau, à l'abri de l'air. La quantité d'oxygène qu'il renferme naturellement est insuffisante pour brûler complètement le carbone et l'hydrogène, il reste donc du carbone imprégné de divers carbures d'hydrogène volatils. C'est ce qui constitue la houille.

Quand la matière volatile est en grande quantité la houille convient parfaitement pour la fabrication du gaz ; en la brûlant dans nos foyers, elle donne beaucoup de flamme et aussi beaucoup de fumée. Si au contraire la matière volatile est peu abondante, la houille est sèche, elle brûle avec peu de flamme et de fumée, mais en dégageant plus de chaleur.

On désigne sous le nom d'*anthracite* une houille très-sèche d'un aspect métalloïde, qui s'allume difficilement, brûle sans flamme ni fumée et produit beaucoup de chaleur.

La houille renferme souvent de la pyrite ; elle a alors l'inconvénient de développer par la combustion et la distillation de l'acide sulfureux et de l'acide sulfhydrique dont les odeurs sont désagréables ; de plus, la houille pyriteuse ne peut servir pour l'exploitation du fer qu'elle rend cassant.

On rencontre fréquemment des fragments de houille colorés des plus vives nuances de l'iris. C'est le résultat d'une légère décomposition de leur surface qui produit le phénomène des lames minces.

139. — Parmi les roches éruptives des terrains primaires, on retrouve le granite (§ 107) et la syénite (§ 123), dont il a déjà été question à propos du terrain azoïque. Ces roches ont continué à faire éruption pendant la première partie de l'âge primaire.

140. Diorite. — La diorite est composée de cristaux de feldspath oligoclase et d'amphibole. Lorsque les cristaux sont assez gros, la couleur vert-noirâtre de l'amphibole se détache nettement sur la couleur blanche du feldspath. Mais si ces

minéraux sont à l'état de petits grains cristallins, la roche prend un aspect noir-verdâtre presque homogène. La diorite où l'amphibole domine de beaucoup sur le feldspath, porte le nom spécial d'*amphibolite*.

141. Porphyres. — Les porphyres constituent une famille de roches d'une structure particulière. Tandis que dans le granite, la syénite et la diorite, les divers minéraux sont à l'état de cristaux, les porphyres (*fig. 43*) se composent essentiellement d'une pâte feldspathique, compacte, dans laquelle sont enchâssés des cristaux de feldspath (§ 108) et accidentellement des cristaux de quartz (§ 109), de mica (§ 110), d'amphibole et de pyroxène¹.

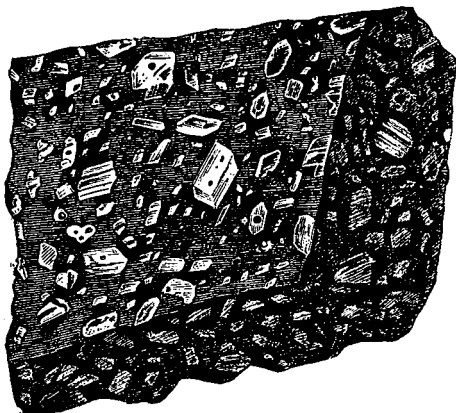


Fig. 43. — Porphyre.

Les principaux Porphyres sont l'*Hyalophyre* ou *Porphyre quartzifère*, qui contient des cristaux de quartz et de feldspath

1. 141^a. — L'*amphibole* et le *pyroxène* sont deux genres de minéraux très-voisins; ils diffèrent par leur forme cristalline et leur composition. Les pyroxènes sont des bisilicates $M Si^2 O^6$; les amphiboles renferment une petite quantité de silice en excès. Les uns et les autres cristallisent dans le système monoclinique (klinorhombique); mais le prisme est de $87^{\circ},6'$ pour les pyroxènes, et de $124^{\circ},30'$ pour les amphiboles. Lorsque ces minéraux sont à base de chaux et de magnésie, ils sont blancs; lorsqu'ils sont à base de chaux et de fer, ce qui est le cas le plus fréquent, ils sont noirs ou vert sombre. Le pyroxène noir est nommé *Augite* (§ 76^b); l'amphibole vert sombre ou noir est appelé *Hornblende*.

orthose (§ 108) ; l'*Orthophyre* ou Porphyre euritique, qui ne renferme que des cristaux d'orthose ; la *Porphyrite*, à cristaux d'amphibole et de feldspath oligoclase (§ 108) ; le *Mélaphyre*, qui présente, associé à des cristaux de pyroxène, un feldspath qui est généralement le labrador (§ 108^a).

Il arrive que par la disparition de tous les cristaux, les porphyres se trouvent réduits à une pâte homogène. On les appelle *Eurite* s'ils sont rouges, ou *Trapp* lorsque leur couleur est noire.

Certains porphyres sont employés pour la décoration. Les plus célèbres sont le *porphyre rouge antique* qui contient dans une pâte rouge des cristaux blancs d'oligoclase ; le *porphyre vert antique* qui présente dans une pâte verte des cristaux de labrador.

Depuis quelques années, on emploie dans les rues passantes et humides de Paris de petits pavés en porphyre provenant de Lessine et de Quenast (Belgique). Ces roches sont à base d'oligoclase.

141 (bis). Filons. — Les filons de quartz gras sont aussi abondants dans les terrains primaires que dans le terrain azoïque. On trouve dans les mêmes terrains des filons métalliques qui fournissent l'étain, le cuivre, le plomb, etc.

2. Caractères paléontologiques.

142. — Les terrains primaires sont caractérisés au point de vue de la faune par les Trilobites et les Euryptérides, crustacés du groupe des Mérostomates, par l'abondance des Crinoïdes, et des Brachiopodes, par les Nautilides, les Goniatides, les Poissons hétérocercques et par certains Reptiles.

143. Mérostomates. — Le caractère principal de cette sous-classe de Crustacés est d'avoir la bouche entourée de pattes dont la partie basilaire sert à la mastication (*fig. 44*). L'unique représentant de ce groupe dans la nature actuelle est la Limule ou Crabe des Antilles. On divise les Mérostomates en trois ordres : 1° les Xiphosaures (Ex. : Limule) qui étaient fréquents à la fin de l'âge primaire, pendant l'époque carbonifère ; 2° les Trilobites ; 3° les Euryptérides, animaux

de grande taille dont la tête est petite relativement au reste du corps; l'un d'eux, le *Ptérygotus anglicus* (fig. 44), atteint 2^m,30. On trouve leurs débris avec ceux des Trilobites dans

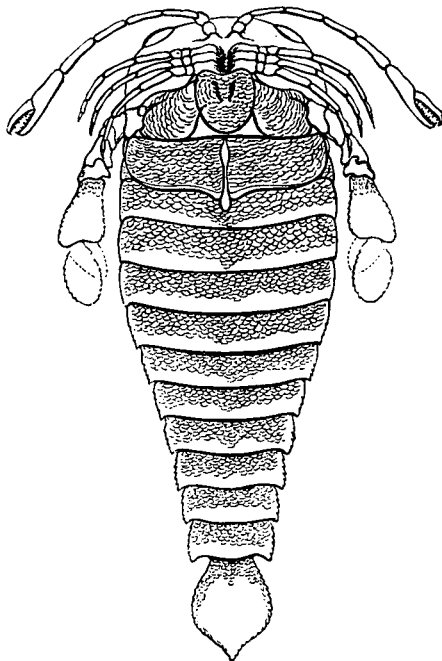


Fig. 44. — *Ptérygotus anglicus*.

les terrains primaires, mais ils y sont beaucoup plus rares.

144. Trilobites. — Les Trilobites doivent leur nom à ce que leur corps se divise longitudinalement en trois lobes. Leur tête a la forme d'un large bouclier demi-circulaire qui porte des yeux réticulés et qui se terminent généralement en pointes sur les côtés. Outre leurs pattes-mâchoires, ils en avaient d'autres fixées aux anneaux du thorax. Ils avaient comme les cloportes la faculté de se rouler en boule, mais c'étaient des animaux marins (fig. 57, 58, 59). Ils ont disparu avant la fin de l'âge primaire.

145. Crinoïdes. — Les Crinoïdes (*fig. 105*) sont des animaux voisins des étoiles de mer; ils s'en distinguent parce qu'ils ont deux ouvertures, l'une buccale, l'autre anale, tandis que les étoiles de mer n'en ont qu'une. Leurs bras; au lieu d'être creux et de loger un prolongement de l'intestin sont pleins et calcaires. La plupart étaient fixés au sol par une tige calcaire formée de disques ou articles empilés les uns sur les autres; ce qui les fait ressembler à des fleurs et a valu à la partie centrale du corps le nom de calice. La *Comatule* qui vit encore dans la Méditerranée n'est fixée que pendant le jeune âge; plus tard elle perd sa tige et se meut librement au fond de la mer. Les Crinoïdes si abondants dans les mers primaires sont devenus très-rare dans la nature actuelle.

146. Brachiopodes. — Les Brachiopodes¹ sont des animaux à coquille bivalve, dont la bouche est entourée de deux grands bras ciliés, enroulés en spirale (*fig. 45*). Ils

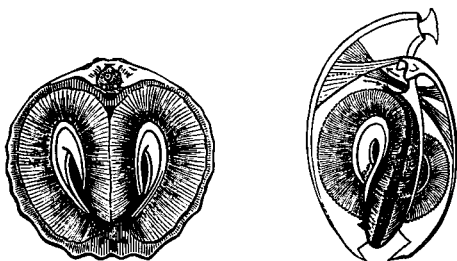


Fig. 45. — Brachiopode (Térébratule).

étaient excessivement abondants en nombre et en espèce à l'âge primaire. Les principaux genres propres à cet âge sont les *Spirifer* (§ 168) et les *Productus* (§ 175).

147. Nautilides et Goniatides. — Les Nautilides et les Goniatides sont deux familles de la classe des Céphalopodes. La première a pour représentant le Nautilé

1. Les Brachiopodes ont longtemps été considérés comme des mollusques; beaucoup de zoologistes les rapprochent aujourd'hui des Annélides ainsi que les Bryozoaires.

flambé (*fig. 46*) de la mer des Indes, la seconde se rapproche de la Spirule de la côte d'Afrique (*fig. 47*). Ces animaux, le

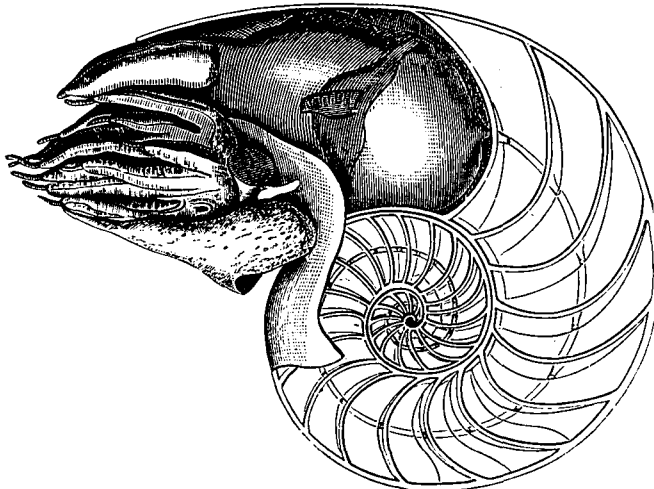


Fig. 46. — Nautile flambé (1/2 grandeur naturelle).
La coquille est fendue dans sa longueur.

second surtout, ont quelque analogie avec le Poulpe de nos mers. Ils ont une grosse tête terminée par une bouche en-



Fig. 47. — Spirule (1/2 grandeur naturelle).

tourée de bras. Chez la Spirule il y a dix bras, chez le Nautile il y en a un bien plus grand nombre. La première a deux branchies, le second en a quatre. Chez tous deux la partie inférieure du corps est renfermée dans une sorte de sac fermé autour du cou. Chez tous deux, il y a une coquille cloisonnée, mais cette coquille est très-mince et intérieure chez la Spirule; elle est plus épaisse et extérieure chez le Nautile.

Les genres des Nautilides sont caractérisés par la forme de la coquille : chez les *Orthocères* (fig. 48) elle est droite;



Fig. 48. — Orthocère.

chez les *Cyrtocères* elle est arquée; chez les *Gyroceres* (fig. 49), elle est enroulée sans que les tours se touchent; chez les *Nautilus* (fig. 46), elle est enroulée et les tours sont contigus; chez les *Lituites* la coquille après s'être enroulée régulièrement pendant quelques tours se projette ensuite en avant pour former une crosse; etc. Cette famille n'a guère survécu à l'âge primaire. Le genre *Nautilus* fait seule exception; c'est une des rares formes qui se sont conservées sans altération des temps les plus anciens jusqu'à nos jours.

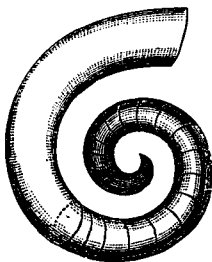


Fig. 49. — Gyrocère.

D'après des travaux tout récents, les *Goniatites* étaient voisines des *Spirules*; mais les cloisons au lieu de se souder à la coquille suivant une ligne circulaire présentaient des joints anguleux.

148. Poissons. — Les Poissons de l'âge primaire appartiennent aux *Plagiostomes* et aux *Ganoïdes*.

Les *Plagiostomes*, groupés actuellement des *Requins* et des *Raies*, comptaient alors dans leurs rangs de nombreuses espèces de la famille des *Cestraciontes* dont un dernier survivant habite de nos jours les côtes de l'Australie. Ce sont des animaux herbivores munis de dents aplaties (fig. 50). Comme chez tous les requins, leur queue est hétérocerque, c'est-à-dire que les deux lobes sont inégaux, la colonne vertébrale

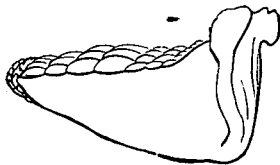


Fig. 50. — Mâchoire de Cestracionte.

se continuant dans le lobe supérieur qui est plus long que le lobe inférieur.

Cette particularité se retrouve aussi chez presque tous les Ganoïdes de l'âge primaire (*fig. 51*). Ces poissons ont en

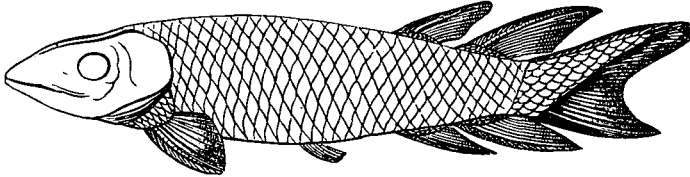


Fig. 51. — Poisson ganoïde. — *Dipterus* ($1/2$ grandeur naturelle).

outre pour caractères distinctifs leurs écailles en forme de plaques osseuses juxtaposées comme les pavés d'une rue.

Les Poissons ordinaires ou Téléostéens n'existaient pas encore.

149. Reptiles. — Les reptiles commencent à apparaître à la fin de l'âge primaire. Les uns sont des Lézards, les autres appartiennent à un ordre aujourd'hui perdu : celui des Labyrinthodontes.

150. — Les Lézards primaires se distinguent des lézards actuels par le mode d'attache de leurs dents. Elles sont implantées dans une alvéole comme celle de l'homme et des mammifères, tandis que chez nos lézards elles sont simplement soudées aux os maxillaires. Ces animaux devaient avoir des habitudes marines, comme de nos jours l'Amblyrhynque des îles Gallapagos ; ils devaient chercher leur nourriture en courant sur la plage ou dans le fond de la mer à une petite distance des côtes, car on voit souvent leurs pas imprimés sur des plaques de grès qui indiquent d'anciennes plages.

151. — Les *Labyrinthodontes* doivent leur nom à ce que la substance interne de leurs dents présente des sillons très-sinueux dessinant une sorte de labyrinthe (*fig. 52*). Ils se rapprochent par l'ensemble de leur organisation des grenouilles et des salamandres, mais ils s'en distinguent par les plaques osseuses dont leur corps est couvert, rappelant ainsi ce que l'on voit chez les crocodiles. Plusieurs espèces ont possédé une taille considérable. Rien ne devait être

hideux comme ces gigantesques crapauds, dont la tête qui faisait à elle seule la moitié du corps, atteignait plus d'un mètre de longueur. Les Labyrinthodontes se promenaient

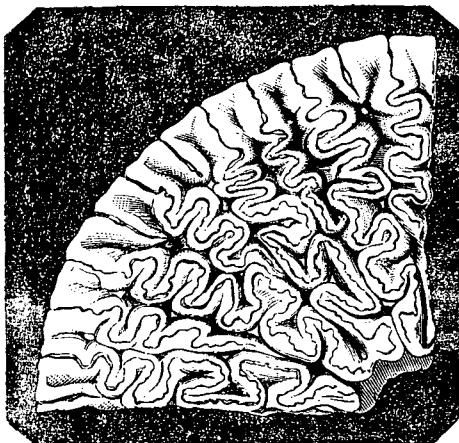


Fig. 52. — Coupe d'une dent de Labyrinthodon (grossie 10 fois).

aussi sur la plage, où ils ont souvent laissé l'empreinte de leurs pattes. Quelques espèces pouvaient avoir une vie plus aquatique, car ils possédaient tout à la fois des poumons et des branchies comme certains reptiles batraciens de nos jours.

On n'a encore trouvé dans les terrains primaires aucun reste de mammifères ni d'oiseaux.

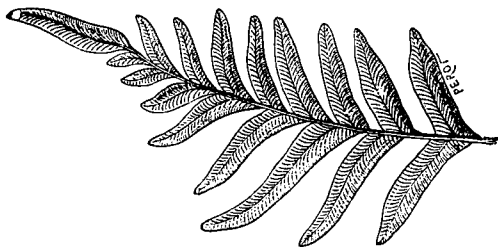


Fig. 53. — Feuille de fougère (étage houiller).

152. Végétaux. — La Flore de l'âge primaire, que

nous révèlent de nombreux dépôts houillers, diffère essentiellement de la Flore actuelle. Il n'y avait pas de fleurs; le monde végétal était à peu près réduit aux Cryptogames et à quelques Gymnospermes.

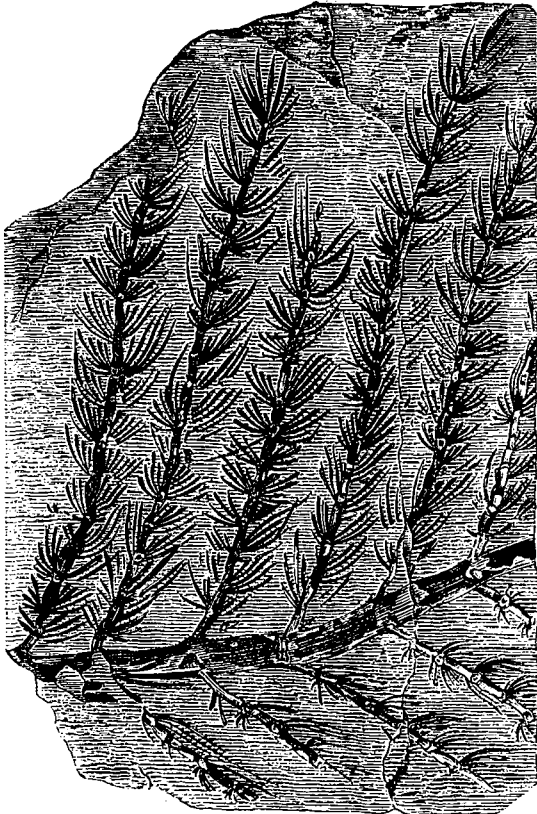


Fig. 54. — Astérophylite, rameau de Calamophyllites (étage houiller).

153. Cryptogames. — Les Fougères (*fig. 53*) étaient déjà représentées par des genres nombreux. Tandis que les fougères de nos climats tempérés ont une tige souterraine

d'où sortent des feuilles annuelles, celles des contrées tropicales acquièrent un tronc ligneux aérien, une taille élevée et un port semblable à celui des Palmiers. A l'époque houillère, il y avait aussi des fougères arborescentes, d'autres étaient herbacées. Parmi celles-ci quelques espèces formaient des touffes de 6 à 7 mètres de haut qui vivaient à l'ombre des grands arbres appartenant aux ordres des Lycopodiacées, des Equisétacées et des Gymnospermes.

Au lieu de ces obscures Prêles (*Equisetum*) que l'on voit dans nos marécages, de ces frêles et élégants Lycopodes, dont la hauteur dépasse à peine quelques décimètres, l'âge primaire a vu croître les *Calamites* (fig. 56 bis, F) aux tiges cannelées et articulées, de 4 à 5 mètres de hauteur; les *Calamophyllites* (fig. 56 bis, G) qui, avec une structure analogue,

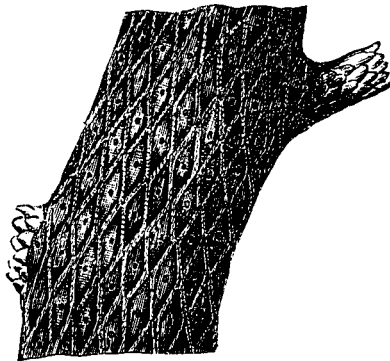


Fig. 55. — Fragment de *Lépidodendron* (étage houiller).

atteignaient une hauteur de 6 à 7 mètres; les *Lépidodendron* (fig. 55 et 56 bis, E), lycopodiacées de 30 mètres de haut, dont le tronc, simple dans le bas, se ramifiait par dichotomie dans les parties supérieures. Il était couvert de feuilles linéaires qui, en tombant, laissaient des empreintes en forme de losange (fig. 53).

154. Gymnospermes. — Les Gymnospermes sont caractérisés essentiellement par leurs ovules nus et non enveloppés dans un ovaire. Ils se divisent en deux familles : les Conifères qui comprennent nos arbres verts, Pin, Sapin, Mélèze, et les Cycadées, plantes des pays chauds, qui ont le port des Palmiers. On rapporte aux Cycadées les *Neggerathia* du terrain houiller et aux Conifères, les *Walchia* et les *Ulmannia* qui vivaient à la fin de l'âge primaire.

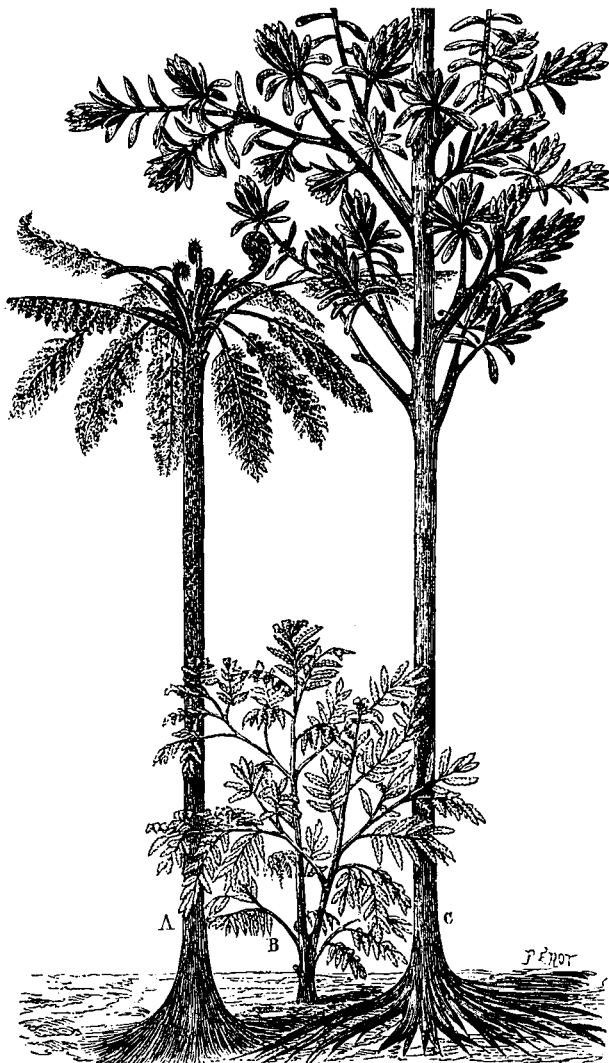


Fig. 56. — Végétation à l'époque houillère.
A, Fougère arborescente ; B, Fougère herbacée ; C, Cordaites.

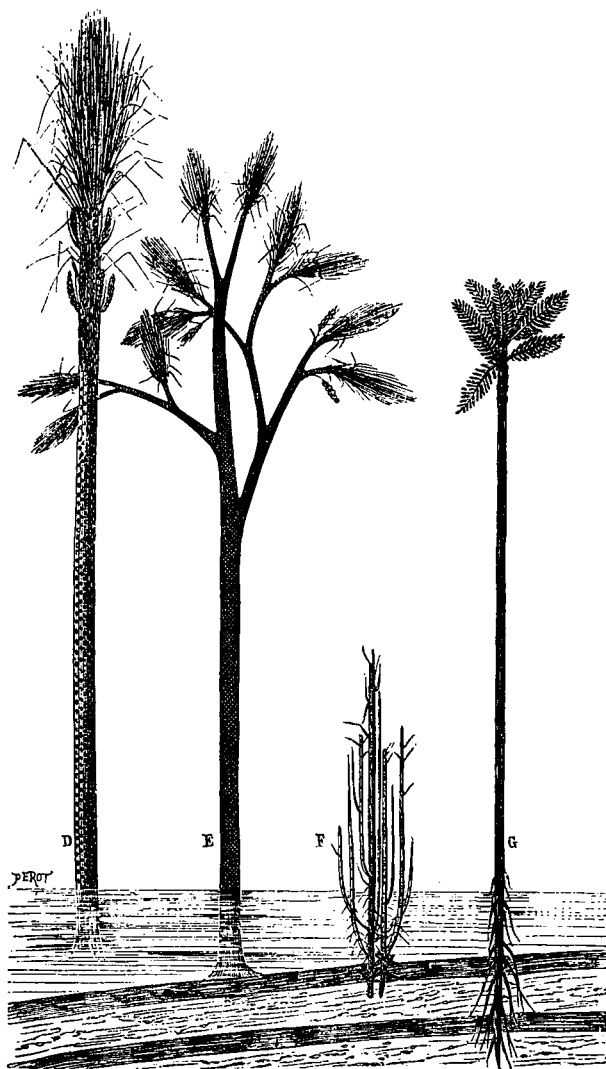


Fig. 56 bis. — Végétation à l'époque houillère.
 D, Sigillaria; E, Lépidodendron; F, Calamites; G, Calamophyllites.

Deux autres familles de l'Âge primaire appartiennent au même groupe des Gymnospermes : les Cordaites (*fig. 56, C*), grands arbres de 30 à 40 mètres de hauteur, dont les feuilles étaient assez larges et portaient des nervures parallèles très-fines et très-nombreuses; les Sigillariées (*fig. 56, D, et 72*) qui ne leur cédaient pas en taille et qui étaient couverts de feuilles linéaires rangées en spirale comme les Lépido-dendrons. La surface de leur tronc était en outre cannelée et les impressions laissées par la chute des feuilles simulaient une empreinte de cachet (*sigillum*). On désigne sous le nom de *Stigmaria* les racines de *Sigillaria*; elles avaient d'abord été prises pour des végétaux spéciaux.

3° Caractères stratigraphiques.

155. — Les couches de l'âge primaire sont inclinées, plissées, contournées, traversées de nombreux filons. Elles forment les contrées montagneuses du nord de l'Europe et constituent un sol généralement peu fertile, propre à la culture des forêts.

La région où l'on peut plus facilement se rendre compte de la structure de ces terrains anciens est la chaîne montagneuse qui s'étend du nord de la France à la Pologne et qui a été désignée sous le nom général de monts Hercyniens. Elle comprend l'Ardenne, le Hunsrück, le Taunus, le Hartz, l'Erzgebirge, le Riesengebirge, etc. Les fleuves comme la Meuse, le Rhin, l'Elbe qui prennent leurs sources au sud de cette chaîne, doivent, pour se rendre à la mer du Nord, la traverser dans des fentes étroites, dont l'homme a aussi profité pour établir des routes et des chemins de fer.

156. Coupe de l'Ardenne. — L'Ardenne, qui constitue l'extrémité occidentale des monts Hercyniens, fournit un excellent exemple de la structure des terrains primaires. Elle a aussi l'avantage de pouvoir être facilement étudiée dans la fente qui livre passage à la Meuse entre Mézières et Namur. (*Pl. I, fig. 1.*)

Au nord de Mézières s'élève un plateau de 460 mètres d'altitude formé de quartzites et de schistes, traversés par

des filons de porphyre. On y exploite les ardoises de Deville et de Fumay. A Fumay, le plateau s'abaisse; on y voit alors reposer en stratification discordante sur les ardoises, une série de grès, de schistes et de grauwackes, souvent rouges avec le *Pleurodyctum problematicum* et le *Spirifer lævivosta*; viennent ensuite les calcaires qui supportent la citadelle de Givet et qui sont caractérisés par le *Strigocephalus Burtini*; puis des schistes et des grès remplis de *Spirifer Verneuli*. Ils sont surmontés par les calcaires marbres qui constituent les rochers si pittoresques des environs de Dinant, et dans un pli de ces calcaires, il y a un petit bassin houiller. Au nord de Dinant, toutes les couches se relèvent; on voit successivement apparaître les grès à *Spirifer Verneuli*, le calcaire de Givet, les schistes et les grès rouges qui reposent en stratification discordante sur des schistes à *Trinucleus*. Près de Namur, on trouve un autre bassin comparable à celui de Dinant. Toutefois les schistes et les grès rouges n'y sont pas représentés, et les couches houillères y sont beaucoup plus développées. C'est la place du grand bassin houiller franco-belge. Plus au nord, reparaissent les schistes à *Trinucleus* qui ne tardent pas à s'enfoncer sous les terrains tertiaires de Bruxelles.

Les couches à *Trinucleus* et celles qui comprennent les quartzites et les ardoises de l'Ardenne appartiennent au terrain silurien.

Les grès et schistes rouges à *Pleurodyctum*, le calcaire de Givet et les grès et schistes à *Spirifer Verneuli* constituent le terrain devonien que l'on divise en inférieur, moyen et supérieur. Le calcaire de Dinant et les couches houillères sont les étages inférieur et moyen du terrain carbonifère; l'étage carbonifère supérieur manque dans cette région, ainsi que l'étage silurien supérieur.

TERRAIN SILURIEN.

RÈGNE DES TRILOBITES.

157.—Le terrain silurien doit son nom à ce qu'il a été pour la première fois distingué des autres terrains primaires dans le pays des Silures (Angleterre)¹.

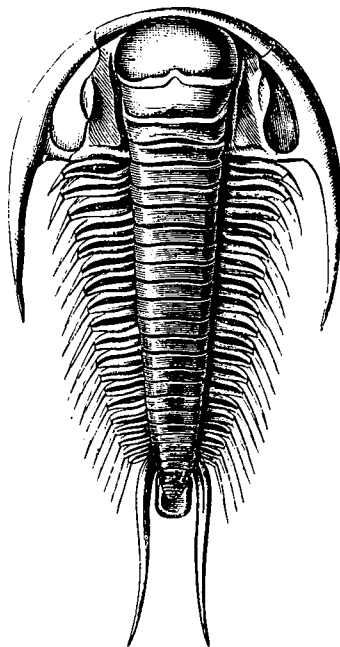


Fig. 57. — Paradoxides.

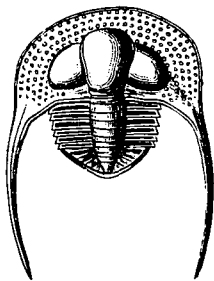


Fig. 58. — Trinucleus.

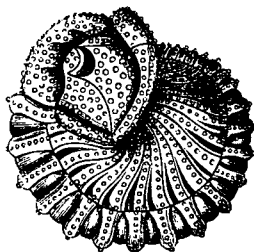


Fig. 59. — Calymène.

C'est à ce terrain qu'appartiennent les ardoises d'Angers, de Rimogne et de Fumay, les grès blancs qui forment les crêtes de la Bretagne, les quartzites de l'Ardenne, les porphyres de Lessines, les filons de cuivre du Lac Supérieur.

1. La base du terrain silurien a souvent été désignée sous le nom de cambrien.

158. — Les *Trilobites* sont les fossiles les plus abondants de cette période.

Les *Paradoxides* (fig. 57) qui caractérisent l'étage silurien inférieur ont un abdomen très-petit, un grand thorax composé de seize à vingt anneaux et une tête qui se termine en arrière en deux grandes pointes dites *pointes génales*. Ils sont dépourvus d'yeux.

Les *Trinucleus* (fig. 58) caractéristiques de l'étage silurien moyen ont au contraire un abdomen considérable relativement au thorax qui n'a que 6 anneaux; la tête est très-grande, entourée d'un limbe perforé, et munie de pointes génales très-longues. Ils n'ont pas plus d'yeux que les précédents.

Les *Calymènes* ont les trois parties du corps bien proportionnées, et des yeux à facettes très-développées; elles manquent de pointes génales. On les trouve dans l'étage moyen et supérieur; une espèce, *Calymène Blumenbachii*, est caractéristique de l'étage supérieur.

C'est aussi à l'époque silurienne que les Nautilides ont pris leur plus grand développement.

159. — Beaucoup de crinoïdes siluriens appartiennent à

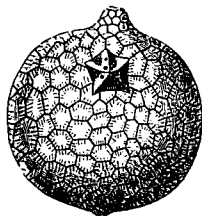


Fig. 60. — Cystidées.

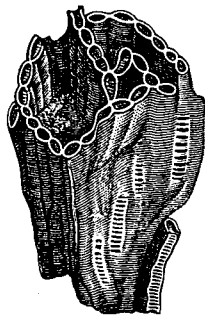


Fig. 61. — Halysites catenularia

une famille particulière, celle des *Cystidées* (fig. 60) très-reconnaissables parce qu'ils ont sur le côté du calice une troisième ouverture dont la nature n'est pas encore bien déterminée, leur tige est très-courte, et leurs bras rudimentaires

ou nuls. On en connaît dans le terrain silurien trente-deux genres et cent quarante espèces.

160. — Un polyptier du terrain silurien possède une apparence particulière, c'est le *Halysites catenularia* (fig. 61). Vu par sa partie supérieure, on dirait une petite chaîne. Il est composé de tubes cloisonnés, juxtaposés en séries linéaires, ondulées et anastomosées.

Parmi les êtres qui vivaient à l'époque silurienne et dont la nature est peu connue, on doit citer les graptolites et les scolites.

161. — Les *Graptolites* (fig. 62) se présentent sous la forme d'une tige creuse tantôt droite, tantôt enroulée en spirale, dentée sur un des côtés; chaque dent est elle-même creuse et représente un petit godet qui communique avec le tube de la tige. L'hypothèse la plus probable que l'on ait faite sur ces animaux, les assimile aux Sertulaires ou polypes hydriques de la classe des Acalèphes. Les graptolites sont propres au terrain silurien.



Fig. 62. — Graptolite.

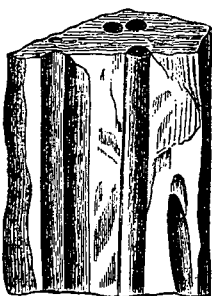


Fig. 63. — Scolites.

162. — On désigne sous le nom de *Scolites* (fig. 63) deux petits cylindres accolés. Comme on ne les trouve que dans

les grès, on admet que ce sont des traces de vers marins semblables aux arénicoles. Ces vers vivent sur la plage et se creusent dans le sable deux trous cylindriques qui communiquent par le bas : l'un sert à l'entrée de l'animal, l'autre à sa sortie.

163.—La période silurienne fut témoin d'éruptions volcaniques. Les porphyres à base d'oligoclase, de Quénast et de Lessines en Belgique, dont on fait des pavés pour Paris, sont d'épaisses coulées de lave intercalées dans les couches siluriennes du Brabant.

Enfin on peut rapporter à l'époque silurienne le remplissage des filons de cuivre du lac supérieur, des filons d'argent du Hartz, et les filons de mercure d'Almaden en Estramadure:

164. — Le terrain silurien existe dans l'Ardenne, comme on vient de le voir, mais il est mieux développé dans la Bretagne.

La *Bretagne* réunie au Cotentin et à la Vendée, constitue une région spéciale formée de granite, de terrain azoïque et de terrain primaire. Elle est limitée à l'Est par une ligne sinueuse passant par Valognes, Alençon, Angers, Parthenay, et au Sud par une ligne tirée de Parthenay aux Sables d'Olonne.

On distingue deux grandes bandes de terrain granitique et azoïque, dont l'une se dirige de Brest à Alençon, et l'autre, allant de la pointe de Douarnenez à Parthenay, s'élargit vers le Sud-Est et couvre toute la Vendée. Ces deux zones sont formées de granite, de gneiss, de micaschiste et de schistes plus ou moins métamorphiques, très-souvent maclifères¹ (§ 117). Elles se réunissent au Nord-Ouest de Pontivy, de manière à séparer trois bassins, celui du Cotentin au Nord, celui de Rennes à l'Est et celui du Finistère à l'Ouest. C'est dans ces trois bassins que l'on trouve le terrain silurien.

La roche silurienne la plus ancienne de la Bretagne est le grès blanc à scolites qui forme le sommet des collines les plus hautes, en particulier des monts d'Arrée et des Montagnes-Noires, et dont la base est souvent colorée en rouge.

1. Dans notre carte ces schistes sont réunis aux terrains primaires.

Au-dessus de ces grès viennent des schistes à trilobites (*Trinucleus*, *Calimène Tristani*, *Ilænus*) qui fournissent les ardoises d'Angers.

165. — Le terrain silurien est très-développé dans le Nord de l'Europe, en Russie et en Scandinavie. Dans cette dernière région, on trouve sous les couches à *Paradoxides*, des grès remplis de fucoïdes et de traces de vers. Ce sont les plus anciens restes authentiques d'êtres organisés.

TERRAIN DÉVONIEN.

RÈGNE DES SPIRIFÈRES.

166. — Le nom de Dévonien vient du comté de Devon où ce terrain a été étudié avec soin par les géologues anglais. Il a remplacé ceux de vieux grès rouge et de grauwacke qui désignaient un ensemble de couches où dominaient soit le grès rouge, soit la grauwacke.

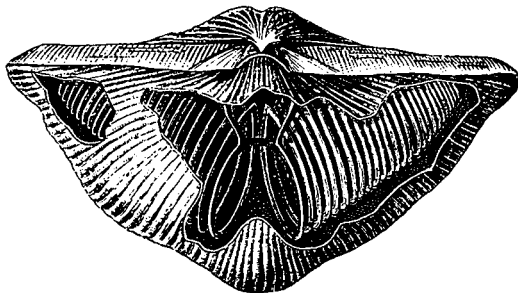


Fig. 63 bis. — Spirifer ouvert pour montrer l'appareil interne.

167. — C'est au terrain dévonien qu'appartiennent la grauwacke des bords du Rhin, les grès de la Belgique que l'on emploie maintenant pour paver à Paris et dans le nord de la France, les marbres à fond noir, Sainte-Anne et Glageon, les marbres rouges tels que le rouge de Flandre et le griotte; le minerai de fer oligiste rouge des environs de Namur, etc.

168. — L'époque dévonienne est essentiellement caractérisée par le grand développement de la famille des Spiriférides comprenant les genres *Spirifer*, *Spirigera*, *Atrypa*. Chez

ces animaux, les bras ciliés (§ 146) étaient soutenus par une charpente calcaire interne, roulée en spirale; on peut quelquefois la voir lorsqu'on parvient à séparer les deux valves de la coquille. Dans la plupart des gisements dévoniens, certaines espèces de spiriférides se rencontrent en nombre prodigieux, tels sont les *Atrypa reticularis*, *Spirigera concentria*, *Spirifer Verneuili* et *Spirifer lævicosta*. Les Spirifères ont une

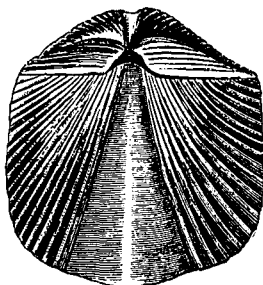


Fig. 64. — *Spirifer lævicosta*.

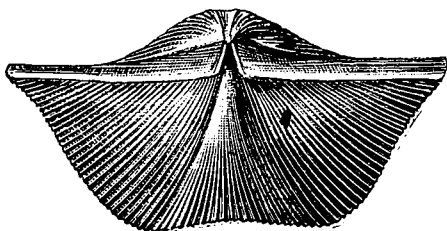


Fig. 65. — *Spirifer Verneuili*.

coquille allongée transversalement, divisée en trois parties : une partie médiane qui forme bourrelet dans une valve et sillon dans l'autre, et deux parties latérales disposées en ailes.

Le *Spirifer lævicosta* (fig. 64) a des plis uniquement sur les ailes; le *Spirifer Verneuili* (fig. 65) en présente sur le bourrelet et le sinus, aussi bien que sur les ailes.

Le *Spirifer Verneuili* caractérise l'étage dévoniens supérieur, le *Spirifer lævicosta* et ses congénères sont spéciaux à l'âge dévoniens inférieur.

Un autre brachiopode, le *Strigocéphale* (fig. 66) est très-caractéristique de l'étage dévoniens moyen.

- 169. — La famille des *Goniatides* (§ 147) eut aussi à l'époque dévoniens son plus grand développement. Dans le marbre griotte, on voit se dessiner sur un fond brun des

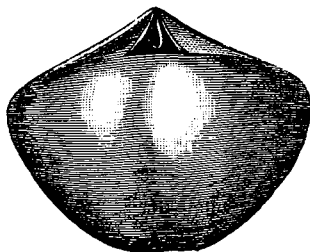


Fig. 66. — *Strigocéphale* (1/2 gr. nat.).

coquilles d'un rouge vif qui proviennent d'animaux de cette famille.

Les Tribolites, au contraire, qui étaient si communs à l'époque silurienne, diminuent beaucoup.

170. — Dans quelques pays, en Angleterre et en Russie, le terrain dévonien renferme de nombreux restes de poissons. Chez les poissons ganôides dévoniens, tels que les *Dipterus* (fig. 51) et les *Holoptychius*, les nageoires pectorales présentent un axe osseux à partir duquel divergent de côté et d'autre les rayons de la nageoire.

A la fin de l'époque silurienne et au commencement de l'époque dévonienne vivaient des poissons singuliers dont la nature n'est pas encore bien connue; leur corps était couvert de larges plaques osseuses formant comme un bouclier. On les rapproche soit des esturgeons, soit des silures.

171. — Parmi les formes remarquables rencontrées dans le dévonien, on doit citer le *Pleurodyctium problematicum* (fig. 68) et la *Calceola sandalina* (fig. 67). Le premier fossile est le moule interne d'un polypier à cloisons perforées; au centre on trouve presque toujours la trace d'un ver. Le second (fig. 67) a été longtemps rapporté aux brachiopodes, mais l'opinion prédominante est que c'est un polypier dont la cavité était fermée d'un opercule.

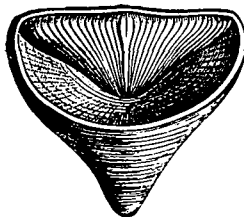


Fig. 67. — *Calceola sandalina*.

172. — Dès l'époque dévonienne on connaît une flore terrestre. Les essences forestières prédominantes étaient les *Lepidodendron* et les *Psilophyton* de la famille des Lycopodiacées.

173. Distribution géographique du terrain dévonien. — La région de l'Europe qui présente le plus beau développement du terrain dévonien est la chaîne des monts Hercyniens dont il a été question plus haut. Tous les rochers des bords du Rhin entre Bingen et Bonn sont dévoniens. A l'extrémité occidentale des monts Hercyniens, dans les départements des Ardennes, du Nord et dans la Belgique, le terrain dévonien est aussi d'une étude très-facile. On a vu

Il s'y divise en trois étages. L'étage inférieur, où l'on trouve *Spirifer lævicosta*, *Calceola sandalina*, *Pleurodyctium*

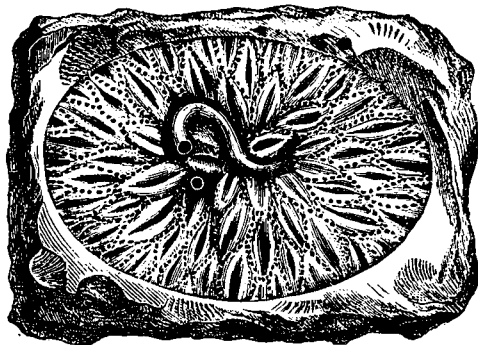


Fig. 68. — *Pleurodyctium problematicum*.

problematicum, est formé de roches schisteuses et arénacées; l'étage moyen, avec le *Strigocephalus Burtini*, est essentiellement calcaire; l'étage supérieur, avec le *Spirifer Verneuli*, bien que schisteux et arénacé, comme l'inférieur, contient cependant des calcaires dont plusieurs sont utilisés pour la marbrerie, tels que le Sainte-Anne, le Couslore, le Rouge de Flandre. Le calcaire dit Steinkalk de Ferques, près de Boulogne-sur-Mer, est du même âge.

En Bretagne, le terrain dévonien inférieur remplit l'intérieur des bassins siluriens : il y est aussi formé de grès et de schistes : on doit y rapporter les ardoises de Châteaulin, les calcaires de la rade de Brest, de Néhou et de quelques autres localités. Dans le sud de la Bretagne, près d'Ancenis, on trouve le terrain dévonien supérieur qui contient un lambeau d'anthracite ou plutôt de houille sèche.

Le terrain dévonien existe dans les Vosges, dans les montagnes du Var et dans les Pyrénées.

Dans le nord de l'Angleterre et en Écosse, les trois étages du terrain dévonien sont uniquement représentés par du grès rouge dont les seuls fossiles sont des poissons.

En Angleterre et en Allemagne, on voit des roches volcaniques dans le terrain dévonien.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

1. Règne des *Productus*.

174. — Le terrain carbonifère est ainsi appelé parce qu'il est le principal gisement du charbon minéral. Outre le charbon, on y exploite des marbres dont le plus estimé est le *petit granite* de Belgique, des grès employés pour le pavage, du minerai de fer à l'état de carbonate, du minerai de cuivre à l'état de sulfure, etc.

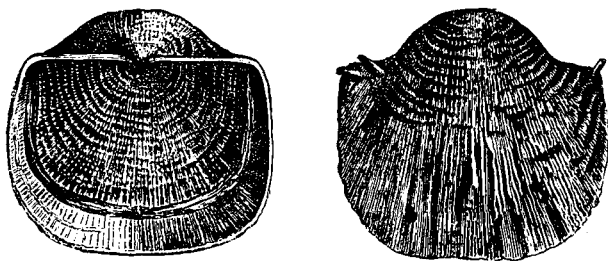


Fig. 69. — *Productus semireliculatus* (étage carbonifère inférieur).

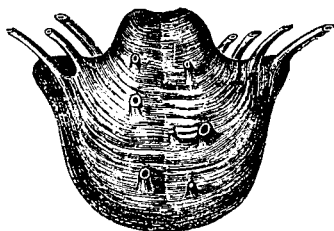


Fig. 70. — *Productus horridus* (étage carbonifère supérieur).

Les éruptions porphyriques ont été extrêmement nombreuses pendant l'époque carbonifère. C'est alors que se sont fait jour les porphyres du Lyonnais, les mélaphyres du Palatinat, qui contiennent des nodules d'agate, les porphyres prismatiques de l'île d'Arrau en Écosse et bien d'autres.

175. — Sous le rapport des espèces animales que l'on y

rencontre, le terrain carbonifère mérite d'être appelé le règne des Productus

Les Productus (*fig. 69 et 70*) sont un genre de la classe des Brachiopodes qui ne possédait aucun appareil intérieur pour soutenir les bras spiraux; ils ont une valve convexe et l'autre concave, ce qui laissait peu d'espace pour le corps de l'animal, aussi les bras étaient-ils très-petits. De la coquille s'échappent des tubes en forme d'épines dans lesquels pénétraient des prolongements de la peau. Ce genre aujourd'hui perdu existait déjà à l'époque dévonienne, mais c'est à l'époque carbonifère qu'il a pris tout son développement et il ne l'a pas dépassée.

La famille des Spirifères a continué à prospérer pendant l'époque carbonifère.

176. — Les premiers Oursins apparaissent alors, en même temps que s'éteignent les derniers Trilobites.

177. — Les mers carbonifères étaient habitées par de nombreux poissons appartenant les uns à la famille des Cestraciontes, les autres au groupe des Ganoïdes. Parmi ceux-ci, à la famille des *Dipterus*, qui est essentiellement dévonienne, succède celle des *Paleoniscus*.

178. — Les premiers reptiles datent de l'époque carbonifère. Ils y sont représentés à la fois par les Labyrinthodontes et par les Lacertiens thécodontes.

Ce ne sont pas les seuls animaux terrestres. On connaît encore de la même époque, une araignée, un scorpion, plusieurs blattes (insectes de l'ordre des orthoptères, dont une espèce qui pullule sous les fours des boulangers porte le nom vulgaire de cri-cri), une libellule, un mille-pattes, et un pupa, mollusque gastéropode pulmoné que l'on a trouvé dans un tronc d'arbre creux avec un petit reptile voisin des salamandres.

179. — Les plantes de l'époque carbonifère appartiennent essentiellement aux Cryptogames (§ 153) et aux Gymnospermes (§ 154). Les Lycopodiacées dominent à la base, ce qui n'a rien d'étonnant puisqu'ils formaient essentiellement la flore terrestre du terrain dévonien. Plus tard, les Calamites, les Fougères, les Sigillariées et les Cordaites se mêlent aux Lycopodiacées et deviennent bientôt prépondé-

rantes; à la fin de l'époque carbonifère, les Conifères se montrent avec quelque fréquence.

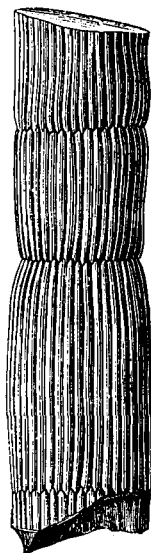


Fig. 71. — Calamites (1/2 gr.)

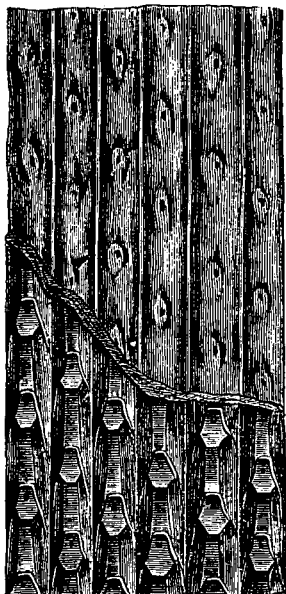


Fig. 72. — Sigillaria (1/2 gr. nat.) 1.

180. Formation de la houille. — Les dépôts houillers jouent un grand rôle dans le terrain carbonifère sous le rapport minéralogique et surtout sous le rapport économique. On a constaté que chaque veine de houille possède un ensemble de végétaux, ou comme on dit, une florule qui permet de la reconnaître bien plus facilement que sa composition chimique qui varie d'un point à un autre, avec les circonstances géologiques.

La houille a dû se former dans des vallées marécageuses couvertes d'une végétation luxuriante. Des arbres à croissance rapide s'y enchevêtraient en formant une forêt inextricable,

1. Dans la partie supérieure de la figure, l'écorce est conservée, elle a été enlevée dans la partie inférieure.

puis s'affaissaient pour faire place à des pousses plus jeunes. Tous ces débris s'accumulaient sur un sol imprégné d'humidité, que venaient souvent recouvrir des eaux d'inondations. Ils s'y carbonisaient lentement à l'abri du contact de l'air.

Dans le sud du Yorskire, en Angleterre, on a trouvé une de ces anciennes forêts de *Sigillaria* encore en place. Les racines ou *stigmaria* sont disposées horizontalement dans une couche de schiste terreux analogue à l'argile ; elles adhèrent encore à une partie des tiges qui ont été rompues à la base, mais dont on retrouve les troncs dans les grès qui surmontent la couche argileuse. L'administration de la mine a fait établir quelques constructions pour conserver les restes de cette antique forêt. De tels faits sont fréquents dans les gîtes houillers du nord de la France, mais ils ont été moins bien observés.

Généralement chaque couche de houille se trouve entre deux couches de schiste.

La couche inférieure, désignée sous le nom de *mur*, est traversée en tous sens par les *stigmarias* ou racines et par leurs radicules ; c'est l'ancien sol de la forêt. Comme le sol de nos forêts actuelles, il a été dépouillé, par la végétation, des sels de fer, aussi on s'en sert en Allemagne et en Angleterre pour la fabrication des poteries réfractaires.

Le schiste supérieur à la houille, désigné sous le nom de *toit*, est bien stratifié, feuilleté, micacé, couvert d'empreintes de feuilles et de tiges, riche en fer. Il a dû se produire lorsque des eaux plus abondantes transformaient certaines parties de la forêt en un lac, où des ruisseaux, et peut-être même des rivières apportaient des sédiments de nature argileuse. Souvent ces cours d'eau charriaient du sable et dans les moments où l'eau baissait, il pouvait naître sur ces sables une végétation de Calamites qui poussaient là, comme les Prêles de nos jours.

181. Division du terrain carbonifère. — On divise le terrain carbonifère en trois étages :

1° L'étage inférieur, où le calcaire carbonifère est une formation marine dans le nord de la France, en Belgique et dans le sud de l'Angleterre. Il contient une grande abon-

dance de *Productus*, entre autres le *Productus semireticulatus* (fig. 71); il fournit des pierres de taille et des marbres estimés; tels que les marbres de Marquise, près de Boulogne; le Petit Granite des Ecaussines, et le Griotte des Pyrénées. Dans le nord de l'Angleterre et dans certaines parties de l'Allemagne, il contient de la houille.

2° L'étage moyen est l'étage houiller par excellence; c'est à lui qu'appartiennent presque tous les dépôts charbonneux de France, d'Angleterre et d'Allemagne. Les *Sigillaria* (§153, fig. 58 et 72) et les *Calamites* (fig. 71 et 54) y sont en très-grande abondance.

3° L'étage supérieur est souvent séparé du terrain carbonifère, sous les noms de terrain pénéen, permien, dyas. Il est essentiellement formé de grès rouge et de calcaire dolomitique, dit *Zechstein*. Les fossiles y sont rares; dans le *Zechstein*, on rencontre un *productus* à longues épines, le *Productus horridus* (fig. 70). Entre le grès rouge et le *Zechstein*, il y a, dans le centre de l'Allemagne, une couche de schiste peu épaisse, mais fort importante pour l'industrie, car elle est imprégnée de sulfure de cuivre, qui fournit un excellent minerai. On la nomme *Kupferschiefer*.

L'étage pénéen est très-développé en Allemagne et en Russie, mais il est fort réduit en France, où on ne le trouve guère qu'autour des Vosges et près de Nefflès (Hérault).

182. — Les **bassins houillers** de France sont en relation avec les massifs de terrain primaire : Ardennes, Vosges, Plateau central, Alpes, Esterel, Bretagne. Ils ne sont pas tous du même âge géologique. Les plus anciens sont caractérisés par les *Lycopodiacées*; avec l'âge moyen apparaissent en abondance les *Sigillaria* et les *Calamites*; puis ces familles ont diminué d'importance et les forêts houillères ont été peuplées principalement d'*Annularia*, de *Cordaites* et de *Fougères*. Les couches houillères de ce dernier âge, que l'on pourrait lui-même subdiviser, sont souvent réunies sous le nom de terrain houiller supérieur.

Le bassin du Nord appartient à l'âge des *Sigillaria*; il s'étend depuis la frontière belge jusque près de Boulogne-sur-

Mer ; mais il est interrompu, ou du moins il n'est pas reconnu entre Fléchinelle et Hardingen. A l'est, il se prolonge à travers toute la Belgique jusque sur les bords de la Ruhr, au delà d'Aix-la-Chapelle. A l'ouest, on peut admettre qu'il se relie aux dépôts houillers du pays de Galles. Les couches charbonneuses y reposent directement sur le calcaire carbonifère qui est un dépôt marin et on a constaté que la mer a parfois envahi les marécages où se développaient les forêts houillères. Des mouvements du sol ont relevé, plissé et brisé ces couches avant la fin de l'époque carbonifère ; aussi n'y sont-elles pas complètes. Le terrain houiller, bien visible en Belgique, s'enfonce dans le nord de la France, sous 100 à 200 mètres de terrain crétacé et tertiaire, appelé par les mineurs terrain mort.

On ne peut plus citer que pour mémoire le bassin de la Sarre, au pied du Hunsdrück, qui nous a été enlevé successivement par les traités de 1815 et de 1871. Il appartient à l'âge des Fougères et se relie au grès rouge de l'étage carbonifère supérieur qui le surmonte.

Il en est de même du petit bassin de Ronchamps, dans les Vosges, à l'est de Vesoul.

Les bassins du plateau central sont situés dans les plis du terrain granitique. La houille y est accompagnée de couches de grès et de poudingue ; elle s'y trouve en veines d'une grande épaisseur, comme à Blanzay, où l'une d'elles a 20 mètres. Ces houilles sont presque toutes de l'âge des Annularia, des Cordaites et des Fougères.

On peut diviser ces bassins houillers du plateau central en trois séries : les uns, et ce sont de beaucoup les plus importants, sont situés sur le flanc est ; tels sont les bassins d'Autun ou d'Épinac, de Blanzay, de Saint-Etienne et d'Alais.

D'autres sont situés sur le flanc sud-ouest du plateau : bassin de Brives, de Decazeville, de Rodez, de Carmaux, près Albi, de Graissessac (Hérault).

La troisième série, située dans l'intérieur du plateau, se compose d'une ligne de petits bassins dirigés de Decize (Nièvre) à Mauriac. Les plus importants sont ceux de Decize et de Commentry (Allier). Le bassin d'Ahun (Creuse), situé

un peu à l'ouest, a acquis depuis quelques années une grande importance.

Dans le massif de terrain primaire breton-vendéen, on trouve les bassins de Vouvant, en Vendée; de Saint-Pierre-la-Cour, près de Laval; de Littry, près Bayeux, et celui de la Basse-Loire, près d'Ancenis; ce dernier bassin appartient au terrain dévonien et à l'âge des *Lepidodendron* (§ 153).

Dans les Alpes, se trouvent les petits bassins de la Maurienne et de la Tarentaise, dont la houille a été transformée en anthracite. Sur les Montagnes des Maures, de Toulon à Grasse, s'étend une bande houillère très-étroite et très-irrégulière, qu'on a presque renoncé à exploiter.

Production des principaux bassins houillers de France, en 1874.

Nord et Pas-de-Calais	6.614.000 tonnes.
Vosges (Ronchamp).	205.000 —
Morvan (Creusot, Blangy, Épinac)	1.222.000 —
Est du Plateau central (Saint-Étienne, etc.)	3.318.000 —
Sud-est du Plateau central (Alais, Graissessac, etc.)	1.838.000 —
Sud-ouest du Plateau central (Aubin, Carmaux, etc.)	979.000 —
Intérieur du Plateau (Decize, Commeny, Ahun, etc.)	1.919.000 —
Alpes	129.000 —
Esterel (Var)	3.000 —
Pyrénées	165 —
Bretagne et Vendée	273.000 —

CHAPITRE IX

TERRAINS SECONDAIRES

ÈRE DES REPTILES

183. — Les terrains secondaires sont au nombre de trois, désignés sous les noms de triasique, jurassique, crétaé.

1. *Caractères lithologiques.*

184. — Les principales roches des terrains secondaires sont :

ROCHES SÉDIMENTAIRES

Calcaire.
 Marne.
 Argile.
 Sable, Grès, Poudingue.
 Dolomie.
 Gypse.
 Sel gemme.
 Limonite.
 Lignite.

ROCHES ÉRUPTIVES

Diorite.
 Porphyres.
 Serpentine.
 Filons métalliques.

Le Calcaire est très-abondant dans les terrains secondaires ; il présente plusieurs variétés dont il sera question à propos de chacun de ces terrains.

La Marne ou Calcaire argileux est aussi très-fréquente. Il en est de même des Sables et des Grès.

185. Argile. — Parmi les Argiles secondaires, il y en a qui joignent à une grande pureté des couleurs très-vives. Ces circonstances ont fait penser qu'elles ne provenaient pas de la désagrégation et de l'altération des roches feldspathiques ou schisteuses, mais bien plutôt d'émanations sorties du

sein de la terre. Beaucoup de ces argiles sont employées à la fabrication des poteries.

186. Dolomie. — La Dolomie est un carbonate double de chaux et de magnésie; elle présente presque toujours une structure finement cristalline et une rugosité qui la fait reconnaître au toucher; il en est cependant de compactes. On doit généralement considérer la dolomie comme un dépôt formé dans des mers salées, riches en acide carbonique et en magnésie. Mais la dolomie a aussi, dans quelques cas, une origine métamorphique, car les calcaires rejetés par le Vésuve sont en partie changés en dolomie. On peut donc admettre que les dolomies rencontrées dans le voisinage des roches éruptives sont des calcaires métamorphisés par des émanations internes. Enfin certaines dolomies sont dues à ce que des eaux magnésiennes ont imbibé et métamorphisé des roches calcaires, postérieurement à leur dépôt et à leur consolidation.

187. Limonite. — La Limonite est du sesquioxyde de fer hydraté; elle forme fréquemment au milieu des terrains secondaires des couches composées de petits oolithes, ou de grains plus gros que l'on nomme pisolithes; d'autres fois, elle constitue des concrétions assez volumineuses. Ces couches de Limonite, exploitées dans beaucoup de localités comme minerais de fer, sont le produit de sources ferrugineuses.

188. Lignites. — On rencontre dans les terrains secondaires des dépôts de combustible que l'on qualifie généralement du nom de Lignites, mais dont la plupart sont des houilles véritables. Les vrais Lignites diffèrent de la houille par une carbonisation moins avancée de la matière végétale. Ils contiennent moins de 80 % de carbone.

189. Serpentine. — La Serpentine est une roche d'un vert foncé, formé d'un silicate de magnésie que l'on ne connaît pas à l'état cristallin. La Serpentine est quelquefois employée comme objet d'ornementation, mais son peu de dureté leur fait préférer le marbre serpentineux.

190. Filons métallifères. — Les Filons métallifères les plus abondants dans les terrains secondaires sont les filons de *Galène* ou sulfure de plomb. La galène étant

fréquemment argentifère, on l'exploite comme minerai d'argent, et le plomb n'est plus qu'un produit accessoire. La gangue de ces filons plombifères de l'âge secondaire est le Sulfate de baryte.

2. Caractères paléontologiques.

191. — On voit bien encore au début de l'âge secondaire quelques formes primaires, mais elles ne tardent pas à disparaître et l'ensemble des êtres devient bien différent de ce qu'il était auparavant. Les anciens types qui persistent sont modifiés. Ainsi, les Coraux et les Encrines secondaires appartiennent à d'autres familles que les Coraux et les Encrines primaires; aux Poissons ganoïdes à queue hétérocérque, succèdent les Ganoïdes à queue homocérque; aux Goniatites, les Ammonites. En même temps, on voit apparaître quelques types nouveaux, tels que les Bélemnites, les grands Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères.

192. Ammonites. — Les Ammonites (*fig. 73*) sont des mollusques céphalopodes dibranches, voisins de la Spirule et des Goniatites. Chez les Spirules, la suture des cloisons de la coquille aux parois extérieures se fait sous forme d'une ligne circulaire; chez les Goniatites, elle décrit une ligne brisée à angles aigus; chez les Ammonites, elle présente des lobes et des sinus rentrant, et chacun de ces lobes ou de ces saillants est lui-même déchiqueté comme les feuilles du persil (*fig. 74*). Toutefois les

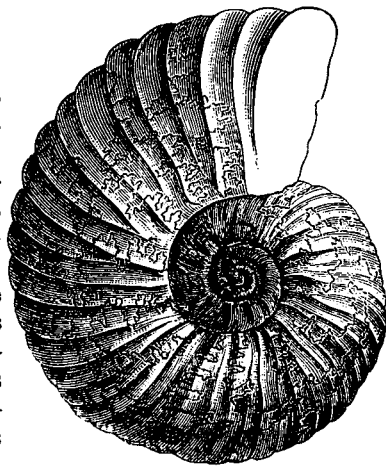


Fig. 73. — Ammonites.

animaux de cette famille qui apparaissent dans la première période de l'âge secondaire, constituent un petit groupe spécial remarquable par le peu de complication des lobes et des sinus. On les a nommés *Cératites*.

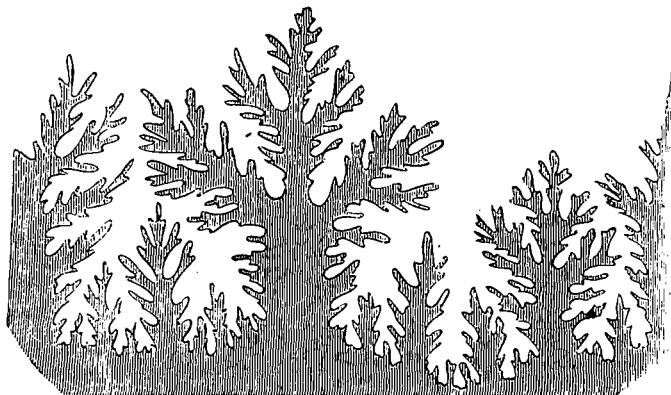


Fig. 74. — Lobes des cloisons dans la famille des Ammonitides.

La famille des Ammonitides comme celle des Nautilides offre une grande variété de forme due au mode d'enroulement de la coquille (§ 231).

193. Bélemnites. — Les Bélemnites (fig. 75) sont aussi des Céphalopodes dibranches ; mais ils se rapprochent davan-

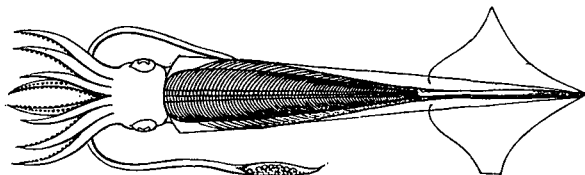


Fig. 75. — Bélemnite restaurée.

tage de la Seiche ou du Calmar. Chez ces mollusques, la coquille est réduite à une partie dure calcaire ou cornée, située dans l'intérieur des tissus, sur le dos de l'animal. Telles sont l'os de la Seiche et la plume du Calmar. Les Bélemnites

avaient une lame cornée (fig. 76) s'enroulant dans le bas en un cône cloisonné qui à son tour se terminait inférieurement par une pointe calcaire. C'est cette pointe seule qui nous est conservée à l'état fossile. Cependant dans des circonstances très-favorables, on a rencontré les autres parties de la Bélemnite, et on a pu reconstruire l'animal. Ainsi, on sait qu'elle possédait comme la Seiche une poche remplie d'encre. On a retrouvé une de ces poches desséchée, on en a délayé l'encre dans un peu d'eau et on s'en est servi pour dessiner.

194. Reptiles. — L'âge secondaire peut être appelé l'ère des Reptiles, non pas que cette classe lui soit spéciale; mais parce qu'elle s'est montrée alors avec une richesse de formes dont la nature actuelle ne nous donne aucune idée.

Si les Ophidiens ou Serpents n'ont pas encore été rencontrés dans les terrains secondaires, on y trouve à côté des Chéloniens, des Lacertiens et des Crocodiliens, dont nous avons encore des représentants, les ordres aujourd'hui éteints des Ptérosaurosiens, des Dinosauriens, des Thériodontes, des Enalliosauriens.

195. Les *Lacertiens* ou lézards qui existaient déjà à l'âge primaire continuent à être représentés dans tous les temps géologiques jusqu'à l'époque actuelle; mais le type subit certaines modifications qui indiquent un mode d'organisation moins parfait. Tandis que les lézards primaires ont les dents enchassées dans une alvéole comme les Crocodiles et les Mammifères, les lézards secondaires ont, comme les lézards actuels, les dents soudées à l'os de la mâchoire, ou même portées sur un bourrelet osseux. C'est le cas du *Mosassaure* (fig. 77), grand reptile de 8 m. de longueur trouvé

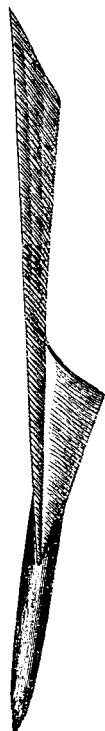


Fig. 76.
Lame cornée et osselet
de bélemnites.

à Maëstricht. Il vivait dans la mer, ses phalanges aplaties comme celles des tortues marines lui fournissaient d'excel-

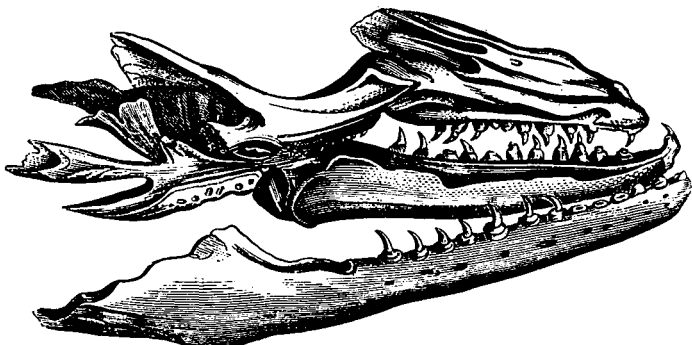


Fig. 77. — Mosasaure (long. 1 m. 50).

lentes rames ; sa queue comprimée lui servait de gouvernail. Ses dents coniques et légèrement arquées indiquent un animal carnassier redoutable.

196. — Les *Crocodiles* ne sont pas comme on le croit communément des Lézards de grande taille. Ils s'en distinguent par plusieurs caractères de premier ordre, tels que la structure du cœur et le mode de circulation. Leur corps est en partie couvert de plaques osseuses, et la surface du crâne

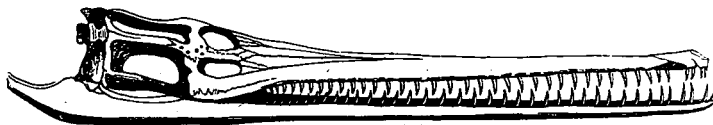


Fig. 78. — Crâne du Téléosaure (1/5 grandeur naturelle).

grossièrement rugueuse. Les *Crocodiles* secondaires différaient en outre des crocodiles actuels par la forme des vertèbres. Une des espèces les plus intéressantes est le *Téléosaure* (fig. 78), trouvé dans les environs de Caen.

197. — Les *Ptérosauriens* sont aux Reptiles ce que les Chauves-souris sont aux Mammifères. En présentant les caractères essentiels de leur classe, ils rappellent les oiseaux par

plusieurs points de leur organisation et surtout par la faculté de voler. L'aile des Chauves-souris est formée par les doigts devenus très-longs et réunis par une membrane fine qui s'étend jusqu'au membre inférieur et souvent même englobe la queue. Chez les Ptérosaures un seul doigt subit cet allongement extraordinaire, c'est le doigt externe qui correspond chez l'homme au petit doigt. Les membranes s'étendent entre ce doigt et le membre inférieur, et chez certaines espèces jusqu'à la queue. Ils se servaient de ces ailes pour poursuivre dans l'air les insectes et les poissons volants. Ils devaient percher comme les oiseaux et s'accrocher aux

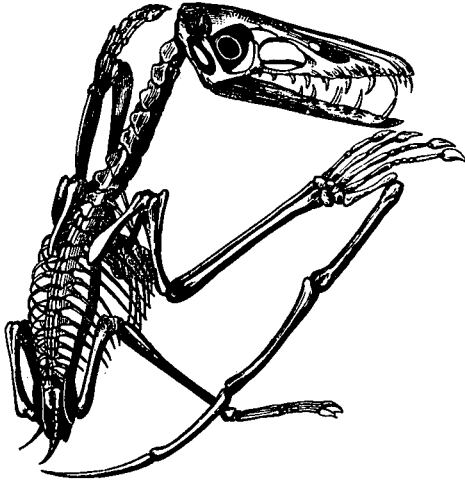


Fig. 79. — Ptérodactyle (1/4 grand. nat.).

rochers comme les chauves-souris. Ils sont en général de petite taille ; on en connaît cependant une espèce qui avait 3 m. d'envergure. Dans le genre *Ptérodactyle* (fig. 79), le plus commun de l'ordre, les mâchoires étaient armées de dents ; chez d'autres, elles avaient un bec corné comme les oiseaux.

198. — Les *Dinosauriens* sont des Reptiles de grande taille qui rappellent aussi les Oiseaux, particulièrement les Au-

truches, par de nombreux points de leur organisation. Ils étaient bipèdes; ils devaient comme les Kanguroos, se tenir

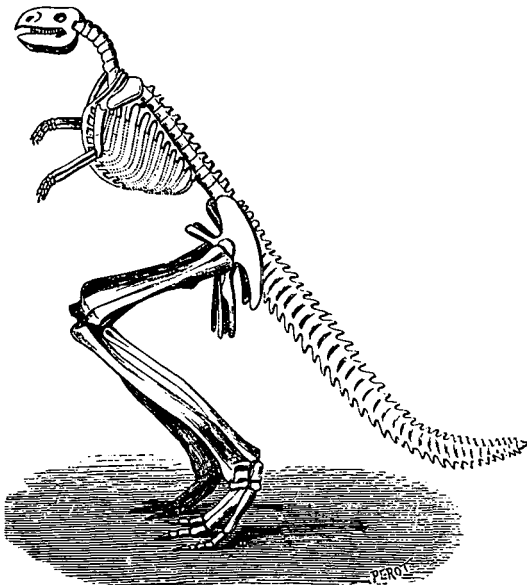


Fig. 80. — Iguanodon (1/200 gr. nat.).

droits sur leurs jambes de derrière qui étaient très-robustes; les membres antérieurs étaient, au contraire, fort réduits, et une énorme queue faisait contrepoids au corps. Les dents du *Mégalosaure* étaient pointues, triangulaires, à arêtes tranchantes, crénelées en scie, ce qui indique un régime carnassier; celles de l'*Iguanodon*, également crénelées, étaient triangulaires et s'usaient à l'extrémité, comme chez les herbivores. L'étude de leurs coprolithes montre qu'ils se nourrissaient de poissons et de plantes aquatiques. La plupart des Dinosauriens étaient de grande taille.

198 bis. — Les *Thériodontes* étaient des reptiles carnassiers ayant de grandes canines, dont le tranchant était crénelé en scie. Par plusieurs points de leur organisation,

ils rappellent les Marsupiaux carnivores de l'Australie.

199. — Les *Enalliosauriens* indiquent au contraire le passage des reptiles aux poissons. Les membres sont de

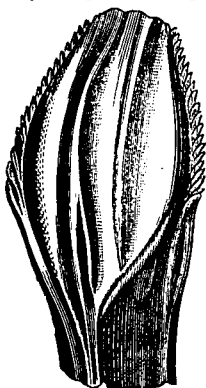


Fig. 80 bis.
Dent d'Iguanodon.

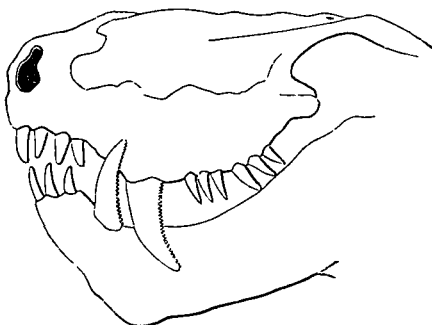


Fig. 80 ter. — Thériodonte.

véritables palettes formées d'os nombreux et aplatis. Le corps s'allonge et toute l'organisation montre une tendance vers les poissons. Les deux genres principaux de cet ordre sont le Plésiosaure et l'Ichthyosaure. Les *Ichthyosaures* (fig. 81) rappellent nos cétacés actuels par leur tête volumineuse, leurs mâchoires allongées, leur cou extrêmement court. Leurs yeux énormes étaient entourés de plaques osseuses que l'on suppose destinées à adapter la vue aux grandes comme aux courtes distances. C'étaient des animaux carnassiers très-voraces; on trouve fréquemment leurs excréments (coprolithes), et on peut y reconnaître des débris mal digérés des diverses espèces de poissons qui servaient à leur nourriture.

Les *Plésiosaures* (fig. 82), avec une organisation semblable à celle des Ichthyosaures, en sont l'opposé sous le rapport de la forme. Leur tête est très-petite; leurs mâchoires sont relativement courtes; leur cou extrêmement long leur permettait d'aller barboter dans la vase.

200. Les *Labyrinthodontes*, dont il a déjà été question à l'âge primaire (§ 151), ont continué à vivre pendant la

première partie de l'âge secondaire ; puis ce mode d'organisation disparut pour toujours.

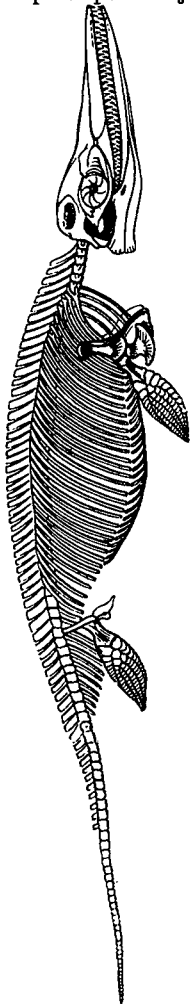


Fig. 81. — Ichthyosaure (1/60 gr. nat.).

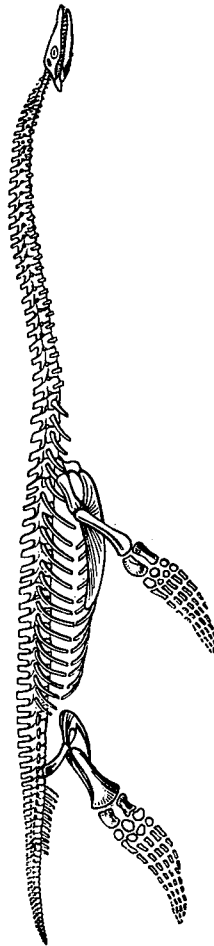


Fig. 82. — Plesiosaure (1/60 gr. nat.).

En résumé, on constate que les reptiles secondaires repré-

sentés par les Ptérodactyles, les Mégalosaures, les Iguanodons, les Téléosaures, les Mosasaures, les Ichthyosaures, les Plésiosaures, les Labyrinthodontes montrent par rapport à la forme actuelle une supériorité d'organisation et une richesse de formes qui méritent bien à l'âge secondaire le nom d'ère des reptiles.

201. Oiseaux. — Il y a quelques années, on a découvert dans les terrains secondaires les restes d'un oiseau très-remarquable, l'*Archéoptéryx* (fig. 83). Il avait la taille du corbeau, les pattes armées de griffes et la queue d'une conformation toute spéciale.

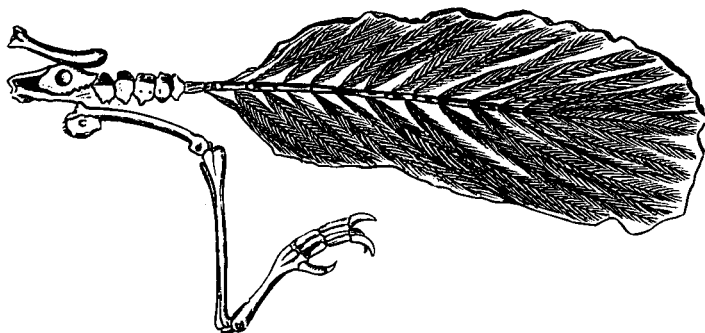


Fig. 83. — Membre postérieur et queue d'*Archéoptéryx* (1/4 gr. nat.)

Chez tous les autres oiseaux, cet organe se compose de quelques vertèbres raccourcies, à l'extrémité desquelles sont attachées un faisceau de plumes disposées en éventail. La queue de l'*Archéopteryx* présente au contraire vingt-deux vertèbres allongées portant latéralement des plumes.

Une découverte plus récente et non moins curieuse est celle qui a été faite, en Amérique, d'oiseaux dont les mâchoires sont munies de dents. On en a reconnu plusieurs genres : l'un d'eux, *Hesperornis* (fig. 83 bis), avait les ailes rudimentaires comme celles de l'*Aptéryx*; c'était un animal nageur. Il était accompagné d'autres oiseaux conformés comme les oiseaux actuels et se rapprochant des Ralles, des Bécassines, des Cormorans, etc.

202. Mammifères. — C'est aussi pendant l'âge

secondaire que les mammifères ont fait leur première apparition sur la terre. Ce sont des insectivores ou des rongeurs



Fig. 83 bis.— Hesperornis (1/2 gr. nat.).

dont la taille ne dépassait pas celle du hérisson et du putois. Plusieurs, sinon tous, appartenaient à la série des Marsupiaux, qui est maintenant spéciale à l'Australie, et se rapprochaient beaucoup du Myrmécobie (fig. 88) et du Protoroo.

203. Végétaux. — Au début de l'âge secondaire, les Fougères sont encore très-abondantes. Dans la famille des Equisétacées, les *Equisétites* rappellent les Calamites par leur taille, bien qu'ils ressemblent davantage aux Prêles par leur

organisation. Mais bientôt ce sont les Gymnospermes qui dominant et forment presque complètement les forêts secondaires. Elles s'y rencontrent avec leurs deux familles actuelles : les *Conifères* qui comprennent nos arbres verts : pins, sapins, mélèzes, etc., et les *Cycadées*, arbres des pays chauds qui ont le port des palmiers (fig. 84).

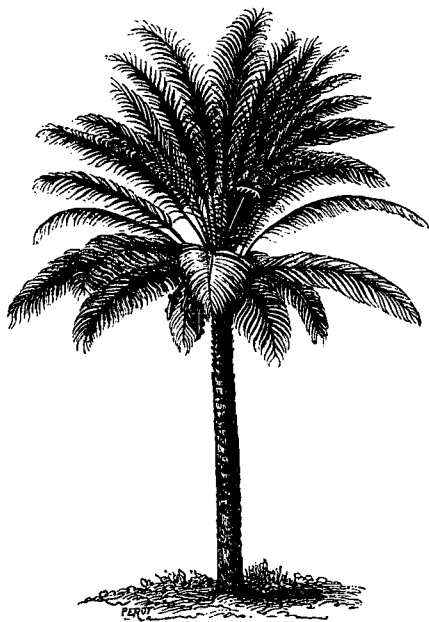


Fig. 84. — Cycas.

Plus tard, à la fin de l'âge secondaire, la flore change ; au premier rang, on voit apparaître les Dicotylédonées apétales et particulièrement la famille des Protéacées qui forme maintenant un des traits caractéristiques de la flore de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, et dont quelques espèces, les *Banksia*, les *Grevillea*, etc., ont été introduites dans notre culture d'ornementation. Les saules, les chênes, les érables vivaient déjà en Amérique à l'époque secondaire.

3. Caractères stratigraphiques.

204. — Les terrains secondaires se présentent en masses assez épaisses, régulièrement stratifiées, horizontales ou presque horizontales, dans tout le nord de l'Europe; contournées, repliées et en partie métamorphosées, dans les contrées méditerranéennes.

Au début de l'âge secondaire, le sol de la France offrait déjà des montagnes, des collines et des plaines basses. Les montagnes étaient le Plateau central, la Bretagne avec la Vendée, les Vosges et l'Ardenne qui se liait par le Hundsrück aux monts Hercyniens. Dans le sud, il y avait le noyau des Pyrénées auxquelles se rattachaient, à travers le golfe du Lion, les montagnes des Maures et de l'Esterel, qui sont maintenant isolées au sud de la Provence.

Il y avait trois grandes plaines basses : l'une, circonscrite en partie par la Bretagne, le Plateau central, les Vosges, le Hundsrück et l'Ardenne, avait son centre à peu près à l'endroit où est maintenant Paris; la seconde, entre la Vendée, le Plateau central et les Pyrénées, comprenait l'Aquitaine et le Languedoc; la troisième correspondait à la Provence, au Dauphiné et au Lyonnais. Les premiers linéaments des Alpes étaient déjà indiqués par quelques collines.

En quel état se trouvaient ces trois plaines basses? étaient-elles desséchées? contenaient-elles des eaux lacustres? ou recevaient-elles quelques bras de mer? Ce sont des questions que la géologie ne peut encore résoudre.

Tout ce que l'on sait, c'est que le sol de la France au lieu de s'incliner comme il le fait maintenant de l'est à l'ouest vers l'océan Atlantique, avait sa pente vers l'est, et que la mer couvrait les plaines de l'Allemagne. Les Vosges elles-mêmes constituaient plutôt un îlot élevé dans le voisinage du rivage qu'une montagne adhérente au continent.

Pendant l'âge secondaire, la mer pénétra dans toutes les parties basses et y déposa des sédiments dont l'ensemble constitue les terrains secondaires.

205. Coupe de Paris aux Vosges. — On peut se

faire une idée d'ensemble de ces terrains en faisant une coupe de Paris aux Vosges (Pl. I, fig. 2).

De Paris à Epernay on marche sur les terrains tertiaires. A Epernay, on descend des collines tertiaires sur la grande plaine crayeuse de la Champagne, puis vient l'Argonne, région accidentée et boisée, formée d'argile et de sable. Ces couches sont réunies à la craie proprement dite pour constituer le terrain crétacé.

A l'Argonne succède la région du Barrois et des Trois-Evêchés. On y distingue six groupes de couches, alternativement calcaires et argileuses. Les calcaires forment des plateaux dont l'altitude va en croissant à mesure qu'on s'éloigne de Paris et qui sont séparés par des vallées où affleurent les roches argileuses. L'ensemble de ces couches a reçu le nom de terrain jurassique.

Enfin vient la plaine de Lorraine qui s'étend de Nancy jusqu'au pied des Vosges. Les calcaires argileux qui sont immédiatement à l'est de Nancy appartiennent encore au terrain jurassique. Mais le reste de la plaine est formé d'argile rouge mélangée de sel gemme, de calcaire coquillier et de grès souvent rouge. La réunion de ces trois assises constitue le terrain triasique. Les grès triasiques s'élèvent en forme de collines sur le flanc des Vosges et s'appuient sur les terrains primaires et granitiques qui forment l'axe de cette chaîne.

TERRAIN TRIASIQUE.

RÈGNE DES CÉRATITES.

206. — Le nom de Trias est tiré de la division du terrain en trois étages : le Grès bigarré, le Muschelkalk et le Keuper. Ces noms ont été donnés par les géologues allemands qui les premiers ont bien étudié ces terrains.

Le Sel gemme des mines de Dieuza et de Château-Salins appartient au Keuper ; il est accompagné de Gypse et de Dolomie ; mais ces trois substances se trouvent en abondance dans tout le terrain triasique. Le dépôt salin de Staasfurt près de Magdebourg, qui est situé à la base du terrain triasique, a acquis depuis peu une grande importance parce qu'il contient du chlorure de potassium, sel longtemps négligé, mais très-recherché pour les besoins de l'agriculture et la fabrication de la potasse.

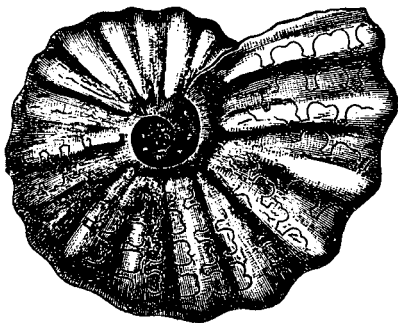


Fig. 85. — Cératite.

207. — Le **sel gemme** ou chlorure de sodium est en masses cristallines ou fibreuses souvent colorées en rouge, en jaune ou même en bleu. On ignore la cause réelle de ces colorations, mais on est tenté d'y voir l'effet d'une substance organique, car elles disparaissent lorsqu'on chauffe fortement la roche.

Le sel gemme s'est déposé dans des mers intérieures dans lesquelles des sources minérales apportaient constamment de nouvelles quantités de matières salines (§ 38).

208. — Le **Gypse** ou sulfate de chaux hydraté est une roche cristalline ou saccharoïde vulgairement connue sous le nom de pierre à plâtre. Pour obtenir le plâtre, on chauffe le gypse à une température inférieure au rouge, l'eau qu'il renferme se dégage et il reste une substance blanche pulvérulente qui est du sulfate de chaux anhydre. Lorsqu'on vient ensuite à gâcher le plâtre avec de l'eau, il reprend ce que la chaleur lui avait fait perdre ; il se reproduit de petits cristaux de gypse qui s'enchevêtrent les uns dans les autres en se solidifiant. Outre le gypse, le terrain triasique renferme de l'*Anhydrite*, sulfate de chaux anhydre.

De nombreuses théories ont été données pour expliquer l'origine du gypse. La plus probable l'attribue à l'évaporation de lacs salés (§ 37).

Ainsi le sel gemme, le gypse et la dolomie, qui sont toujours associés dans le terrain triasique, se sont déposés dans des mers intérieures ou lac salés, comme les lacs Amers en Égypte, le lac Ourmiah en Perse, la mer Caspienne. Lorsque l'évaporation devenait plus active, ou que les sources minérales qui alimentaient ces lacs étaient plus abondantes, il se produisait une précipitation de sel, de dolomie ou de gypse selon les quantités relatives des divers éléments tenus en dissolution.

Dans certaines parties de l'Allemagne et en Pologne, le terrain triasique contient des veines de lignites exploitées comme combustibles.

209. — Les porphyres qui forment les crêtes découpées le l'Estérel près de Fréjus se sont épanchés à l'époque triasique au milieu du grès bigarré. C'est aussi pendant cette époque que fonctionnaient les sources minérales qui ont produit le minerai de cuivre de Chessy près de Lyon, les grès chromifères des Ecouchets, le minerai de mercure d'Idria, le minerai de zinc de Silésie, etc.

210. — Au point de vue paléontologique, le terrain triasique est caractérisé par le développement de la famille des *Céra-*

tites. Ce sont des Ammonites dont les traces des cloisons sur la coquille décrivent des lobes peu compliqués (fig. 85).

C'est dans le terrain triasique du cap de Bonne-Espérance que l'on a rencontré les reptiles carnassiers à grandes canines, qui ont été désignés sous le nom de Thériodontes (fig. 80 *ter*). Ils sont accompagnés d'autres reptiles, les Anomodontes, dont les mâchoires portaient un bec corné, comme les tortues et les oiseaux.

211. — Le terrain triasique est bien développé dans le centre de l'Allemagne et en Lorraine; mais dans le reste de la France, il n'est plus représenté que par quelques couches de grès rougeâtre dont l'âge exact n'est pas déterminé. Pendant la période triasique, les Vosges, qui, réunies alors à la Forêt-Noire, ne formaient d'abord qu'une légère protubérance, s'élevèrent de plus en plus au-dessus du niveau de la plaine voisine. En même temps des sédiments comblèrent



Fig. 86. — Empreintes de pas de Labyrinthodonte (1/8 gr. nat.).

le golfe situé entre les Vosges et le Hundsrück, ainsi que le golfe du Luxembourg qui sépare le Hundsrück de l'Ardenne.

212. Grès bigarré. — Ce grès a reçu le nom de bigarré parce qu'il est souvent panaché de rouge ou de blanc. Il est grossier et mélangé de galets à la base¹, formé de grains fins et parsemé de paillettes de mica à la partie supérieure. On y rencontre assez fréquemment des empreintes de pas de Labyrinthodontes (§ 151, fig. 86), et des tiges ou des rhizomes d'*Equisétites* (§ 203).

Le grès bigarré est assez tendre pour qu'on puisse le tailler facilement; on en fait des pierres de taille et d'excellentes dalles pour les escaliers. La cathédrale de Strasbourg en est construite. Les bancs quartzeux de la partie inférieure sont utilisés pour les foyers infusibles des verreries.

215. Muschelkalk². — C'est un calcaire rempli de coquilles marines; les plus remarquables sont des *Cératites* (fig. 85) et des *Encrines* (*Encrinites liliiformis*, fig. 87).

214. Keuper ou Marnes irisées. — Cet étage est essentiellement formé d'argiles impures rougeâtres, blanchâtres ou verdâtres, improprement appelées marnes irisées. En Lorraine, il contient treize couches de sel exploitables ayant une épaisseur de 73 mètres.

Dans les Alpes du Tyrol, le trias est très-développé, très-riche en calcaire et présente une faune où l'on trouve réunis des types de l'âge primaire avec des types de l'âge secondaire.

1. 212^a. — Cette partie inférieure désignée sous le nom de *Grès des Vosges* est souvent réunie à l'étage supérieur du terrain carbonifère pour constituer le terrain pénéen ou permien.

2. Calcaire coquiller.

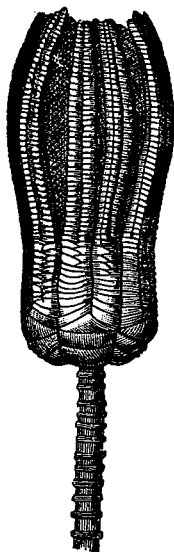


Fig. 87. — Encrine.
(*Encrinites liliiformis*,
2/3 gr. nat.)

TERRAIN JURASSIQUE.

RÈGNE DU PHASCOLOTHERIUM.

215. — Le terrain jurassique doit son nom, à ce qu'il se présente avec sa puissance maximum dans le Jura, mais il existe dans bien d'autres localités de France.



Fig. 88. — Myrmécobie (1/4 gr. nat.), animal actuel le plus voisin du Phascolotherium.

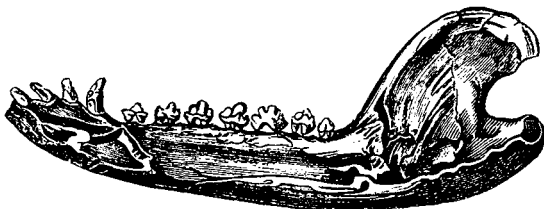


Fig. 89. — Mâchoire de Phascolotherium (2 fois gr. nat.).

216. — On le nomme aussi terrain oolithique parce qu'il renferme de nombreux calcaires *oolithiques*. On désigne ainsi un calcaire formé de petits grains arrondis de la grosseur d'un œuf de poisson. Le calcaire oolithique se produit encore de nos jours, sur les côtes de la Floride, là où les flots fouettent avec force un rivage composé presque uniquement de récifs de coraux. Le carbonate de chaux de ces récifs se dissout dans l'eau de la mer, puis se précipite d'autant plus rapidement que l'évaporation est plus active dans ces contrées

tropicales; il se concrétionne autour des particules solides, grains de sable ou fragments de coquille, que le mouvement des vagues tient en suspension. L'oolithe s'accroît à la manière des dragées des confiseurs; une seconde couche calcaire s'ajoute à la première, puis une troisième et ainsi de suite jusqu'à ce que le grain soit devenu assez lourd pour aller au fond. Toutes ces oolithes sont réunies et cimentées par un précipité calcaire de même origine.

Le terrain jurassique fournit de nombreuses pierres de taille, des ciments hydrauliques et de la mine de fer.

217. — La faune et la flore jurassiques présentent au plus haut degré les caractères indiqués chez les êtres organisés de l'âge secondaire. Les grands reptiles, tels que les Ichthyosaures, les Plésiosaures, les Téléosaures y sont fréquents. Les Ammonites et les Bélemnites y sont abondantes et accompagnées de nombreuses espèces d'Huitres, de *Pholadomies*, genre de mollusques lamelibranches complètement éteint de nos jours, de *Trigonies* (fig. 104) autres lamelibranches dont l'unique espèce actuelle est confinée sur les côtes de l'Australie.

218. — L'époque jurassique est surtout remarquable au point de vue du développement de la vie, parce qu'on y trouve les premiers Mammifères connus. Ce sont de petits animaux appartenant pour la plupart au groupe des Marsupiaux ou Mammifères à poche aujourd'hui restreints à l'Australie. Le *Phascolotherium* (fig. 89), qui ressemble aux Myrmécobies (fig. 88), peut être considéré comme le type de ces petits Mammifères. Ils vivaient dans les forêts de Conifères, de Cycadées (fig. 84) et de Fougères.

219. — Lorsque les premiers sédiments jurassiques se déposèrent, les divers massifs primaires étaient encore des îles séparées les unes des autres par des bras de mer plus ou moins profonds. Vers le milieu de la période jurassique, les hauts fonds furent comblés, c'est ce qui arriva pour le détroit du Poitou entre le Plateau central et la Vendée et pour le détroit de la Côte-d'Or entre le Plateau central et les Vosges. Dès lors la France se trouva partagée en deux grands bassins le bassin du Nord et le bassin du Midi, habités par des populations qui vont devenir de plus en plus différentes.

220. Étage jurassique inférieur. — On le divise en deux assises.

1° **Infra-lias.** — Il est formé de grès ou de conglomérats; la faune est intermédiaire entre celle du trias et celle du



Fig. 90. — *Avicula contorta*.

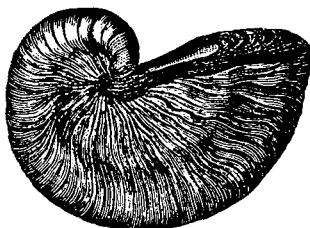


Fig. 91. — *Ostrea arunta* (2/3 gr. nat.).

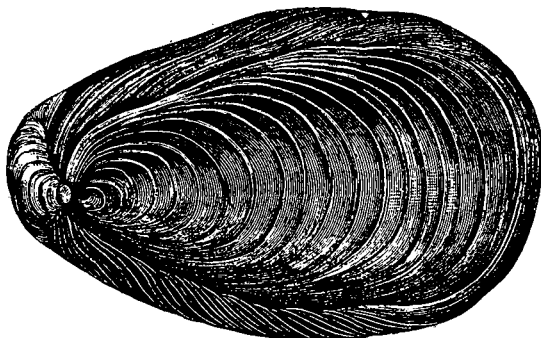


Fig. 92. — *Ostrea cymbium*.

lias. L'espèce la plus répandue est l'*Avicula contorta* (fig. 90). C'est le gisement du plus ancien mammifère connu, *Microlestes antiquus*.

2° **Lias.** Cette assise est formée de grès et de calcaires argileux employés pour faire de la chaux hydraulique à Vassy, à Pouilly, à Charleville, et dans beaucoup d'autres localités. Deux huitres à crochets recourbés, dites Gryphées, s'y rencontrent abondamment, l'*O. arcuata* ou Gryphée arquée (fig. 91) vers la base, l'*O. cymbium* (fig. 92) à la partie moyenne; les couches supérieures renferment beaucoup de

Bélemnites : l'une d'elles portée à sa pointe trois sillons qui lui ont fait donner le nom de *Belemnites tripartitus* (fig. 93); une autre a la forme d'un doigt de gant, c'est la *Belemnites irregularis*.

Le Lias renferme plusieurs couches de minerai de fer à l'état de sesquioxyde hydraté d'un brun jaunâtre. Les minerais de Nancy, de Longwy, de Langres, etc., proviennent des couches à *Ostrea cymbium*; celui d'Hayange se trouve dans les couches à *Belemnites tripartitus*.

En Autriche, sur les deux flancs des Alpes, dans le Banat, au sud du Caucase, et en Perse on exploite dans le lias de la houille d'excellente qualité.

221. — Étage jurassique moyen. — On le divise en deux assises.

1° **Oolithe inférieure** ¹. — Dans la première, les oolithes au lieu d'être calcaires sont fréquemment ferrugineuses; ainsi aux environs de Bayeux, on trouve un calcaire jaune blanchâtre rempli de petites oolithes ferrugineuses brunes. Ses fossiles les plus remarquables sont *Ammonites Humphreysianus* (fig. 94) et *Belemnites giganteus* (fig. 95).

2° La **Grande Oolithe** ² fournit d'excellentes pierres de construction; elle contient même en Angleterre quelques bancs assez durs pour être employés comme marbres. Une petite huitre, *Ostrea acuminata*, forme des bancs considérables à la base de cette assise dans la couche marneuse ou même complètement argileuse, que l'on emploie en Angle-

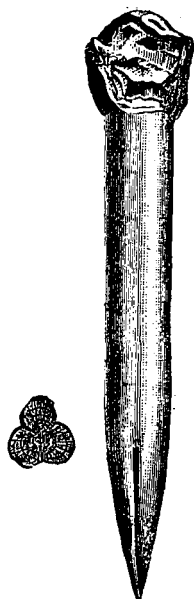


Fig. 93.
Belemnites tripartitus.

1. Nommée aussi *Oolithe de Bayeux* ou *Bajocien*.

2. Nommée aussi *Oolithe de Bath* (ville d'Angleterre) ou *Bathonien*.

terre pour fouler le drap; de là, le nom de terre à foulon, *Fullers earth*, sous lequel cette couche est connue en géologie. A la partie supérieure il y a des bancs très-riches,

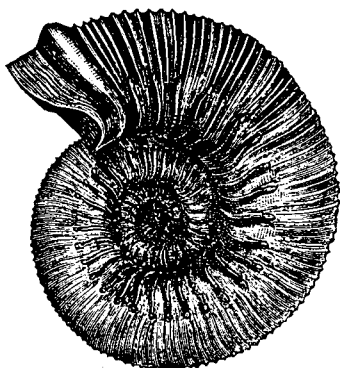


Fig. 94. — *Ammonites Humphresianus*.

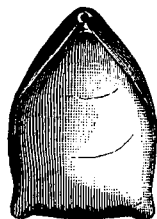


Fig. 96. — *Terebratula digona*.

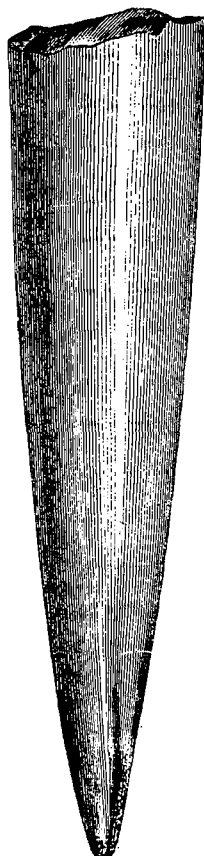


Fig. 95. — *Belemnites giganeus*.

en fossiles, on y trouve la *Terebratula digona* (fig. 96). C'est aussi dans cette assise que l'on a rencontré en Angleterre le *Phascolotherium* (fig. 89), et quelques autres mammifères.

A la fin de l'époque jurassique moyenne, les détroits du Poitou et de la Côte-d'Or furent comblés et transformés en isthmes.

222. Étage jurassique supérieur. — Les divisions de cet étage portent des noms anglais, parce qu'elles ont été établies pour la première fois en Angleterre. Ce sont l'Oxford-clay, le Coral-rag, le Kimmeridje-clay, et le calcaire de Portland.

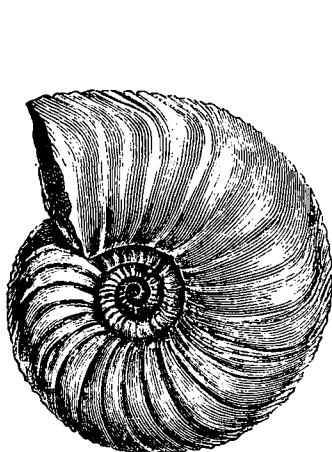


Fig. 97. — *Ammonites cordatus*.

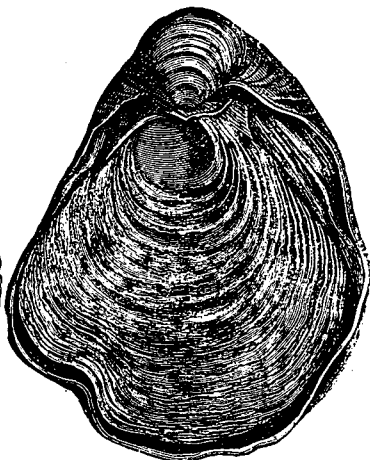


Fig. 98. — *Ostrea dilatata*
(1/2 gr. nat.).

1° **L'Oxford-clay** ou *Argile d'Oxford*, se montre aussi à l'état d'argile sur les côtes de la Normandie formant auprès de la ville de Dives des falaises noires et arrondies que les marins ont baptisées du nom de Vaches-Noires. Dans l'est de la France, il constitue la bande argileuse ou marneuse qui passe sous les fortifications de Toul et à l'est de Commercy. L'Oxford-clay contient souvent une couche de minerai de fer exploitée à Launoy (Ardennes) et à la Voulte (Ardèche); elle est caractérisée par l'*Ammonites cordatus* (fig. 97). On rencontre dans l'Oxford-clay une grande huitre voisine de l'*Ostrea cymbium*, mais plus large, c'est l'*Ostrea dilatata* (fig. 98).

2° **Le Coral-rag** est une assise calcaire remplie de coraux. Il y existe une couche presque entièrement formée des

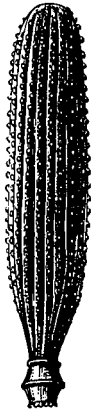


Fig. 99.
Pointe de *Cidaris florigemma*.

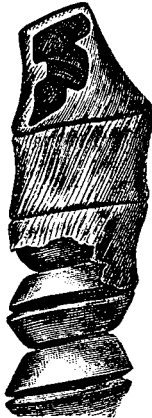


Fig. 100.
Nérinée.

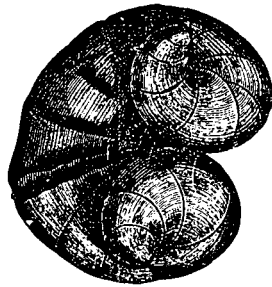


Fig. 101.
Dicérate (1/2 gr. nat.).

débris d'un oursin, *Cidaris florigemma* (fig. 99), dont le test s'est transformé en spath calcaire. Cette roche fournit une excellente pierre de construction exploitée aux environs de Commercy sous le nom de pierre de Lorraine.

On trouve dans le Coral-rag deux genres de mollusques remarquables : les Nérinées et les Dicérates. Les *Nérinées* (fig. 100), sont des Gastéropodes dont la coquille porte des replis intérieurs et dont le moule interne figure un double tire-bouchon. Les *Dicérates* (fig. 101), sont des Lamellibranches dont chaque valve s'enroule sur elle-même comme les cornes de bœlier.

3° **Le Kimmeridje clay** ou argile de Kimmeridje¹, forme la base des falaises du Havre et de Honfleur. Elle est remplie d'une petite huitre contournée

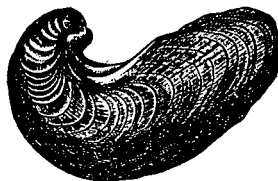


Fig. 102. — *Ostrea virgula*.

1. Kimmeridje, ville d'Angleterre, comté de Dorset.

comme une virgule est nommée pour cette raison *Ostrea virgula* (fig. 102).

4° **Le calcaire de Portland** tire son nom de la presque île de Portland, sur la côte méridionale de l'Angleterre. Dans l'est de la France, cette assise est à l'état de calcaire

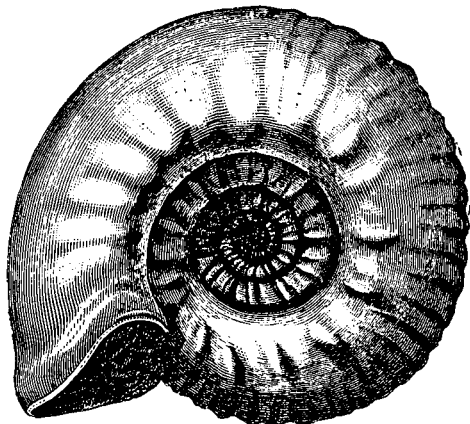


Fig. 103. — *Ammonites gigas*.

compact, parfois oolithique, caractérisée par l'*Ammonites gigas* (fig. 103). Sur les côtes du Boulonnais, elle est plus développée; elle y est formée par des alternatives de grès et d'ar-

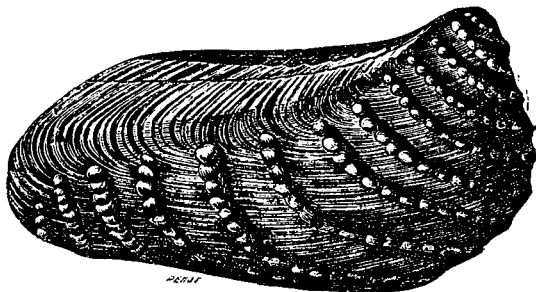


Fig. 104. — *Trigonionella Pellati*.

giles; l'*Ammonites gigas* est à la base; plus haut on trouve entre autres fossiles la *Trigonionella Pellati* (fig. 104).

223. — A la fin de la période jurassique, la France éprouva un mouvement général d'exhaussement. La mer se retira complètement du continent actuel ou au moins se concentra au milieu des bassins, dans des points qui ont été jusqu'à présent cachés aux observations des géologues, parce qu'ils sont recouverts par une grande épaisseur de terrains plus récents.

Quelques lacs se formèrent sur le nouveau continent, on en a découvert un dans le Jura, un dans la Charente, un autre dans la presqu'île de Purbeck (sud de l'Angleterre). Celui-ci était situé près de la mer, car on y trouve des dépôts marins associés aux dépôts lacustres. Dans ces formations d'eau douce du lac de Purbeck, on observe une forêt de conifères et de cycadées ; le pied des arbres est encore en place dans une couche

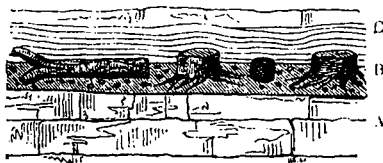


Fig. 105. — Reste d'une forêt en place à Purbeck.

A, calcaire marin formant l'ancien sous-sol de la forêt; B, couche d'argile boueuse, avec racines d'arbres en place (ancien sol végétal); C, dépôt stratifié d'eau douce (postérieur à la destruction de la forêt).

argileuse qui était la terre végétale de ce temps-là ; les troncs gisent à côté. C'est aussi dans les dépôts d'eau douce du lac de Purbeck que l'on a recueilli la plus grande quantité des ossements de mammifères ayant vécu à l'époque jurassique.

224. — TABLEAU DES ASSISES DU TERRAIN JURASSIQUE :

Inférieur	{	1. Infra-lias	<i>Avicula contorta.</i>
		2. Lias	<i>Ostrea arcuata.</i> <i>Ostrea cymbium.</i> <i>Belemnites tripartitus.</i> <i>Belemnites irregularis.</i>
Moyen	{	3. Oolithe inférieure ou Oolithe de Bayeux	<i>Ammonites Humphresianus.</i>
		4. Grande oolithe ou Oolithe de Bath. .	<i>Belemnites giganteus.</i> <i>Ostrea acuminata.</i> <i>Terebratula digona.</i> <i>Phascolotherium.</i>

Supérieur	}	5. Oxford-clay	<i>Ammonites cordatus.</i> <i>Ostrea dilatata</i>
		6. Coral-rag	<i>Cidaris florigemma.</i> <i>Diceras.</i> <i>Nerinea.</i>
		7. Kimmeridje-clay . . .	<i>Ostrea virgula.</i>
		8. Calcaire de Portland.	<i>Ammonites gigas.</i> <i>Trigonia Pellati.</i>
		9. Couches de Purbeck.	

TERRAIN CRÉTACÉ.

RÈGNE DES RUDISTES.

225. — Ce terrain doit son nom à ce qu'il a été établi pour comprendre la *craie*, calcaire blanc tendre tachant les

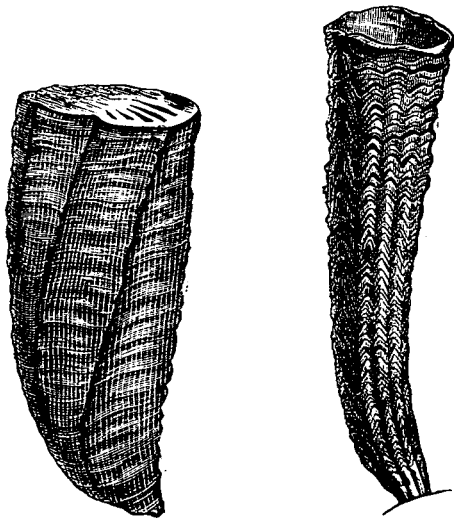


Fig. 106.—*Hippurites radiosus* (1/5 g. n.). Fig. 107. - *Radiolites lumbricalis*.

doigts, employé pour la confection des crayons, du blanc d'Espagne et de la chaux. La craie est formée de Globige-

rines et d'autres coquilles microscopiques appartenant à la classe des Rhizopodes (§ 44^a). On y trouve en outre des grains terreux produits par la précipitation chimique du carbonate de chaux en solution dans l'eau de mer. De nos jours il se produit encore de la craie dans les mers profondes et tranquilles. Les sondages opérés lors de la pose du télégraphe transatlantique ont rapporté une boue blanche qui est de la craie en voie de formation.

La craie est souvent marneuse, c'est-à-dire qu'elle contient de l'argile ; elle passe ainsi à la marne qui est un mélange de carbonate de chaux et d'argile.

226. — Certaines craies renferment des grains verts de *Glauconic*. Ce minéral est un silicaté hydraté de fer et de potasse contenant de 5 à 15 0/0 d'alcali. C'est un précieux amendement beaucoup trop négligé en France.

227. — On trouve souvent dans la craie des nodules de *silex pyromaque* ou de pierre à fusil disposés en lignes parallèles à la stratification. La silice a été amenée par des sources et mélangée à l'état gélatineux aux sédiments crayeux ; en se consolidant, elle s'est concrétée autour de centres d'attraction qui souvent étaient un fossile.

228. — On y trouve aussi fréquemment des nodules de *Marcassite* ou pyrite orthorhombique. Elle est à l'état de boules, à structure radiée (*fig. 42*), hérissées de pointes octaédriques parfois tronquées par la base du prisme. Elle s'altère facilement à l'air et se transforme en sulfate ou en oxyde de fer (limonite).

229. — On doit encore citer le phosphate de chaux parmi les substances minérales importantes qui se rencontrent, soit dans la craie, soit dans les argiles et les sables du même terrain. Il a été amené à l'état de dissolution¹ par des sources minérales, et souvent comme le silex, il s'est concrété autour des fossiles. On a donc eu bien tort de donner aux nodules de l'Ardenne et du Boulonnais le nom de coprolithes en les considérant comme des excréments d'animaux voraces. Si

1. Le Phosphate de chaux est soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique.

c'était réellement des excréments, on ne pourrait expliquer leur accumulation en si grande quantité et sur une si grande étendue.

La craie n'est pas la seule roche du terrain crétacé, on y trouve encore des calcaires compactes et coquilliers qui servent de pierre de taille, de l'argile et du sable.

230. — La période crétacée montre une diminution des formes organiques propres à l'âge secondaire. Les Ptérodactyles, les Ichthyosaures, les Iguanodons y existent encore, mais en petit nombre et ne vont même pas jusqu'à la fin de l'époque. On y voit, par contre, apparaître des êtres qui annoncent la faune actuelle. Ce sont de vrais Crocodiles, des poissons de la famille des Saumons et de celle des Perches, de nombreux requins carnassiers appartenant à des types encore vivants qui se mélangent à des requins herbivores de la famille des Cestraciontes.

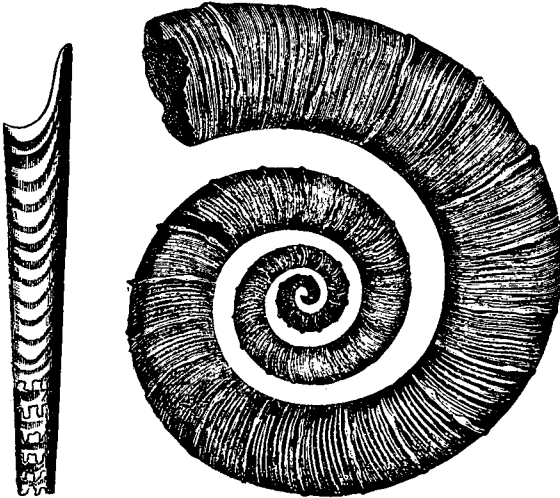


Fig. 108. — Baculite.
(étage de la craie).

Fig. 109. — Criocère (*Crioceras Duvallii*,
néocomien, 1/4 gr. nat.).

231. — La famille des Ammonitides montra pendant la période crétacée une richesse de formes extrême. C'est

alors que vivaient les Criocères, les Scaphites, les Ancylocères, les Baculites, etc.

Chez les *Baculites* (fig. 108) la coquille est droite; chez les *Criocères* (fig. 109), les tours de spire sont désunis, tandis que chez les *Ammonites* (fig. 118), ils sont conjoints. Les *Scaphites* (fig. 110), et les *Ancylocères* (fig. 111) sont des Ammonites et des Criocères dont la coquille après s'être enroulée régulièrement se projette en forme de crosse.

232. — Une famille de mollusques caractérise le terrain crétacé.

Ce sont les *Rudistes*, lamellibranches à deux valves très-inégales, l'inférieure profonde en forme de cornet, la supé-

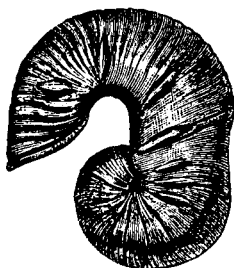


Fig. 110. — Scaphite (*Scaphites aequalis*), étage de la craie.

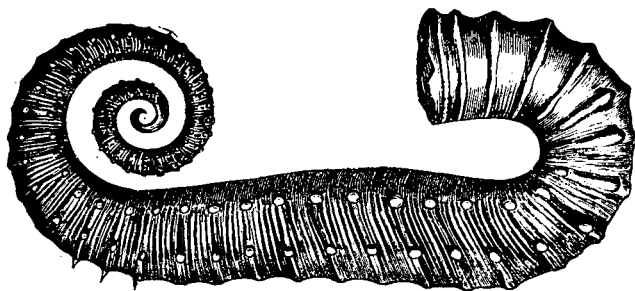


Fig. 111. — Ancylocère (*Ancyloceras Matheroniana* (1/8 gr. nat.).

rieure operculiforme. Ils vivaient fixés au sol et à certaines époques couvrirent le fond des mers crétacées de la zone méditerranéenne. Dans le nord de l'Europe ils sont très-rares. Les principaux genres de cette famille sont les *Hippurites* (fig. 106), les *Sphérolites*, les *Radiolites* (fig. 107), les *Caprines* (fig. 122) et les *Caprotines* (fig. 114).

233. — Les mers crétacées nourrissaient aussi de nombreux oursins, surtout des *Micraster* (fig. 120), des *Holaster*, des *Echinospatagus* (fig. 113), etc.. genres de la famille des

Spatangues. Chez ces animaux, la coquille est cordiforme, la bouche est à la partie inférieure et l'anus est sur le côté. Sur la coquille on voit une sorte d'étoile à cinq branches nommées ambulacres.

234. — Pendant la première partie de la période crétacée, les forêts sont encore formées presque uniquement de Gymnospermes comme celles de la période jurassique ; mais plus tard apparaissent des plantes dicotylédones qui annoncent la flore tertiaire. Ce sont des Crédnéria de la famille des Protéacées, des Saules, des Érables, etc.

235. — La France était divisée à l'époque crétacée en trois grands bassins : celui de Paris qui s'étendait en Angleterre, celui de Bordeaux ou de l'Aquitaine et celui de la Provence et du Dauphiné. Ces deux derniers communiquaient ensemble par un détroit entre le Plateau central et les Pyrénées, mais ils étaient séparés du premier et n'avaient avec lui que des communications éloignées. Aussi leur faune est-elle toute différente.

On a vu qu'à la fin de la période jurassique la mer avait cessé, en partie du moins, d'occuper notre sol. Lorsqu'elle y revint pendant la période crétacée, elle remplit d'abord le centre des dépressions, puis elle s'étendit peu à peu et dépassa même dans certains cas les limites du terrain jurassique. Il en résulte que les premiers dépôts crétacés sont souvent cachés par ceux qui se formèrent ensuite.

Le terrain crétacé se subdivise en deux étages.

236. Étage crétacé inférieur. — On y distingue trois assises.

1. Néocomien (1). — Cette assise très-développée dans la Provence, est formée de calcaires et de marnes. Les principaux fossiles qu'on y rencontre sont : une Térébratule percée d'un trou au milieu de la coquille (*Terebratula janitor* (fig. 112), un oursin de la famille des Spatangues (*Echinospatagus cordiformis* (fig. 113) et un grand Criocère (*Crioceras Duvallii* (fig. 109). Dans la Provence, une assise épaisse de cal-

1. Le nom est tiré de la ville de Neuchâtel en Suisse.

caire blanc, presque crayeux, est intercalé au milieu de cet étage. Il contient une faune spéciale et en particulier les rudistes du genre *Caprotine*¹ (fig. 114).

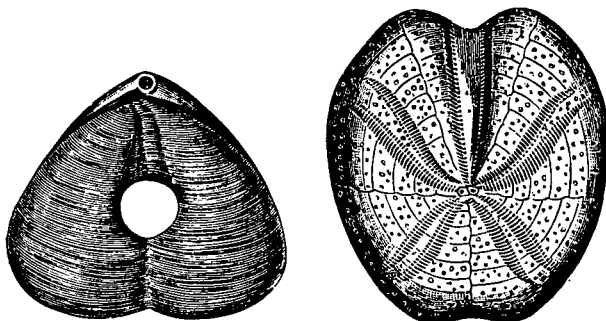


Fig. 112. — *Terebratula janitor*. Fig. 113. — *Echinospatégus cordiformis*.

Dans la Haute-Marne, on trouve dans cet étage du sable blanc et du minerai de fer. En Angleterre, il commence par

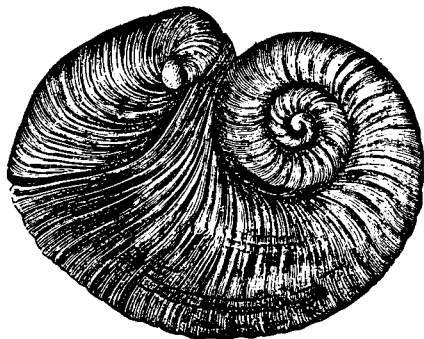


Fig. 114. — *Caprotina Lonsdalii* (1/3 gr. nat.).

des couches d'eau douce très-développées dans la région du Weald située en face du cap Gris-Nez.

1. Les *Caprotines* sont des Mollusques lamellibranches de la famille des Rudistes. La valve inférieure est contournée en spirale, tandis que la valve supérieure est presque operculiforme. Il y en a deux espèces dans l'étage néocomien : *Caprotina ammonia* et *Caprotina Lonsdalii*.

2. **Aptien**¹. — Cette assise, formée comme la précédente de calcaire et de marne, peut être caractérisée par un mollusque lamellibranche voisin des huîtres, la *Plicatula placunea* (fig. 115). On y trouve aussi une grande huître, *Ostrea aquila* et l'*Ancylloceras Matheroniana* (fig. 111).

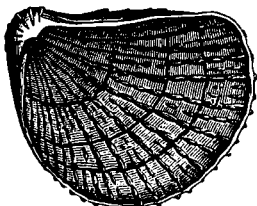


Fig. 115. — *Plicatula placunea*.

3. **Gault**². — Il se compose essentiellement d'argile et de sable. On emploie l'argile à faire des tuiles, des pannes, des poteries grossières; lorsqu'elle est blanche, pure et réfractaire, elle peut servir à la fabrication des pipes et des creusets de verreries. Telle est l'argile de Forges dans l'Oise et d'Andenne, en Belgique. Le sable du Gault est souvent ferrugineux; il contient le minerai de fer du département du Nord et du Boulonnais. La nappe aquifère qui alimente les puits artésiens de Grenelle et de Passy, est située dans ces sables, enfermée entre l'argile du Gault qui est au-dessus, et l'argile de l'Aptien qui est en-dessous. C'est dans le Gault que l'on exploite le phosphate de chaux des Ardennes et du Boulonnais.

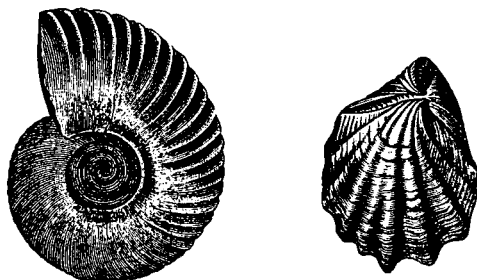


Fig. 116. — *Ammonites splendens*. Fig. 117. — *Inoceramus sulcatus*.

A la partie supérieure de cette assise, il y a dans l'est de

1. Ce nom est tiré de la ville d'Apt, Vaucluse.

2. Mot anglais employé par les ouvriers pour désigner l'argile de cet étage.

la France une roche calcaréo-sableuse contenant de la silice soluble dans l'acide chlorhydrique ; on la désigne sous le nom de *Gaize*. Elle forme les collines boisées de l'Argonne qui ont joué un rôle si important dans la défense militaire de la France.

Parmi les nombreux fossiles du Gault, on doit citer l'*Ammonites splendens* (fig. 116) et l'*Inoceramus sulcatus* (fig. 117).

237. Étage de la craie. — La partie supérieure du terrain crétacé est composée de craie. Elle forme une large plaine autour des terrains tertiaires du bassin de Paris, plaine peu fertile lorsque la craie est à nu comme dans la Champagne pouilleuse, très-riche au contraire comme dans l'Artois et la Picardie, lorsque la craie est recouverte par une couche de limon. La rareté de l'eau dans la plaine crayeuse est un obstacle à la dissémination de la population ; on n'y voit pas d'habitations isolées, les maisons sont groupées en villages autour des sources ou des rivières.

La craie forme les falaises d'une partie de la côte normande à Dieppe, Etretat, le Tréport, et puis celles du cap Blanc-Nez entre Boulogne et Calais, et les rochers qui font face aux deux côtés de Douvres. C'est même à la couleur blanche de ses falaises visibles de France par un temps clair, que l'Angleterre doit le nom d'Albion.

La craie se divise en trois assises :

1° Craie glauconieuse.

— La craie de cette assise inférieure est plus ou moins colorée par des grains verts de glauconie.

La craie de la montagne Sainte-Catherine, à Rouen, fournit aux collections un grand nombre de fossiles de ce niveau. On doit aussi ranger dans la craie glauconieuse le tourtia du nord (§ 2).

Les principaux fossiles sont *Ammonites rotomagensis* (fig. 118) et *Scaphites æqualis* (fig. 110).

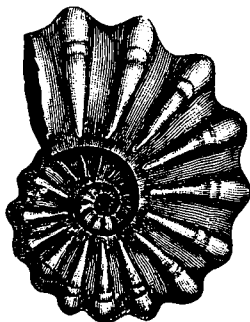


Fig. 118. — *Ammonites Rotomagensis* (1/2 gr.).

2° **Craie marneuse.** — La craie y est mélangée d'argile. On peut citer comme fossile caractéristique l'*Inoceramus labiatus* (fig. 119). C'est à cette assise que l'on doit rapporter les dièves des mineurs de Valenciennes (§ 2).

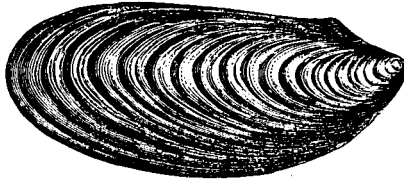


Fig. 119. — *Inoceramus labiatus* (1/2 gr. nat.).

3° **Craie blanche.** — Cette assise est formée de craie pure très-blanche. On y trouve à la partie inférieure de nom-

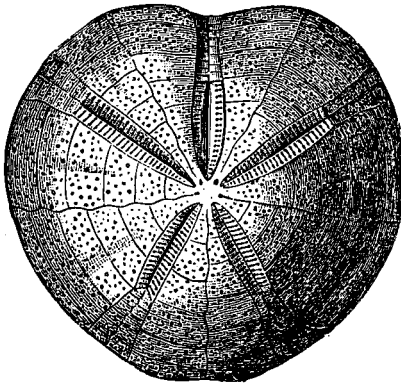


Fig. 120. — *Micraster cor testudinarium*.



Fig. 121. — *Belemnites mucronatus*.

breux oursins de la famille des Spatangues entre autres le *Micraster cor testudinarium* (fig. 120), et à la partie supérieure

la *Belemnites mucronatus* (fig. 121). Cette partie supérieure caractérisée par les Bélemnites fait saillie à Meudon, près de Paris, au milieu des terrains tertiaires.

Dans la Touraine, la craie offre quelques bancs d'une roche tendre, sableuse, micacée, employée comme pierre de construction sous le nom de *tuffeau*.

Une autre pierre de construction également désignée sous le nom de craie tuffeau s'exploite à Maëstricht et à Mons, au-dessus de la craie blanche à Bélemnites ; on en fait souvent un étage spécial sous l'appellation de *Craie supérieure*. Les grandes carrières souterraines creusées dans la montagne Saint-Pierre à Maëstricht sont célèbres en géologie parce qu'on y a trouvé la tête du Mosasaure ¹ (fig. 77), qui est au Muséum de Paris.

238. Craie du midi. — Dans le midi de la France, la craie est représentée par des calcaires blanchâtres ou jau-



Fig. 122. — *Caprina adversa* (Ichthyosarcolite, 1/26 gr. nat.).

nâtres dont la faune diffère beaucoup de celle du Nord ; elle est spécialement caractérisée par les Rudistes.

La *Caprina adversa* (fig. 122) se voit dans les rochers de

1. Saurien de la Meuse.

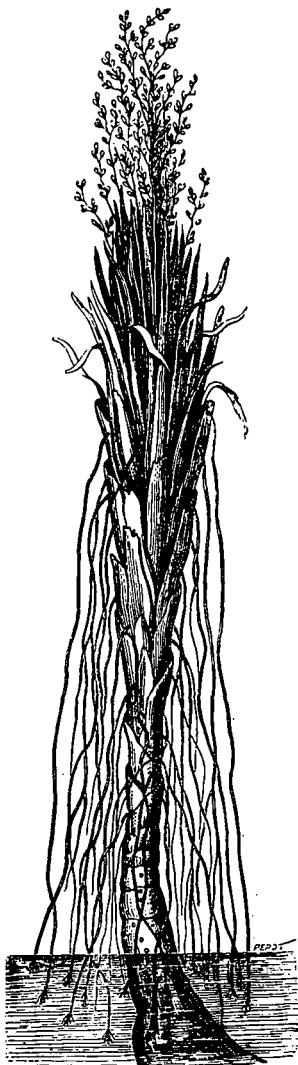


Fig. 123. — Rhizocolon.

la Rochelle qui appartiennent à l'assise inférieure. L'intérieur de la coquille présente des cloisons qui donnent au fossile un aspect rappelant grossièrement la chair de poisson ; de là le nom d'*Ichthyosarcolites* qu'il porte vulgairement.

La pierre blanche d'Angoulême, qui est de l'assise moyenne est parcourue dans tous les sens par les coquilles tubulaires du *Radiolites lumbricalis* (fig. 107).

Enfin, à la partie supérieure de la craie du midi, l'*Hippurites radiosus* (fig. 106) constitue à lui seul d'énormes rochers dans la Saintonge et le Périgord.

La fin de la période crétacée fut marquée comme la fin de la période jurassique par un retrait général de la mer. Dans la Provence, des eaux douces avaient succédé aux eaux marines ; il s'y formait des tourbières qui donnèrent naissance à de puissants dépôts de combustibles. Ce sont les Lignites de Fuveau où l'on trouve des débris d'un végétal très-remarquable le *Rhizocolon* (fig. 123), de la famille des Restiacées.

239. — TABLEAU DES ASSISES DU TERRAIN CRÉTACÉ.

TERRAIN CRÉTACÉ.	Inf ^r .	}	1. Néocomien . . .	<i>Terebratula janitor.</i> <i>Echinospatagus cordiformis.</i> <i>Crioceras Duvalii.</i> <i>Caprotina ammonia.</i>	
			}	2. Aptien	<i>Plicatula placunea.</i> <i>Ostrea aquila.</i> <i>Ancyloceras Matheroniana.</i>
				3. Gault	<i>Ammonites splendens.</i> <i>Inoceramus sulcatus.</i>
		Sup ^r .	}	Craie glauconieuse.	<i>Amm. Rotomagensis.</i> <i>Scaphites æqualis.</i>
				Craie marneuse : .	<i>Inoceramus labiatus.</i>
				Craie blanche . . .	<i>Micraster cor testudinarium.</i> <i>Belemnites mucronatus.</i>
	Craie supérieure. .			<i>Mosasaurus.</i>	

CHAPITRE X

TERRAINS TERTIAIRES.

ÈRE DES ONGULÉS.

Les terrains tertiaires sont les terrains Eocène, Oligocène et Néogène.

1. *Caractères lithologiques.*

240. — Les principales roches des terrains tertiaires sont :

ROCHES SÉDIMENTAIRES.

Calcaire.
 Marne.
 Sable, grès, poudingue.
 Argile.
 Molasse.
 Gypse.
 Sel gemme.
 Méulière.
 Limonite.
 Phosphate de chaux.
 Lignites.

ROCHES ÉRUPTIVES.

Trachyte.
 Basalte.

241. — Les **calcaires** sont souvent formés de grains assez gros et mélangés de sable et de coquilles. On les désigne sous le nom de *calcaires grossiers*. Ceux qui se sont déposés dans les eaux douces sont généralement plus compactes.

Certaines **marnes** des environs de Paris sont magnésiennes ; d'autres font mousse dans l'eau et servent à détacher.

242. — Les **sables** sont très-abondants dans les terrains tertiaires ; ils contiennent des bancs de grès. Quelquefois ils sont tellement remplis de coquilles et la matière calcaire y est tellement abondante qu'on s'en sert pour amender les terres. Ils sont alors désignés sous le nom de *Falun* ; en Angleterre sous celui de *Crag*.

L'**argile** tertiaire est souvent assez pure pour pouvoir être utilisée à la fabrication des poteries et aux arts plastiques.

On appelle **molasse** un mélange d'argile et de sable en proportion variable. La molasse forme des assises puissantes dans le midi de la France et en Suisse.

243. Gypse et sel gemme. — Dans les terrains tertiaires comme dans les terrains secondaires, on trouve des couches de gypse et de sel gemme. Le gypse des environs de Paris est de cet âge ainsi que le sel de Wieliczka en Pologne.

244. — La **meulière** est une roche formée de silice pure, à cassure plate, à nombreuses cavités cellulaires. Son nom vient de ce que l'on s'en sert pour faire des meules

à blé. On l'utilise aussi pour les constructions dans des lieux humides et pour les routes. C'est un produit de sources siliceuses analogues aux geysers d'Islande.

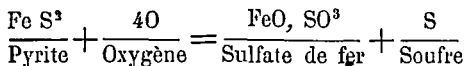
Dans les couches calcaires et marneuses des terrains tertiaires, on rencontre fréquemment des nodules siliceux comparables pour leur origine et leur disposition aux silex pyromaqués de la craie. Les uns sont demi-transparentes et ont un aspect corné; d'autres compactes et d'une couleur bleuâtre à la surface, ont reçu le nom de *Ménilites* parce qu'ils sont abondants dans les marnes d'eau douce qui forment les collines de Ménilmontant. Les mêmes couches d'eau douce renferment d'autres silex dits *Nectiques*, qui ont la singulière propriété de flotter sur l'eau. Non pas que la densité de la matière siliceuse y soit inférieure à celle de l'eau, mais la roche est si poreuse qu'elle forme une sorte d'éponge sèche. Quand le silex est imprégné d'eau, il va au fond.

245. Phosphate de chaux. — Le phosphate de chaux a été trouvé récemment en grande quantité dans des dépôts d'anciennes sources d'eaux thermales qui datent de l'âge tertiaire.

246. Lignites. — Les combustibles des terrains tertiaires sont des Lignites.

Dans les environs de Soissons et de Laon on exploite, sous le nom de *Cendres*, des lignites pyriteux qui servent à la fabrication de l'alun et du sulfate de fer. Cette pyrite est la *Marcassite* (§ 133) qui s'altère à l'air humide, s'oxyde et se convertit en sulfate de fer. Pour produire cette transformation, on dispose en tas les lignites pyriteux, et on les arrose légèrement. Si l'opération ne marche pas assez vite au gré du fabricant, il l'active en mettant le feu aux lignites; mais c'est rarement nécessaire, la chaleur dégagée par l'oxydation du sulfure suffit en général pour brûler la matière carbonneuse; souvent même il faut modérer la combustion en arrosant fréquemment ou en couvrant le tas d'argile. Dans tous les cas, que la combustion soit spontanée ou artificielle, elle doit être lente, sinon le soufre se convertirait en acide sulfureux et le fer en sesquioxyde. La réaction chimique qui se

passé dans cette opération peut s'expliquer par la formule suivante :



Une partie du soufre mis en liberté forme à la surface du tas de lignite des efflorescences jaunes comme celles que l'on voit sur les volcans. Mais la plus grande partie s'oxyde, se convertit en acide sulfureux qui se dégage ou en acide sulfurique qui décompose le silicate d'alumine de l'argile et produit du sulfate d'alumine. Celui-ci sert à fabriquer l'alun.

246 bis. Origine de la Pyrite. — L'origine du sulfure de fer dans les lignites et dans les charbons fossiles de tous les âges, mérite quelques mots d'explication. Toutes les fois que de l'oxyde ferrique (Fe^2O^3) se trouve en présence de matières organiques en décomposition, il leur cède son oxygène ; il passe ainsi à l'état d'oxyde ferreux (FeO) qui se combine avec certains acides organiques tels que l'acide créinique et autres dus à l'oxydation du bois. Mais, à leur tour, ces sels de fer, sous l'influence des sulfates alcalins, se transforment en carbonates alcalins d'une part et en sulfate de fer d'autre part. Ce dernier corps ne tarde pas à se désoxyder en présence de la matière organique et à produire de la pyrite. Ainsi la pyrite est le résultat définitif de l'action de l'oxyde de fer sur les matières organiques et sur les sulfates alcalins, sulfates qui existent dans toutes les eaux naturelles.

247. — Les volcans qui datent de la fin de l'âge tertiaire, ont leurs formes bien conservées ; mais, chez les plus anciens, les scories qui forment le cratère ont été enlevées et la roche ne paraît plus que comme un dike ou un énorme mamelon régulièrement bombé.

Les roches volcaniques tertiaires sont le Trachyte, dont il a été question (§ 75), et le Basalte.

248. — Le **Basalte** est une roche homogène formée de feldspath Labrador, de Magnétite ¹ et d'Olivine ou Périidot ².

1. 248^a. — La *Magnétite* est le fer aimant (Fe^3O^4) cristallisé en octaèdre régulier. Celui des volcans contient presque toujours du titane.

2. 248. — L'*Olivine* ou Périidot est un silicate de magnésie $\text{Mg}^2 \text{SiO}^4$ dans lequel une petite quantité de magnésium est remplacée par du fer.

Le Labrador n'y est jamais en cristaux visibles, mais l'Olivine y forme des grains d'un vert olive, réunis parfois en amas assez volumineux. Les coulées de Basalte ont une grande tendance à se diviser en prismes hexagonaux presque réguliers. Telle est la coulée du Pont-Volant en Auvergne (fig. 21). Le Basalte s'altère très-facilement à l'air, aussi ne peut-il être employé comme pierre de construction pour les édifices qui doivent durer de longues années.

2. Caractères paléontologiques.

249. Ongulés. — L'âge tertiaire est l'ère des Mammifères, ou pour parler plus exactement, en tenant compte de l'âge actuel, l'ère des Ongulés.

A l'époque actuelle les Ongulés (Pachydermes et Ruminants de Cuvier) ne comprennent qu'un petit nombre de genres et de espèces¹ dont la plupart sont isolés et sans aucun lien avec les animaux voisins. A l'âge tertiaire ces groupes offraient des types plus nombreux et se reliaient les uns aux autres par une foule d'intermédiaires.

250. — La famille des Tapirs n'est plus représentée de nos jours que par deux espèces, le Tapir des Indes et le Tapir d'Amérique. Ces animaux ont les doigts du pied en nombre impair (fig. 124) : un doigt médian plus long que les autres et deux doigts latéraux semblables entre eux. Le plan de symétrie du membre passe au milieu du doigt médian (fig. 124). Ce détail caractéristique de la famille du Tapir se retrouve chez de nombreux genres de mammifères fossiles. Les *Lophiodons* très-voisins encore des Tapirs par leurs molaires, avaient de longues canines ; les *Coryphodons* se faisaient remarquer par leur crâne large et plat ; les *Paleotherium* avaient le nez prolongé en une petite trompe qui par la longueur tenait le milieu entre la trompe du tapir et les naseaux mobiles du



Fig. 124.
Pied postérieur
du Tapir.

1. Sauf les familles des Cerfs et des Antilopes.

cheval (fig. 133). Tous ces animaux devaient avoir les habitudes des tapirs, vivre dans les lieux humides et aimer à se vautrer dans la fange.

Les *Anchitherium* avaient des formes moins massives et des doigts latéraux plus petits par rapport au doigt médian. Chez les *Hipparions* les formes sont encore plus élancées et les doigts latéraux si petits qu'ils ne touchent plus à terre. Mais déjà les *Hipparions* ne sont que des Chevaux à trois doigts, des animaux essentiellement coureurs et terrestres.

On voit par cet exemple comment les mammifères de l'âge tertiaire relient entre eux deux types aujourd'hui bien distincts, le Tapir et le Cheval. On y trouverait également des animaux intermédiaires entre les Chevaux et les Rhinocéros qui sont aussi des ongulés à doigts impairs.

La famille des Tapirs a apparu dès le commencement de l'âge tertiaire ; à partir de l'époque oligocène elle a beaucoup diminué d'importance. Celle des Rhinocéros se montre au contraire à l'époque oligocène et celle des Chevaux à l'époque néogène.



Fig. 125.

Pied postérieur
du cochon.

251. — La famille des Cochons comprend des ongulés qui ont le pied fourchu, c'est-à-dire les doigts en nombre pair : deux grands doigts médians égaux et deux doigts latéraux égaux entre eux, mais plus petits que les doigts médians et souvent inutiles à la marche (fig. 125). Parmi les animaux fossiles de cette famille, on doit citer l'*Anthracotherium* (fig. 141) remarquable par ses fortes canines, et ses molaires comprimées comme celles des carnivores. Son régime devait être bien plus carnassier que celui des cochons.

L'*Anoplotherium* (fig. 139) était un animal de la taille de l'âne, vivant dans l'eau comme l'hippopotame ; sa longue queue lui servait probablement de gouvernail. Il n'avait que deux doigts aux pieds comme les chameaux. Il en était de même des *Xiphodons* (fig. 126) qui rappelaient les gazelles, par leur taille, leur port et probablement aussi par leurs habitudes.

Les *Cainotherium* étaient de petits animaux qui reliaient les cochons aux chevrotains.

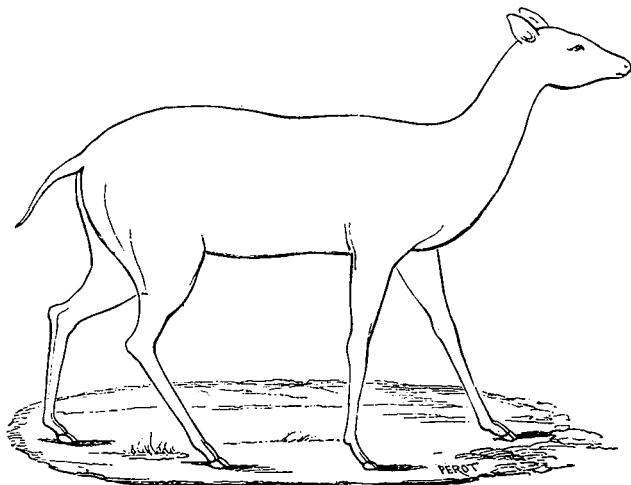


Fig. 126. — Xiphodon (taille du chamois).

La famille des Cochons se montre à la fin de la période éocène, elle présente ses types les plus nombreux pendant la période oligocène, puis elle diminue d'importance.

Il en est de même de la famille des Chevrotains (*fig. 127*) dont il vient d'être question et qui n'est plus maintenant composée que de petits ongulés ruminants, relégués en Asie et dans l'archipel indien. Elle habitait l'Europe occidentale à l'époque oligocène et présentait plusieurs types intéressants.

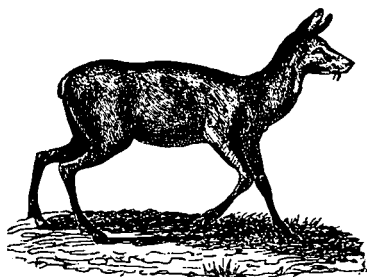


Fig. 127. — Chevrotain (1/15 gr. nat.).

Ces familles d'ongulés qui sont en décroissance depuis l'âge

tertiaire, ont été remplacés par d'autres qui ont commencé plus tard et qui sont actuellement dans leur plein développement; ce sont les familles des Cerfs ou Ruminants à bois caducs et celle des Antilopes ou Ruminants à cornes creuses et persistantes.

252. Proboscidiens. — Pendant la dernière période tertiaire, l'ordre des Proboscidiens ou animaux à trompe, vint enrichir le monde animé d'un type étrange, dont nous ne possédons plus que deux espèces, l'Éléphant des Indes et l'Éléphant d'Afrique. A l'âge tertiaire il comprenait outre les Éléphants, les deux genres Mastodonte et Dinotherium.

Les *Mastodontes* (fig. 149) ressemblaient complètement aux

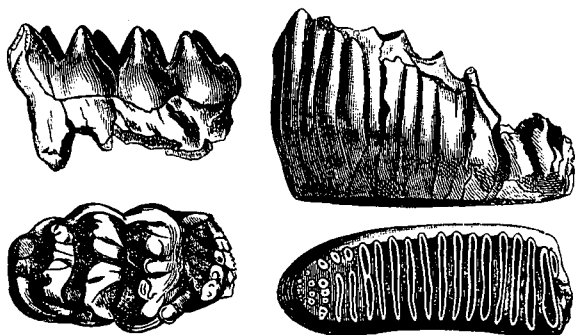


Fig. 128. — Dent de Mastodonte.
(1/5 gr. nat.)

Fig. 129. — Dent d'Éléphant.
(1/8 gr. nat.)

Éléphants : quelques-uns avaient des défenses aux deux mâchoires; mais leur caractère distinctif essentiel est tiré de la forme des dents molaires.

Chez les Éléphants, ces dents sont formées de rubans aplatis et alternatifs d'émail et d'ivoire (fig 129); chez les Mastodontes elles ont la couronne hérissée de tubercules mamelonnés dont le nombre et la forme varient avec les espèces (fig. 128).

Les *Dinotherium* (fig. 151) avaient les défenses fixées à la mâchoire inférieure et au lieu de se courber vers le haut, elles se repliaient vers la terre. Le *Dinotherium* géant attei-

gnait une taille de 4 m. 50; c'est le plus grand de tous les mammifères terrestres.

253. — A côté de ces herbivores, il y avait des carnassiers : l'*Arctocyon* avait beaucoup des caractères de l'*Ours*, l'*Amphicyon* se rapprochait aussi de l'*Ours* par sa taille et par ses membres; mais il avait la dentition du Chien. Le *Machairodus* (fig. 130)

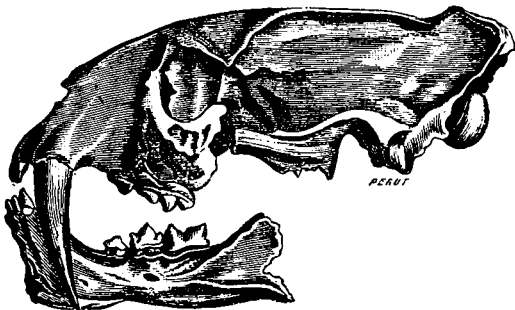


Fig. 130. — *Machairodus* (1) (1/3 gr. nat.).

était un grand chat à longues canines crénelées. Si on en juge d'après ces caractères, il devait surpasser, en férocité comme en force, le Lion et le Tigre. Le *Hyænodon* rappelait par ses molaires le type de la Thylacine ou Loup de l'Australie.

Parmi les Mammifères dont la présence en France à l'âge tertiaire, offre quelque intérêt, on doit encore citer des types appartenant à des familles qui ne vivent plus aujourd'hui que dans les contrées chaudes. Telles sont : une *Sarigue*; un édenté de très-grande taille, le *Macrotherium*, et un singe qui rappelle beaucoup l'Orang-Outang, le *Dryopithecus Fontani*.

254. — A l'âge tertiaire, on voit des représentants de tous les ordres d'Oiseaux actuels, ainsi que des espèces appartenant à des types aujourd'hui perdus ou près de s'éteindre. Tels sont les Flamants ou *Phénicoptères*, dont plusieurs espèces fréquentaient les lacs de l'Auvergne; tel est le *Gastornis*, un oiseau de formes massives appartenant probablement au même groupe que l'Autruche, qui hantait un lac situé sur l'emplacement même de Paris, au début de l'époque tertiaire.

1. *Machairodus cultridens*, néogène supérieur de Montpellier.

Les grands Reptiles, les Bélemnites, les Ammonites de l'âge secondaire, ont disparu. Les Mollusques gastéropodes se sont multipliés, surtout les genres qui par leurs formes élégantes et leurs couleurs brillantes font l'ornement des mers tropicales actuelles.

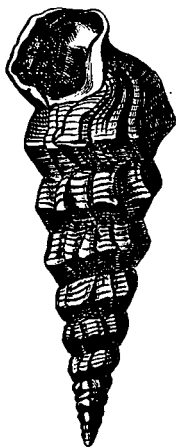


Fig. 131.

Cerithe (*Cerithium hexagonum*).

Les *Cerithes* (fig. 131) ont pullulé dans certaines mers tertiaires; ce sont des coquilles turriculées, en forme de cônes très-allongés dont la bouche se termine en un canal échancré par où passait le tube respiratoire de l'animal.

255. Nummulites. — Quelques couches tertiaires renferment une immense abondance de *Nummulites* (fig. 145), petite coquille de forme discoïdale assez semblable à des pièces de monnaie et dont l'intérieur présente une série de loges cloisonnées disposées en spirale. L'animal qui y habitait avait une organisation des plus simples, il appartenait au groupe des Rhizopodes.

256. Végétaux. — La première végétation de l'âge tertiaire n'est guère qu'une continuation de la flore de l'époque crétacée. Les forêts sont encore composées de Laurinées et de Protéacées, accompagnées d'Aulnes, de Saules, de Peupliers; mais bientôt viennent s'y joindre de nouvelles familles, telles que les Légumineuses; les Arbres à fleurs gamopétales ne se montrent guère plus tard.

Les Conifères de la famille des Cyprès ont joué un rôle important pendant toute la durée de l'âge tertiaire. Ils formaient d'immenses forêts sur les bords de la Baltique. La résine qui en découlait, constitue l'ambre jaune ou *Succin*. On y voit encore des insectes qui y ont été ensevelis dans la résine à l'époque où elle était encore liquide.

Les insectes tertiaires avaient la même organisation que les insectes actuels. On trouve dès lors des représentants de tous les ordres aujourd'hui connus et en particulier des Papillons

(fig. 132) qui paraissent être le groupe d'insectes le plus récent.



Fig. 132. — Papillon fossile.

3° Caractères stratigraphiques.

257.—Pendant la durée de l'âge tertiaire, les trois grands bassins de Paris, de l'Aquitaine et de la Provence se complèrent, et les mers se rapprochèrent de plus en plus de leurs limites actuelles. Mais la transformation en continent s'est faite d'une manière intermittente. Fréquemment ces bassins furent abandonnés par les eaux marines et devinrent de grands lacs ; puis la mer revint occuper ses anciens domaines pour se retirer de nouveau. On remarque que les formations d'eau douce sont plus développées dans le fond des bassins, tandis que les formations marines dominent à l'entrée.

Dans le nord de l'Europe ces changements se sont produits par des mouvements lents et sans modifier sensiblement l'horizontalité des couches. Au contraire, dans la zone méditerranéenne, les assises tertiaires les plus anciennes sont relevées, et disloquées.

258. Bassin de Paris à l'âge tertiaire. — Pour l'étude des terrains tertiaires, on doit prendre comme exemple le bassin de Paris, que les travaux de nombreux géologues ont rendu classique.

Ce bassin mérite plutôt le nom de golfe Anglo-Parisien, car à l'âge tertiaire, la mer de la Manche était fermée à l'ouest, la Bretagne se reliait à la presqu'île de Cornouailles,

et les falaises de Normandie se joignent à celles du comté de Dorset.

Quand on sort de Paris vers le nord (Pl. 1, fig. 3), on voit s'étaler devant soi la plaine Saint-Denis sur laquelle s'élèvent un certain nombre de petites collines isolées, Montmartre, Montmorency, les Buttes Sannois, etc.

La composition de toutes ces collines est identique. Vers la base, on aperçoit partout les carrières de *Gypse* ou pierre à plâtre, surmonté de 2 à 3 mètres de marnes de diverse nature, puis d'un banc plus important d'argile verte exploitée pour faire des tuiles. Plus haut, on trouve une épaisse assise de sable, contenant les bancs de grès qui donnent à la forêt de Fontainebleau son aspect si pittoresque. Ces sables, appelés en géologie *Sables de Fontainebleau*, s'élèvent presque jusqu'au sommet des collines. Ils sont couronnés par les *Meulrières*, dépôt siliceux rempli de fossiles d'eau douce.

Toutes ces assises supérieures au gypse sont rangées dans le terrain *Oligocène* (Miocène inférieur de beaucoup de géologues). Le Gypse et les roches qui lui sont inférieures, constituent le terrain *Eocène*.

Pour étudier ce dernier terrain, il suffit de continuer son voyage vers le nord.

Le sol de la plaine Saint-Denis est formé par des marnes d'eau douce qui sont bien évidemment à un niveau plus bas que les carrières de gypse. On les appelle *Marnes de Saint-Ouen*. A Nanteuil-le-Hardouin, une petite vallée montre sous les marnes de Saint-Ouen des sables et des grès remplis de fossiles marins, ce sont les mêmes que l'on exploite à Beauchamp, près de Pontoise, de là le nom de *Sables de Beauchamp*.

La rivière d'Authomme que l'on rencontre, un peu plus loin, coule entre deux escarpements formés, à la partie supérieure de *Calcaire grossier* ou pierre à bâtir, dont certains bancs sont pétris de *Nummulites lævigata*, et, à la base, de sables remplis de *Nummulites planulata*.

Au nord de l'Authomme, la route rencontre à Villers-Cotterets une colline dont la composition est identique à celle de Montmorency ; puis le plateau de calcaire grossier est profondément entaillé par l'Aisne à Soissons.

La vallée de l'Aisne plus profonde que celle de l'Authomne permet de voir, sous le calcaire grossier et les sables à *Nummulites planulata* de l'argile noire avec lignites pyriteux.

Avant d'arriver à Laon, à Urcel, le voyageur descend du plateau de calcaire grossier; il aperçoit alors de chaque côté de la route de nombreuses cendrières où on exploite les *Lignites* pour la fabrication de l'alun et du sulfate de fer.

La Butte de Laon s'élève comme un dernier témoin du Soissonnais dont elle a été isolée par les ravinelements diluviens. La ville est établie sur le calcaire grossier; les pentes de la colline sont formées par les sables à *Nummulites planulata*, par les argiles ligniteuses excessivement réduites en épaisseur, et par d'autres sables blancs qui passent inférieurement à un tuffeau.

Au nord de Laon commence la plaine crayeuse de la Picardie.

Toutes ces couches, on le voit, se relèvent vers le nord; le calcaire grossier qui est à 25 mètres d'altitude à Paris, est à 175 m., à Laon.

Le calcaire grossier forme l'Eocène moyen. L'Eocène supérieur comprend les assises qui le surmontent jusqu'au gypse inclusivement et l'Eocène inférieur, tout ce qui est entre le calcaire grossier et la craie.

TERRAIN ÉOCÈNE.

RÈGNE DES NUMMULITES ET DES TAPIRIDÉS.

259. — La période éocène est caractérisée, sous le rapport paléontologique, par les Nummulites¹ qui pullulaient dans ses mers et par les Mammifères de la famille du Tapir qui habitaient sur ses continents. Vers la fin de la période, l'*Anoplotherium* et d'autres animaux voisins du Cochon vinrent se joindre aux Tapirides.

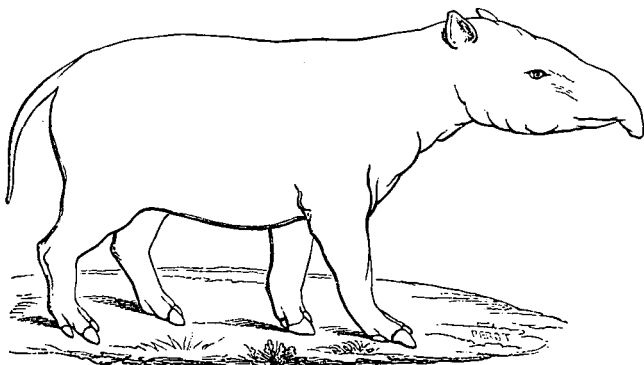


Fig. 133. — Palcotherium (taille du cheval).

La Flore éocène n'est que la continuation peu modifiée de la Flore crétacée.

Pendant cette période le ridement des Pyrénées s'accroît de plus en plus, et acquit à peu près ses relations actuelles avec les plaines voisines. En effet, les couches éocènes des Pyrénées sont fortement inclinées, tandis que les roches de la période suivante (oligocène), sont presque horizontales.

1. C'est au terrain éocène qu'il faut rapporter le terrain dit nummulitique ainsi que les régions des Alpes et des Pyrénées colorées en jaune comme crétacées dans la carte géologique de France de M. Dufrenoy et Elie de Beaumont.

BASSIN DE PARIS.

260. — On peut diviser le terrain éocène du bassin de Paris en trois étages : qui sont désignés par les noms d'inférieur, moyen et supérieur. L'étage inférieur ou des Sables du Soissonnais est caractérisé par les Coryphodons (§ 250) et la *Nummulites planulata*; l'étage moyen ou du calcaire grossier, par les Lophiodons (§ 250), et la *Nummulites lavigata*; l'étage supérieur, par les Paleotherium (§ 250) et la *Nummulites variolaria*.

261. L'étage éocène inférieur ou Soissonnien, se divise en trois assises dont une assise argileuse intercalée entre deux assises de sable.

262. Sables de Bracheux¹. — Tel est le nom généralement donné à l'assise sableuse inférieure, très-développée dans l'Oise, dans l'Aisne et la Marne, et qui comprend en outre les sables et les grès à paver du nord de la France.

Dans cette dernière région la base de l'assise est formée soit par un grès argilo-calcaire peu cohérent nommé *Tuffeau*², soit par des argiles remplies de gros silex de la craie. Ces argiles à silex se retrouvent dans la même position dans l'ouest du bassin de Paris, sur les plateaux crétacés des départements de l'Eure, et d'Eure-et-Loir. A Rilly, près de Reims, on voit les restes d'un petit lac d'eau douce subordonné à cette assise inférieure.

263. — L'assise argileuse moyenne est désignée sous le nom d'**Argile plastique** ou de **Lignites du Soissonnais**, selon qu'on l'étudie aux environs de Paris ou dans le nord de l'Île-de-France.

L'argile plastique imbibée d'eau forme une pâte que l'on emploie pour modeler les statues. On l'exploite en outre à Vanves et à Meudon pour faire des poteries, des carreaux, des pannes, etc., ou bien on la mélange intimement à de la craie pour faire de la chaux hydraulique artificielle.


Dans ces localités, la base de l'argile plastique est impure;

1. Bracheux est un village de l'Oise.

2. L'*Arctocyon*, carnassier voisin de l'ours a été trouvé dans le Tuffeau de la Fère.

elle renferme des débris de craie et de silex, des grains de sable, des fragments de végétaux et de nombreux ossements. On y trouve, outre des débris de Crocodiles, deux animaux très-remarquables ; le *Coryphodon*, mammifère de la famille des Tapirides à tête déprimée, plus grand que le Tapir des Indes, et le *Gastornis*, oiseau plus grand que l'Autruche et à formes plus massives.

Dans le Soissonnais et le Laonnais l'argile à Coryphodons est impure. Elle contient des couches de lignites pyriteux, exploitées sous le nom de cendres pour la fabrication de l'alun et du sulfate de fer. C'est une formation d'estuaire déposée dans des eaux saumâtres. Cependant certains bancs sont formés presque uniquement de coquilles marines et particulièrement d'une huître très-semblable à l'huître comestible, l'*Ostrea Bellovacina*.


Fig. 134.
Nummulites
planulata.

264. Sables de Cuise¹. — On désigne ainsi des sables supérieurs aux lignites et caractérisés par l'abondance d'une petite Nummulite, *N. planulata* (fig. 134), et par la présence d'une Nérítine de grande taille, *Neritina Schmidelliana* (fig. 135).

265. — A l'époque éocène inférieure la mer ne pénétra

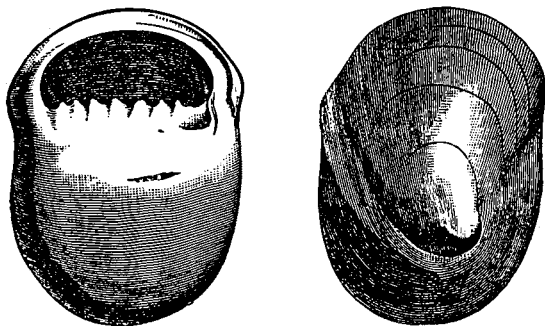


Fig. 135. — *Neritina Schmidelliana*.

que dans le nord du Bassin de Paris ; elle ne dépassa jamais

1. Cuise-Lamotte est un tout petit village près de Soissons.

le cours de la Marne et de la Seine ; au sud et même à Paris, l'éocène inférieur n'est représenté que par de l'argile plastique, qui s'est plutôt déposée dans un lac que dans la mer. Dans le Nord, l'éocène inférieur a une épaisseur de plus de 100 mètres et il est presque entièrement à l'état d'argile formant un sous-sol humide sur lequel poussent les gras pâturages de la Flandre.

266. Étage Éocène moyen ou du Calcaire grossier. — A l'époque de l'Éocène moyen, la mer pénétra un peu plus vers le sud dans le golfe Parisien, sans toutefois dépasser Versailles. Elle déposa un calcaire coquillier à texture grossière, qui a fourni à la capitale d'abord, et, depuis l'établissement des chemins de fer, à toute la France et même à l'étranger des pierres de taille présentant toutes les qualités requises pour la décoration des édifices. Partout où le calcaire grossier existe à une faible profondeur, il est activement exploité. Les pierres de Creil, de Chantilly, de Saint-Leu, ont une réputation universelle; les carrières ne sont pas moins abondantes à Nanterre, à Montrouge, à Vaugirard. Les catacombes de Paris ne sont pas autre chose que d'anciennes carrières souterraines qui ont servi d'ossuaire lors de la suppression des cimetières intérieurs.

Le calcaire grossier renferme une grande quantité de fossiles qui sont parfaitement conservés dans les localités où la roche est à l'état sableux et désagrégé. Les gisements de Grignon près de Versailles, de Damery près d'Épernay et bien d'autres, sont célèbres par les nombreuses et belles coquilles qu'ils ont fournies à toutes les collections. Dans cette foule de fossiles nous ne citerons que la *Nummulites lavigata* (fig. 136), et une grande Cérithie (*Cerithium giganteum*), qui atteint jusqu'à un demi-mètre de longueur.

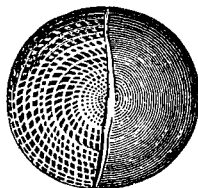


Fig. 136. — Nummulites lavigata (grossie 2 fois)

La partie supérieure du calcaire grossier présente des bancs remplis de Cérithes, mollusques qui affectionnent les eaux saumâtres. Parfois on y trouve aussi des coquilles d'eau douce et des ossements de Lophiodons. Ainsi, à la fin de

l'époque éocène moyenne le golfe du bassin de Paris s'est momentanément transformé en lac.

Les sables qui forment les collines des environs de Bruxelles et celles de Cassel (département du Nord), sont de l'âge du calcaire grossier.

267. Etage Éocène supérieur.—Il comprend trois assises :

268. 1° Sables de Beauchamp. — Ce sont des sables et des grès très-développés dans les environs de Pontoise et dans la forêt de Senlis. Ils sont remplis de fossiles marins et caractérisés par une toute petite Nummulite, *Nummulites variolaria* (fig. 137).

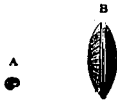


Fig. 137. — *Nummulites variolaria* (A gr. nat., B grossie).

269. — 2° Les **Marnes de Saint-Ouen** renferment au contraire des débris de mollusques d'eau douce et en particulier une lymnée, *Lymnea longiscata* (fig. 138), très-voisine d'une espèce qui vit encore dans nos étangs. Les eaux marines s'étaient donc retirées du bassin de Paris et y avaient été remplacées par un lac. A la même époque, il y avait dans la Touraine et l'Anjou un autre lac peut-être en communication avec le précédent et où se déposait aussi un calcaire d'eau douce rempli de *Lymnea longiscata*.



Fig. 138. *Lymnea longiscata*.

Les marnes de Saint-Ouen se trouvent à Paris sur la rive droite de la Seine, à la hauteur de l'Arc-de-Triomphe de l'Étoile, des embarcadères du Havre, du Nord et de Strasbourg. Elles contiennent des nodules de silex ménilite et nectique (§ 144).

270. — 3° L'assise du **Gypse** est formée de bancs de Gypse alternant avec des bancs de marnes. Les couches se sont déposées dans un lac salé ou une mer intérieure, comme le prouvent les rares coquilles marines que l'on a rencontrées dans les bancs marneux. Le gypse contient un grand nombre d'ossements de mammifères, particulièrement des *Palcothe-*

rium (fig. 133, § 250), et des *Anoplotherium* (fig. 139, § 251).

A l'époque où se formait le gypse, il y avait à Champigny près de Paris des sources siliceuses qui produisaient un dépôt comparable à celui des Geysers d'Islande.

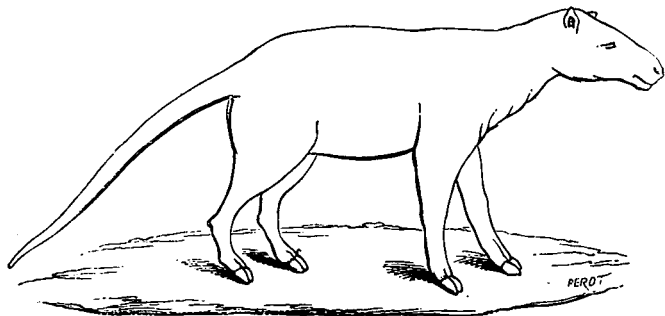


Fig. 139. — *Anoplotherium* (taille de l'âne).

Tandis que les sables de Beauchamp, formation marine, sont surtout développés au nord du bassin de Paris, que le calcaire de Saint-Ouen, formation d'eau douce, se prolonge beaucoup plus loin vers le sud, le Gypse est spécial aux environs immédiats de Paris. Dans toutes les collines qui entourent la capitale, on voit à mi-côte des carrières qui y sont ouvertes pour la fabrication du plâtre. Il s'arrête au nord à Montmélian, au sud à Longjumeau, à l'ouest à Mantes, à l'est près de Château-Thierry.

271.— L'Étage éocène supérieur manque dans le nord de la France et en Belgique, mais on le retrouve dans l'île de Wight; où il y a les restes d'un lac dont les bords étaient hantés par les *Paleotherium* et les *Anoplotherium*.

BASSIN DE L'AQUITAINE.

272.— Ce bassin était limité au nord par les terrains crétacés de la Charente et au sud par ceux des Pyrénées. Il s'ouvrait largement à l'Ouest vers la mer et se terminait en pointe vers l'Est, en se reliant peut-être au bassin de la Provence, aux environs de Carcassonne.

Sur la côte de la Charente, la couche éocène la plus ancienne est un calcaire grossier marin qui porte la citadelle de Blaye et qui est du même âge que le calcaire grossier des environs de Paris; il est surmonté par un calcaire d'eau douce et par des couches argileuses à *Paleotherium*. Dans la Dordogne le calcaire marin de Blaye manque; le calcaire d'eau douce et les couches à *Paleotherium* augmentent d'épaisseur et sont accompagnées de sables avec minerai de fer.



Fig. 140.

Serpula spirulea.

Sur le littoral Pyrénéen, le terrain éocène se montre sur les falaises de Biarritz représenté par des marnes en couches inclinées et dont les fossiles sont tellement différents de ceux des environs de Paris, qu'on ne sait pas au juste à quel étage elles correspondent. Elles sont remplies d'une Nummulite spéciale, voisine de la *Nummulites planulata* et appelée *Nummulites Biarritziensis*. On y trouve aussi en abondance un tube d'une annélide marine nommée *Serpula spirulea* (fig. 140).

BASSIN DE PROVENCE.

273. — Le terrain éocène du bassin de la Provence est assez complexe. On y voit à Carcassonne des grès avec nombreux ossements de Lophiodons, et à Gargas, près d'Apt, des calcaires avec gypse où on retrouve toute la faune des gypses de Montmartre.

274. Zone nummulitique méditerranéenne.

— A part ces couches peu étendues du bassin de la Provence, le terrain éocène est très-développé dans toute la zone méditerranéenne, depuis l'Espagne et le Maroc jusqu'en Grèce et en Égypte et en Asie-Mineure. Partout il est représenté par des grès ou des calcaires remplis de Nummulites. Ainsi les Pyramides d'Égypte sont construites en calcaire-nummulitique. Toutes ces couches nummulitiques ont été redressées; elles entrent dans la constitution des principales montagnes qui suivent la région précitée, les Pyrénées, les Apennins, les Alpes, les Carpathes, les Balkans, etc. Elles s'étendent par la Perse et l'Inde jusqu'en Chine et au Japon.

Dans les Alpes, le calcaire nummulitique est surmonté de grès argileux remplis de fucoides du genre *Chondrites*. On le désigne sous le nom de *Flysch*.

TERRAIN OLIGOCÈNE.

(Miocène inférieur)

RÈGNE DES ANTHRACOTHERIUM.

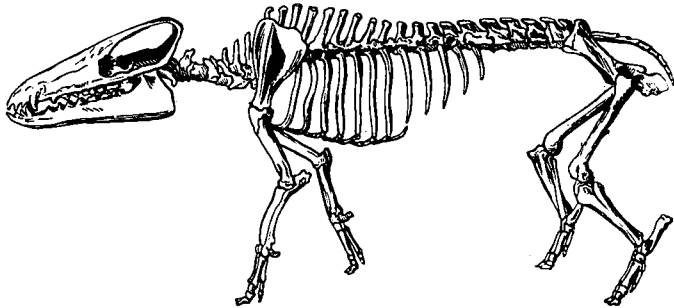


Fig. 141. — *Anthracotherium magnum* (taille du cheval).

275. — Au point de vue des mammifères, l'époque oli-

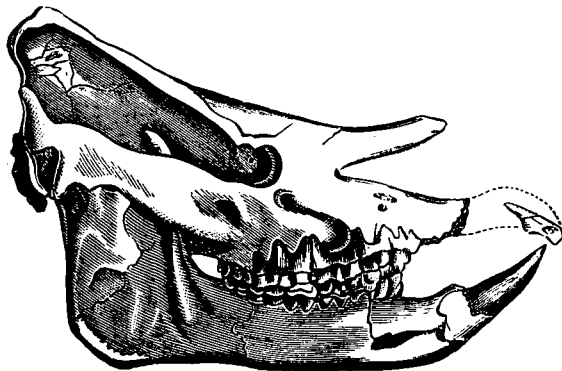


Fig. 142. — Crâne de *Rhinoceros incisivus* (1/10 gr. nat.).

gocène est caractérisée par la prédominance des ongulés de la famille du Cochon, tels que les *Anthracotherium* (fig. 141),

et de la famille des Chevrotains tels que les *Cainotherium* (fig. 127). La famille des Tapirs y est en décroissance. Au commencement de la période, les *Paleotherium* et quelques-uns de leurs congénères vivaient encore; mais à la fin on ne trouve plus de toute la famille que le seul genre Tapir qui a persisté jusqu'à l'époque actuelle. On voit en même temps apparaître les premiers Rhinocéros. Contrairement aux Rhinocéros actuels, ceux de l'époque oligocène avaient des incisives à la mâchoire supérieure et leurs os du nez étaient trop faibles pour porter une corne (fig. 142).

Parmi les Carnassiers on doit citer la coexistence des *Hyænodon* de l'époque éocène et des *Amphicyon* de l'époque néogène. Du reste la faune oligocène est en quelque sorte un mélange de ces deux faunes tertiaires extrêmes.

Les Nummulites se trouvent encore dans le terrain oligocène, mais bien plus rarement que dans le terrain éocène.



Fig. 143. — Fruit d'érable
(*Acer trilobatum*).

276. Quant à la flore, on y voit avec des genres qui ont continué à vivre dans le pays tels que l'Erable (fig. 143), le Platane, le Charme, la Vigne, d'autres formes propres aux pays chauds : Le Liquidambar de Java, le Palmier d'Afrique, le Séquoia de Californie. Ce fait réuni à la nature des coquilles marines où dominent les Cônes, les

Cyprées, les Ancillaires, les Pleurotomes des mers chaudes prouve qu'à l'époque oligocène nos contrées jouissaient d'un climat subtropical.

BASSIN DE PARIS.

277. Le terrain oligocène du bassin de Paris comprend trois assises, deux d'eau douce séparées par une assise

marine. Chaque assise d'eau douce présente à la base des lits déposés dans des eaux saumâtres.

278. 1° Calcaire d'eau douce de Brie. — La couche d'eau saumâtre qui est à la base de cette assise est une marne (*marnes à Cyrenes*) feuilletée, jaunâtre avec *Cyrena semistriata* (fig. 144). Elle recouvre le Gypse dans toutes les collines des environs de Paris. Elle est surmontée par une argile verte appelée *marne verte*, qui est employée pour la fabrication des pannes et des drains. On y trouve des nodules de sulfate de strontiane. Vient enfin un ensemble de marnes, de calcaires plus ou moins siliceux et de meulières qui fournissent les fameuses meules de La Ferté-sous-Jouarre. Ce calcaire, développé dans toute la Brie, ne dépasse pas à l'O. le méridien de Paris, ni



Fig. 144.
Cyrena semistriata.

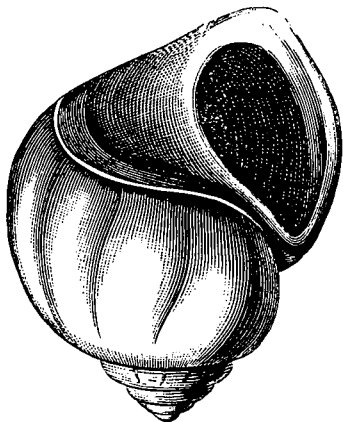


Fig. 145. — *Natica crassatina* (1/2 gr. nat.)



Fig. 146. — *Cerithium plicatum.*

au N. une ligne allant de St-Denis à Soissons. Il renferme des coquilles d'eau douce, lymnées, planorbes, etc.

279. — 2° Les **sables de Fontainebleau**, dont l'épaisseur est de 60 m. et même plus, sont de formation

marine. Les fossiles y sont rares, les plus caractéristiques sont *Natica crassatina* (fig. 145) et *Cerithium plicatum* (fig. 146). Aux environs immédiats de Paris l'assise commence par un banc de marnes rempli d'huitres. La masse principale est formée de sable siliceux, micacé, constituant, partout où il affleure, un sol peu fertile, ordinairement couvert de forêts. A la partie supérieure il y a des bancs de grès siliceux employés pour paver à Paris et dans les environs.

280. — 3° Le **Calcaire de Beauce** est un dépôt d'eau douce renfermant les mêmes fossiles que le calcaire de Brie auquel il ressemble d'ailleurs beaucoup sous le rapport minéralogique. Il débute également par quelques couches d'eau saumâtre à *Cerithium Lamarkii*. On y trouve outre les coquilles d'eau douce, lymnées et planorbes, un mollusque terrestre du genre Hélix, *Helix Ramondi*, de nombreuses graines de *Chara* et quelques débris d'*Anthracotherium*. Dans la Beauce, l'assise est représentée par un calcaire blanc, marneux ou siliceux; dans les environs de Paris et vers le Nord, elle est à l'état purement siliceux. C'est la couche de *Meulière* qui couronne les buttes de Montmorency, Sannois, Villers-Cotterets et autres. Elle est trop irrégulière pour servir à faire des meules; mais on l'emploie dans les constructions qui demandent une grande solidité et qui ont à redouter l'humidité, comme les murs de fortifications et les caves.

281. — Le terrain oligocène ne s'avance pas au nord au delà des buttes de Villers-Cotterets et de la forêt du Halatte près de Pont-Sainte-Maxence. Il se développe au contraire au sud en s'enfonçant vers la Loire.

282. Calcaire d'eau douce d'Auvergne. — En Auvergne, il y avait à l'époque oligocène des lacs dans les dépressions du sol granitique. Il s'y déposait des calcaires d'eau douce remarquables par le grand nombre de débris de mammifères et d'oiseaux qu'ils ont fournis. Presque tous les ordres d'oiseaux aujourd'hui existants y étaient représentés. On y voyait des perroquets, des aigles, des chouettes, des pigeons; mais ce qui dominait ou au moins ce qui domine dans les calcaires déposés dans ces lacs, ce sont naturellement

les oiseaux aquatiques tels que canards, mouettes, ergognes, chevaliers, flamands. La fréquence des flamants est à noter, on en connaît 6 espèces dans les calcaires de l'Auvergne, tandis qu'il n'y en a plus maintenant que deux espèces dont l'une habite l'Afrique et l'autre l'Amérique.

283. — Parmi les calcaires lacustres de l'Auvergne, il en est un très-remarquable par sa structure ; il est formé de tubes de friganes. Les friganes sont des insectes voisins des éphémères dont les larves vivent dans l'eau ; leur corps est mou et très-recherché des poissons. Elles le protègent en l'enveloppant d'un tube ou fourreau qu'elles construisent tantôt avec de petits morceaux de bois, tantôt avec des grains de sable, tantôt avec de petites coquilles (fig. 147). C'est ce dernier moyen

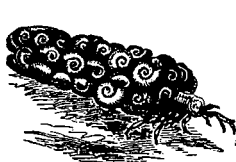


Fig. 147. — Frigane.

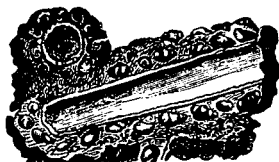


Fig. 148. — Calcaire à Indusies.



Coquille
ayant servi
à faire
ces tubes.

qu'employaient les Friganes de l'Auvergne. Le calcaire formé par l'accumulation de ces tubes, composés eux-mêmes de coquillages, porte le nom de *Calcaire à Indusies* (fig. 148).

BASSIN DE L'AQUITAINE.

284. — Le terrain oligocène est très-développé dans le bassin de l'Aquitaine. Dans l'ouest il est formé par des dépôts marins et dans l'est par des dépôts lacustres ; au centre ces divers dépôts s'enchevêtrent.

285. — 1° La **molasse du Fronsadais** est une argile sableuse qui forme la base des collines des environs de Bordeaux. Elle se charge dans l'est de bancs de calcaire d'eau douce dits *Calcaires du Périgord*, parce qu'ils sont très-abondants dans cette région. C'est à ces couches inférieures que l'on peut en grande partie rapporter les phosphates de chaux de Caylus (Tarn-et-Garonne). Ce sont des dépôts de sources minérales, remplis de débris de mammifères.

286. — 2° Le **calcaire à Astéries** est un dépôt marin qui surmonte la molasse du Fronsadais dans les escarpements de la Garonne et de la Dordogne à Bordeaux et à Libourne, jusqu'au hourg du Bec-d'Ambez. On l'exploite comme pierre à bâtir. Il a la plus grande analogie de structure avec le calcaire grossier des environs de Paris, mais il appartient à un âge plus récent, car il contient les mêmes fossiles que le sable de Fontainebleau; ex. : *Natica crassatina* (fig. 145). Il doit son nom à ce que certains bancs sont remplis de débris d'astéries ou étoiles de mer. Dans l'est, le calcaire à Astéries est remplacé par la **molasse de l'Agénois** que l'on voit au-dessus des rives du fleuve à Agen, et où l'on trouve l'*Anthracotheerium magnum*.

287. — Les **Faluns du Bazadais**, dans le département de la Gironde, sont remplis de cérithes de plusieurs espèces (*Cerithium plicatum*, etc.); ils alternent avec des couches d'eau douce qui augmentent d'épaisseur vers l'Est, en même temps que les couches marines diminuent et se transforment en argile contenant des bancs d'huîtres, comme celle qui couronne les hauteurs de Sainte-Croix-du-Mont. A Agen, il y a deux nouveaux calcaires séparés par un banc de molasse. Un calcaire blanc dessine à mi-côte les escarpements dans lesquels sont taillées les grottes, et le sommet est constitué par un calcaire gris noirâtre rempli de planorbés et d'Hélix (*Helix Ramondi*). Ces calcaires d'eau douce sont appelés **Calcaires de l'Agénois**.

BASSIN DE LA PROVENCE.

288. — Le terrain oligocène de la Provence est représenté par une série de formations d'eau douce qui a fourni de nombreux végétaux. On doit citer le calcaire et le gypse d'Aix où on trouve des couches remplies de poissons, et les calcaires exploités pour dalles à Armissan.

289. — Dans les **Alpes**, le terrain oligocène est représenté par des assises épaisses de molasse, les unes marines, les autres d'eau douce. Il y a, au Righi par exemple, des bancs énormes de Poudingue à ciment argileux, qui est désigné sous le nom spécial de *Nagelfluë*. Ces couches sont redressées,

preuve que les Alpes sont d'une formation très-moderne, puisque les dislocations du sol qui leur ont donné naissance sont postérieures à l'époque oligocène.

TERRAIN NÉOGÈNE.

(Miocène supérieur et pliocène.)

RÈGNE DES PROBOSCIDIENS.

290. — L'époque néogène vit paraître la famille des chevaux avec le genre *Hipparion* ou cheval à 3 doigts et la famille des Proboscidiens, qui comprenait alors, outre les Eléphants, deux genres perdus, les Mastodontes (fig. 149) et les *Dinotherium* (fig. 150).

La famille des Tapirs n'y est plus représentée que par le Tapir et l'*Anchitherium* qui tient le milieu entre le Paleotherium d'une part, l'Hipparion et le Cheval de l'autre; Paleotherium par les molaires, Hipparion par les membres, car le doigt médian est beaucoup plus gros que les doigts latéraux. Les familles du Cochon et du Chevrotain n'ont plus la prédominance qu'elles avaient à l'époque oligocène; elles sont remplacées par des Antilopes et des Cerfs dont les immenses troupeaux se mêlant à ceux d'Hipparions servaient de proie aux grands carnassiers des genres, *Machairodus*, Hyènes, et *Amphicyon* (§ 253).

Plusieurs espèces de singes habitaient alors le midi de la France; quelques-uns se rapprochaient des gibbons et de l'orang-outang par la taille et l'organisation. Sur les côtes et dans les anse vivaient des phoques, des *Halitherium*, (mammifères aquatiques voisins des Lamantins), des dauphins et des baleines.

Parmi les mollusques on voit augmenter de plus en plus le nombre des espèces encore vivantes dans nos mers.

291. — La flore aussi se rapproche de la flore actuelle. Lorsque débute l'époque néogène, le premier rôle est encore aux Laurinées, aux Figuiers, aux Palmiers. Puis les essences tropicales diminuent rapidement, indiquant ainsi un abaissement de température. Les palmiers, qui à la fin de

l'époque oligocène s'étendaient jusqu'à Cologne (50° de latitude), ne dépassent pas la Suisse (47°), au commencement

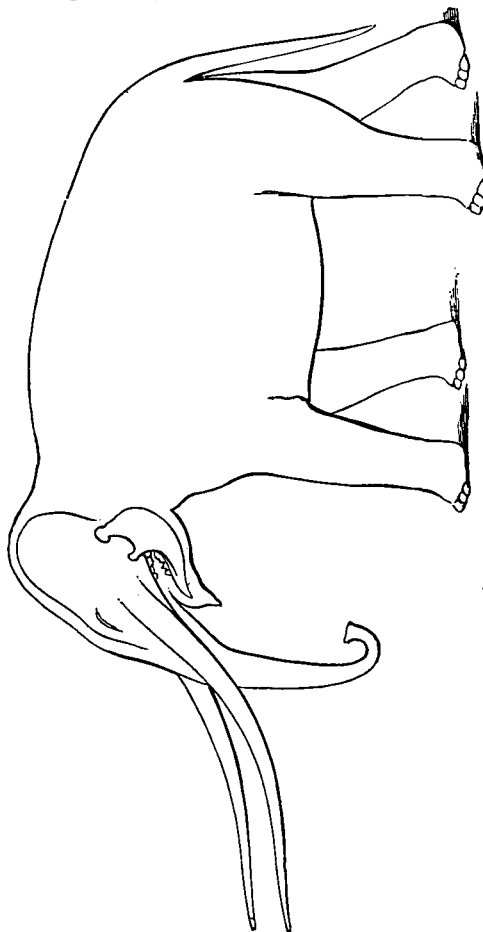


Fig. 149. — Mastodon tapiroïdes.

de l'époque néogène ; vers la fin de la même époque, on ne les retrouve plus qu'en Italie. On estime que la température moyenne descendit de 20 à 18°.

292. — On peut diviser le terrain néogène en deux étages : l'étage miocène où l'on trouve des Mastodontes¹ réunis aux Dinotherium et l'étage pliocène qui renferme à la fois des Mastodontes² et des Eléphants; souvent on subdivise l'étage miocène en deux assises dont la supérieure est caractérisée par la présence des Hipparions.

Les bassins de l'Aquitaine et de la Provence étant ceux qui montrent le mieux le développement de ce terrain nous serviront de type.

BASSIN DE L'AQUITAINE.

93. — Il en est du terrain néogène comme du terrain oligocène, il montre, dans le bassin de l'Aquitaine, des formations marines et des formations d'eau douce, selon qu'on l'étudie à l'ouest vers l'Océan ou dans l'intérieur des terres.

Faluns. — Les dépôts marins sont généralement à l'état de faluns, c'est-à-dire de sable rempli de coquilles; parfois le sable est rendu cohérent par du carbonate de chaux; il

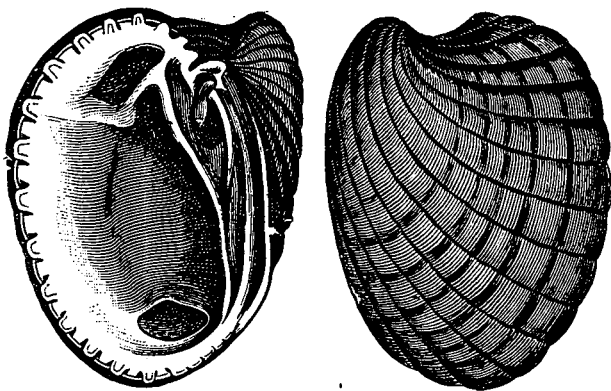


Fig. 150. — *Cardita Jouanctti*.

constitue alors une roche appelée *Molasse* par les géologues méridionaux et qui est utilisée comme pierre de taille à Bor-

1. *Mastodon angustidens* et *Mastodon tapiroides*.
2. *Mastodon arvernensis* et *Mastodon Borsoni*.

deaux et à Mont-de-Marsan. Elle se taille très-facilement et durcit à l'air. On distingue deux niveaux parmi ces faluns.

1° Falun de Léognan près Bordeaux à *Pecten Burdigalensis*.

2° Falun de Salles à *Cardita Jouanetti* et *Ostrea crassissima*.

Des couches d'eau douce, les **Calcaires de l'Armagnac**, correspondent dans l'est du bassin de l'Aquitaine au falun de Léognan. On y trouve dans la colline de Sansan une accumulation extraordinaire d'ossements de mammifères, Mastodontes, Rhinocéros, *Anchitherium*, *Muchairodus*, Singes, etc. Ces calcaires d'eau douce sont surmontés tantôt par les faluns de Salles à *Cardita Jouanetti* et *Ostrea crassissima*, tantôt par des sables fluviatiles (sables de Simorre) qui contiennent avec la plupart des mammifères de Sansan, des débris de *Dinotherium* (fig. 151).

BASSIN DE LA PROVENCE OU DU RHÔNE.

294. Molasse. — Des couches du même âge que celles dont il vient d'être question dans le bassin de l'Aquitaine se retrouvent dans tout le bassin du Rhône, dans la Provence, le Dauphiné et le Lyonnais à l'état de marnes, de sable et de molasse avec *Cardita Jouanetti* et *Ostrea crassissima*. C'est le niveau du calcaire moellon employé à Montpellier.

295. — Elles sont surmontées par des **couches d'eau douce à Hipparions**. Dans le Dauphiné, le Lyonnais et la Bresse ce sont des lignites exploités comme combustibles; à Cucurron et au mont Léberon dans la Vaucluse, c'est un limon riche en débris d'Hipparions et de *Dinotherium*.

Voici le tableau que M. Gaudry trace de la Provence à cette époque géologique :

« Le *Dinotherium*, le plus gigantesque de tous les animaux terrestres, était escorté par un énorme sanglier, deux espèces de rhinocéros et l'*Helladotherium*, espèce de girafe, le plus majestueux des ruminants qui ont habité l'Europe. Les campagnes étaient couvertes de troupeaux d'hipparions et de gazelles à cornes en forme de lyre. A côté d'eux se tenaient les tragocères auxquels leurs cornes pouvaient donner de loin un aspect de chèvre, mais qui vus de près offraient les traits

caractéristiques des antilopes. Ils avaient un compagnon que ne connaissent pas leurs parents de l'Attique, le *Cervus Matheronis*.... Assurément notre Provence est belle aujourd'hui, mais elle était belle aussi quand tous ces êtres fossilisés dans le Léberon étaient en vie, alors que le versant des collines était animé par de nombreux troupeaux, et que pour

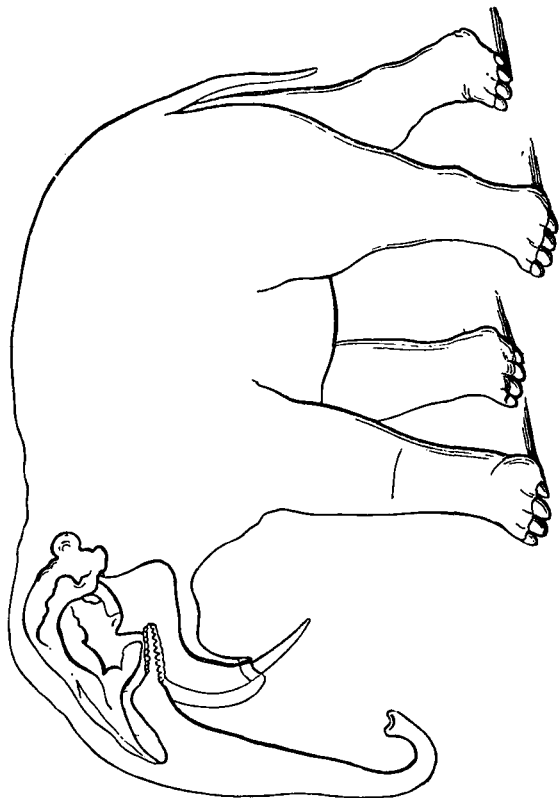


Fig. 151. — Dinotherium.

nourrir tant de quadrupèdes, les vallées enfantaient une ample végétation. »

296. — Ces campagnes si riches et si belles furent de

nouveau envahies par la mer, car au-dessus des couches d'eau douce, à Hipparions, on trouve, dans le Vaucluse, des sables marins remplis d'huîtres (*Ostrea cochlear*) et de *Cerithium vulgatum*, espèces encore vivantes dans la Méditerranée; puis des marnes qui ont été déposées dans les eaux saumâtres, comme le prouvent les *Congéries*¹ qu'elles contiennent. Ces couches à huîtres et à congéries appartiennent à la partie inférieure de l'étage pliocène.

L'étage pliocène à Mastodontes et Eléphants est encore représenté, dans la Bresse, par les sables ferrugineux de Trévoux.

C'est au même niveau qu'appartiennent les argiles avec minerais de fer exploités dans la Haute-Saône et la Côte-d'Or. Elles recouvrent des calcaires d'eau douce d'âge différent; ce qui montre que pendant les époques tertiaires il y a eu dans la contrée plusieurs lacs successifs.

BASSIN DE PARIS

297. — A l'époque néogène, le sud du bassin de Paris était couvert d'un lac sur les bords duquel vivait l'*Anchitherium*, et où se déposait un calcaire d'eau douce rempli d'hélix. C'est le **calcaire de l'Orléanais** bien visible aux environs d'Orléans et de Pithiviers. Il est séparé du calcaire de Beauce, avec lequel il a été longtemps confondu, par des argiles et des marnes verdâtres.

298. — Il est surmonté de sables et de graviers de rivière qui contiennent des ossements de Mastodontes et de *Dinotherium*. Plus à l'ouest, dans la Touraine, dans l'Anjou et le Poitou, se déposaient des sables marins très-riches en coquilles. Ils sont exploités pour amender les terres sous le nom de Faluns. Les nombreuses *Cardita Jouanetti* que l'on y trouve prouvent qu'ils sont du même âge que les sables de l'Aquitaine.

299. — Les couches de l'âge néogène supérieur (plio-

1. Dans de petites baies, sur tout le littoral actuel de la Méditerranée, à Perpignan, Montpellier, Fréjus, Nice, etc., on trouve des dépôts marins plus récents, mais qui appartiennent cependant à l'époque pliocène, dont ils constituent l'assise supérieure.

cène) ne sont pas connues aux environs de Paris ; mais on en rencontre dans le voisinage des côtes actuelles, près de Valognes (Manche), d'Anvers (Belgique), sur la côte de Norfolk et du Suffolk. Ce sont des sables plus ou moins argileux, remplis de coquilles marines dont la plupart vivent encore de nos jours.

Les unes habitent les mers voisines, d'autres sont propres aux mers chaudes, d'autres enfin ne se trouvent que dans les mers arctiques, sur les côtes du Finmark, du Groënland, du Spitzberg. On remarque que plus le dépôt est récent, plus les coquilles des pays chauds diminuent, et plus celles des régions froides augmentent. On doit en conclure que le froid gagnait insensiblement nos régions et augmentait chaque année en intensité.

300. — En Italie, les sables pliocènes sont très-développés ; ils sont en stratification horizontale, tandis que les couches miocènes, oligocènes et éocènes sont d'autant plus inclinées et disloquées qu'elles sont plus anciennes. La formation des Apennins s'est donc terminée peu avant l'époque néogène supérieure.

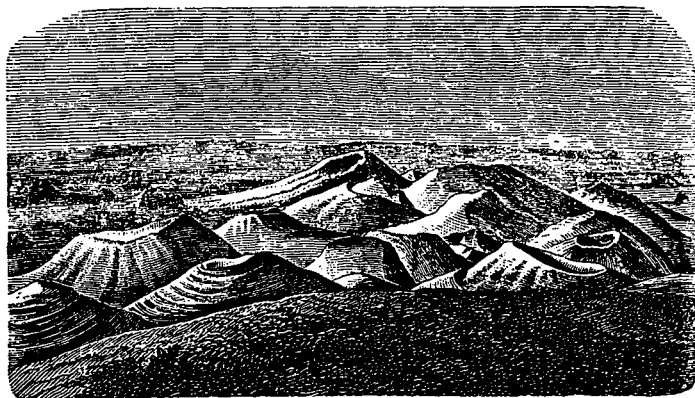


Fig. 152. — Vue de la chaîne des Puy (Auvergne).

301. — L'époque néogène fut témoin de nombreuses éruptions volcaniques, en Auvergne et sur les bords du Rhin.

Les volcans de l'Auvergne s'élevèrent sur un plateau de granite qui fut émergé dès l'époque azoïque. Les uns, et ce sont les plus considérables, le mont Dore (1.880 mètres au-dessus du niveau de la mer), le Cantal (1.830 mètres) et le Mézenc (1.745 mètres), dans la Haute-Loire, ont été, depuis leur formation, tellement démantelés par les agents atmosphériques, qu'on ne reconnaît plus les centres d'éruption. D'autres, au contraire, sont parfaitement conservés avec leurs coulées de lave, leur cratère circulaire plus ou moins ébréché et quelquefois remplacé par un lac. On les dirait éteints d'hier. Ils sont désignés sous le nom de Puy (Puy de Griou, Puy de la Poule, Puy de Volvic). La lave du Puy de Volvic est activement exploitée pour servir aux constructions. On l'exporte jusqu'à Paris, où on l'a employée pour les trottoirs du Palais-Royal. Sa composition le rapproche du trachyte.

CHAPITRE XI

TEMPS CONTEMPORAINS

ÈRE HUMAINE

302. — Cette grande division de l'histoire de la terre est caractérisée par l'existence de l'homme et des espèces animales et végétales qui peuplent encore notre globe.

Elle se divise en deux périodes dont la première fut marquée par une abondance extrême de pluie; aussi peut-on lui donner le nom de période diluvienne.

TERRAIN DILUVIEN

RÈGNE DU MAMMOUTH

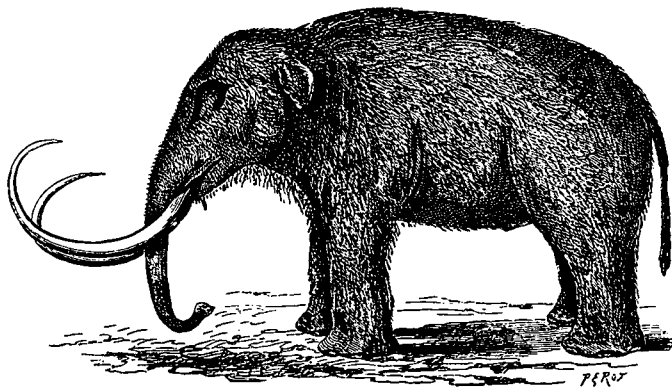


Fig. 153. — Mammouth.

303. — La période diluvienne est caractérisée, comme il vient d'être dit, par des phénomènes météorologiques remar-

quables qui déterminèrent le développement des cours d'eau et l'extension des glaciers.

304. Développement des cours d'eau. — Les fleuves et les rivières eurent alors une grande largeur et charrièrent des quantités d'eau considérables. Ainsi la Seine avait à Paris 6 kilomètres de large, et dans les temps de crue livrait passage à 60,000 mètres cubes d'eau par seconde, tandis que la largeur moyenne du fleuve n'est maintenant que de 160 mètres et que, lors de la plus grande crue connue, celle de 1866, il n'a débité que 1,250 mètres par seconde.

Ces masses liquides en mouvement ravinèrent profondément le sol et y creusèrent les vallées où coulent nos cours d'eau actuels. Elles roulaient des galets et du sable qui se déposèrent dans le lit du fleuve et l'ont successivement rétréci à mesure que diminuaient le volume des eaux et la violence du courant.

305. Diluvium et Limon. — On distingue deux dépôts principaux appartenant à cette époque. A la base sont des cailloux roulés plus ou moins usés et arrondis nommés *Diluvium*. Au-dessus vient le *Limon*¹ formé d'argile sableuse ou de sable fin. Dans le nord de la France la partie supérieure du limon est argileuse, brunâtre, très-fertile; on en fait des briques d'excellente qualité.

306. Développement des glaciers. — C'est encore à la pluie ou mieux à une série d'étés pluvieux, bien plus qu'à la rigueur de l'hiver que l'on doit attribuer l'extension des glaciers qui pendant l'époque diluvienne descendirent des montagnes vers les plaines.

Ainsi un grand glacier débouchait par la vallée du Rhône entre les Alpes principales et l'Oberland Bernois. Un peu avant d'arriver au lac de Genève, il s'élargissait et couvrait toute la plaine suisse. La partie centrale la plus élevée, allait buter contre le Jura à Chasseron, et y portait ses moraines centrales à une hauteur de 600 mètres au-dessus de la plaine. De chaque côté, vers Soleure au nord-est, et vers Genève au

1. Nommé aussi Loess ou Lëhm.

sud-ouest, le glacier s'abaissait et n'atteignait plus que 50 mètres.

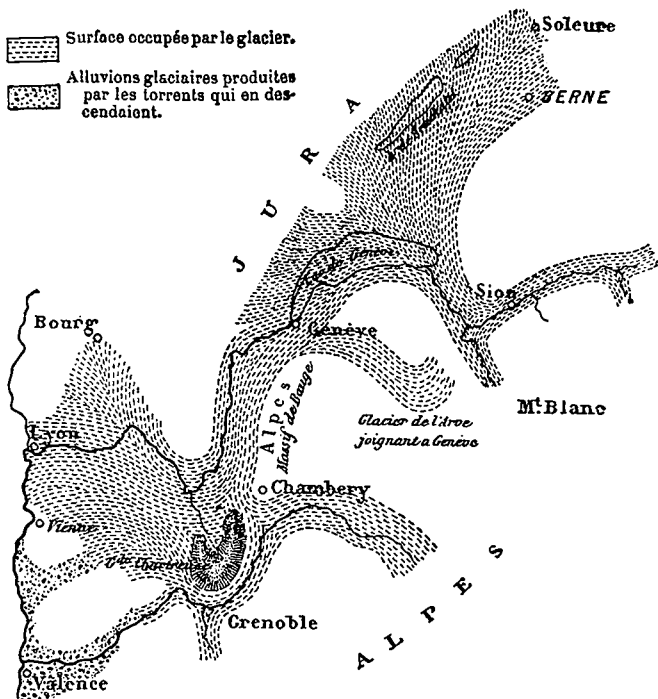


Fig. 154. — Carte représentant l'extension des glaciers du Rhône à l'époque diluvienne.

La branche genevoise continuait sa marche vers le sud-ouest par la vallée du Rhône et ne tardait pas à rencontrer d'autres glaciers descendant également des Alpes par les vallées de l'Isère et de l'Arve. Leur réunion se faisait autour du massif de la Grande Chartreuse, et cette énorme masse de glace se dirigeant en droite ligne vers Lyon, allait s'arrêter contre les montagnes du Lyonnais. Elle s'étendait alors au

nord sur la plaine bressane jusque près de Bourg et au sud jusqu'à Vienne.

L'existence de ces anciens glaciers est démontrée par les rochers qu'ils ont polis, par les blocs erratiques qu'ils ont transportés, par les moraines qu'ils ont laissées, par les nombreux galets striés entraînés par les courants qui s'en échappaient.

Les Vosges avaient également des glaciers qui ont laissé de nombreuses moraines à l'entrée de toutes les vallées du côté du Rhin.

La presque île scandinave était couverte par un vaste glacier qui descendait jusqu'à la mer. Les banquises qui s'en détachaient allaient atterrir sur les côtes de l'Angleterre et de l'Allemagne, et y portaient une foule de blocs erratiques d'origine scandinave qui couvrent aujourd'hui les plaines de la Baltique.

307. — L'extension des glaciers à l'époque diluvienne fut un phénomène universel qui se produisit en Amérique comme en Europe, dans l'hémisphère austral comme dans l'hémisphère boréal. On doit donc l'attribuer à une cause générale que la science n'a pas encore pu découvrir.

308. Volcans. — Les volcans d'Auvergne continuèrent leurs éruptions à l'époque diluvienne. Déjà l'Etna et le Vésuve avaient commencé les leurs et dans les environs de Rome des cendres volcaniques, sorties peut-être de la colline du Capitole, se mêlaient aux galets, au sable et aux nombreux débris d'éléphants que le Tibre charriait et laissait déposer sur les bords.

309. Faune diluvienne. — La Faune de la période diluvienne se compose presque uniquement d'animaux qui vivent encore de nos jours. Cependant quelques espèces de Mammifères sont totalement éteintes; telles sont le Mammouth, le Rhinocéros à narines cloisonnées, l'Ours des cavernes, le Mégacéros; d'autres comme le Renne, le Bison, l'Urus, le Lion, l'Hyène, l'Hippopotame ont quitté nos climats; on les dit émigrées.

310. Mammouth. — L'Eléphant mammouth, *Elephas primigenius* (fig. 153), quoique plus voisin de l'éléphant

d'Asie que celui d'Afrique, en différait cependant beaucoup. Sa peau était couverte de longs poils rouges brunâtres. Sa tête et son cou portaient une longue crinière qui tombait jusqu'aux genoux. Sa taille était plus grande, ses oreilles plus courtes, son crâne plus allongé; ses défenses plus longues contournées en spirale.

Plusieurs circonstances ont permis d'acquérir sur cet animal plus de notions qu'on n'en possède d'habitude sur les fossiles.

En 1799, un pêcheur Toungouse trouva au milieu des glaces à l'embouchure de la Léna, un de ces éléphants qui avait été gelé et qui s'était parfaitement conservé dans la glace. Il en prit les défenses, et les tribus sauvages voisines le dépecèrent pour nourrir leurs chiens de sa chair. Lorsque Adam, naturaliste russe, arriva pour constater la découverte, il ne restait plus que des os auxquels adhéraient encore quelques lambeaux de peau.

En 1864, un autre Mammouth découvert dans les mêmes conditions, dans le golfe d'Obi, permit de compléter les renseignements que l'on devait à Adam. A la même époque, on trouvait en France un dessin de cet animal dû aux hommes qui furent ses contemporains, exquise grossière mais parfaitement reconnaissable, faite sur une lame d'ivoire provenant du Mammouth lui-même.

311. — Le Rhinocéros à narines cloisonnées (*Rhinoceros tichorhinus*) se rapprochait du Rhinocéros bicolore d'Afrique; mais sa peau était velue comme celle du Mammouth.

L'Ours des cavernes (*Ursus spelæus*) (fig. 158) était de plus grande taille que l'ours brun, sa tête plus forte, son front bombé.

Le Mégacéros (*Megaceros hybernicus*), était un animal qui ressemblait au daim par la vaste empaumure de ses bois.

312. Espèces émigrées. — Le Lion, l'Hyène et l'Hippopotame de l'époque diluvienne étaient de plus grande taille que leurs homologues actuels, aussi en a-t-on souvent fait des espèces spéciales. Ils se sont maintenant retirés dans les pays chauds.

Au contraire, le Renne, l'Élan, le Bœuf musqué, le Glouton, le Lemming, la Chouette Harfang, qui vivaient en

France à la même époque, sont aujourd'hui relégués dans les régions froides des deux continents. Lorsqu'ils quittèrent notre pays, le Mammouth, le Rhinocéros et l'Ours des cavernes n'existaient déjà plus. On peut donc distinguer, dans la période diluvienne deux âges, qui se terminent, le premier, avec l'extinction du Mammouth ; le second avec l'émigration du Renne.

313. Le Bœuf Urus (*Bos primigenius*) et le Bison ont vécu plus longtemps chez nous. On les chassait encore au XII^e siècle dans quelques forêts de l'Allemagne. Le premier était un bœuf de grande taille, armé d'une puissante paire de cornes. Il paraît être la souche de plusieurs races de nos bœufs domestiques, et quelques-uns de ses descendants à demi sauvages, errent dans les vastes domaines du duc de Devonshire.

Le Bison européen ou Aurochs devrait être rangé parmi les espèces disparues, si l'empereur de Russie, dont les États servent de retraite aux derniers représentants de l'espèce, ne l'avait pris sous sa haute protection et n'avait défendu de le chasser.

314. L'Homme à l'époque diluvienne. — L'homme habitait notre contrée pendant l'époque diluvienne. C'est un fait que la géologie est parvenue à démontrer il y a quelques années, et que l'on doit en grande partie à des savants français. Boucher de Perthes l'a prouvé en établissant que l'on trouve dans le diluvium à cailloux roulés avec les ossements d'Éléphant et de Rhinocéros des silex évidemment travaillés par l'homme ¹ (fig. 155). Mais la démonstration la plus complète fut tirée de l'observation des cavernes.

Les études de Lartet sur les cavernes des Pyrénées et du Périgord ne permettent plus aucun doute sur ce point important de l'histoire de l'humanité.

1. Ils ont la forme d'un fer de lance, pointus à une extrémité, arrondis à l'autre et terminés sur tous leurs contours par un tranchant. On les désigne sous le nom de haches. On suppose qu'on les fixait par la pointe dans un étui en bois de renne qui était lui-même fiché dans un manche en bois ; ou bien la hache était fixée directement au manche par une peau que l'on aurait appliquée lorsqu'elle était encore molle et qui en se desséchant retenait solidement la pierre contre le bois.

Il existait près du village d'Aurignac (Haute-Garonne), un trou creusé dans les rochers et où se réfugiaient les lapins poursuivis par les chiens. Un ouvrier y

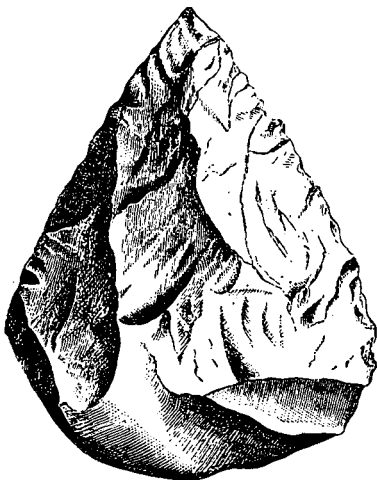


Fig. 155. — Silex taillé.

ayant passé la main en ramena un os qu'il reconnut pour avoir appartenu à une jambe humaine. Cette découverte ne fit qu'augmenter sa curiosité; il fouilla à la pioche autour du trou; découvrit une dalle qui fermait l'entrée de la grotte, et dans l'intérieur de celle-ci des squelettes humains.

L'émotion gagna dans le village; on crut à quelque grand crime et le maire, pour arrêter toutes ces suppositions fit rassembler ces os et ordonna de les enterrer

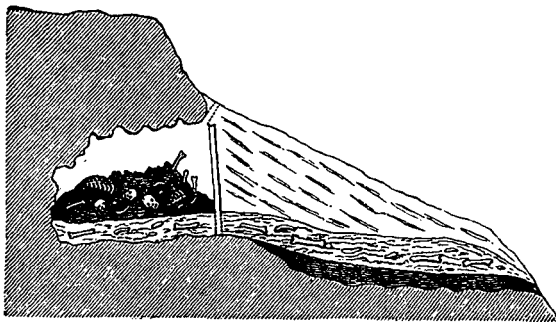


Fig. 156. — Coupe de la caverno d'Aurignac.

dans un coin du cimetière où il fut depuis impossible de les retrouver. Autour des squelettes, on ramassa quelques disques

percés au milieu de manière à pouvoir être enfilés pour un collier. Ce sont ces petits disques façonnés avec des coquilles qui attirèrent l'attention de Lartet.

En 1860, le savant entreprit de déblayer la grotte ; il y



Fig. 157. — Hameçon en bois de renne.

trouva une couche de débris d'animaux et d'instruments en pierre et en os qui s'étendait au dehors de la caverne et recouvrait les traces d'un ancien foyer rempli de charbon, d'os brûlés, cassés et rongés. Cette grotte avait servi d'habitation, puis de sépulture (fig. 156).

Dans la caverne d'Aurignac et dans d'autres qu'il explora.



Fig. 158. — Ours des cavernes (dessin sur schiste trouvé dans une caverne).

ensuite, et qui avaient spécialement servi d'habitation, Lartet trouva des aiguilles, des hameçons et d'autres instruments en bois de Renne (fig. 157), des silex taillés, des os brûlés, rongés, ou cassés intentionnellement ; et ce qu'il y a de plus probant pour établir la coexistence de l'homme et des espèces disparues, des dessins de ces animaux gravés sur des lames d'ivoire, sur des instruments en os, ou sur des dalles de schistes (fig. 158, 159). On y reconnaît leurs caractères anatomo-

miques indiqués d'une manière si précise qu'ils n'ont pu être tracés que par des hommes habitués à les voir et à les chasser.

Pendant toute la durée de l'époque diluvienne, l'humanité

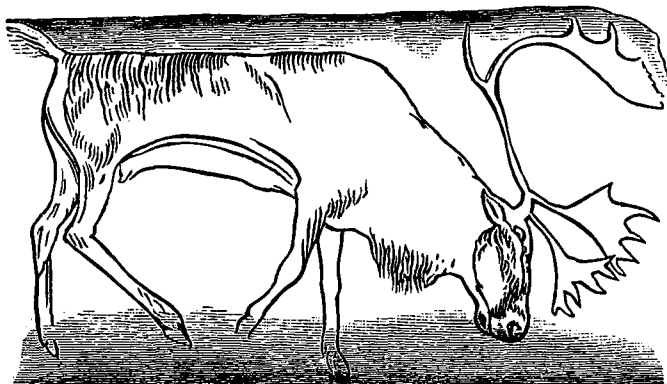


Fig. 159. — Renne (gravure sur bois de renne trouvée dans une caverne).

progressa. Quand on passe de l'âge du Mammouth à celui du Renne, on voit les silex présenter une taille plus soignée, les instruments en os se substituer de plus en plus à ceux en pierre, les pointes de flèches s'enrichir de barbelures et celles-ci se couvrir de sillons destinés à mettre du poison. En même temps les dessins se perfectionnent et dénotent de véritables dispositions artistiques.

315. Faune diluvienne américaine. — Dans les contrées étrangères, la faune diluvienne présente comme en Europe outre les espèces actuelles du pays, quelques animaux de grande taille spéciaux à l'époque et d'autres qui n'habitent plus aujourd'hui la contrée.

Ainsi en Amérique, à côté des Tapirs, des Pécaris, des Lamas, des Tatous qui y vivent encore, on rencontre des Éléphants et des Chevaux qui depuis la période actuelle sont propres à l'ancien continent ; puis, parmi les espèces complètement éteintes : le *Glyptodon* ou grand Tatou de la taille du Bœuf, et la remarquable famille dont le *Megatherium* (fig. 160) est le type. Ces animaux avaient la face courte et les dents des Paresseux ; mais, comme les Tatous, leurs membres étaient

propres à la marche, et leur corps se terminait par une queue. Leurs pieds étaient munis d'ongles tranchants et recourbés, à l'aide desquels ils fouillaient la terre autour des arbres et coupaient les racines. Puis se dressant sur leurs pieds de derrière et sur leur queue, ils saisissaient l'arbre avec les membres antérieurs, l'ébranlaient et le précipitaient à terre. Leur force était extrême et leur taille égalait, selon les espèces, celle du Bœuf, du Rhinocéros et même de l'Éléphant.

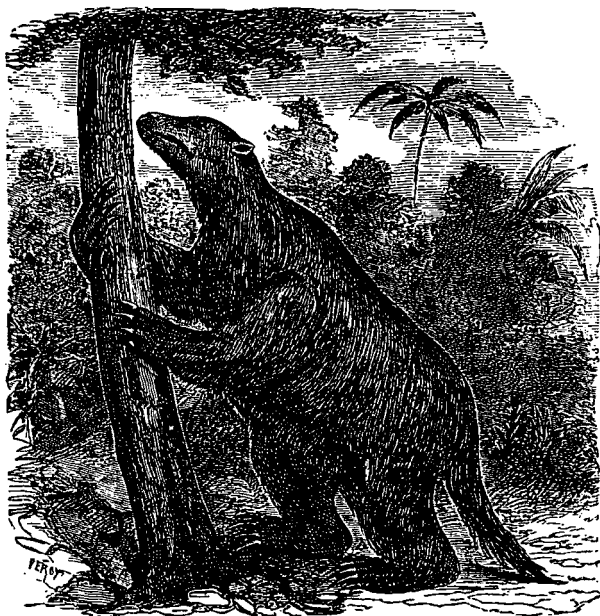


Fig. 160. — Megatherium (taille de l'éléphant).

316. Faune diluvienne australienne. En Australie la faune diluvienne était comme la faune actuelle composée de Mammifères marsupiaux ; mais elle offrait quelques types qui n'existent plus : un grand carnassier de la taille du Lion et de gros animaux herbivores de la force de l'Hippopotame.

TERRAIN RÉCENT.

RÈGNE DE L'HOMME.

317. — Les limites entre les périodes diluvienne et actuelle sont difficiles à tracer. Par suite de modifications climatériques, les pluies devinrent moins abondantes, les étés devinrent plus chauds, les glaciers reculèrent vers les pôles ou vers le sommet des montagnes; le Renne, le Bœuf musqué, le Glouton, le Lemming, la Marmotte les y suivirent; les rivières rétrécirent leurs lits et des tourbières se développèrent dans les parties marécageuses où le cours de l'eau s'était ralenti. Les premiers temps de la période récente paraissent caractérisés essentiellement par cette extension des tourbières.

Si notre époque se sépare par certains points de celle qui l'a immédiatement précédée, elle ne se distingue par aucun caractère essentiel des autres époques géologiques. Des sables, des argiles, des calcaires continuent à se déposer au fond des mers et des lacs; des sources minérales ajoutent leur contingent aux matières solides que les eaux courantes et les vagues arrachent au continent; des volcans élèvent leurs cratères et produisent des îles nouvelles; des contrées s'abaissent, d'autres s'exhaussent en entraînant dans leur mouvement insensible les monuments élevés par l'homme.

318. Expansion et destruction des espèces par l'homme. — Pendant cette période, l'homme muni d'instruments de plus en plus perfectionnés, poursuit avec avantage sa lutte contre la nature. Ce n'est plus l'insouciant chasseur qui tue son gibier au jour le jour et qui défend sa vie contre les animaux féroces. C'est l'agriculteur prévoyant qui fait choix d'un certain nombre d'animaux, et de végétaux utiles, les multiplie, les élève, cherche à les préserver contre tous les dangers, mais aussi les enlève à leur patrie, change leurs habitudes et même leur organisme. L'âne né sous le climat chaud et sous le beau soleil de la Perse et de l'Arabie; il ira habiter la brumeuse Angleterre. La vache

est faite pour se nourrir de végétaux; au Groënland, faute d'herbe, on lui donnera à manger du poisson.

A mesure que la civilisation se développe, les animaux domestiques et les végétaux cultivés se répandent dans tous les pays et avec eux se propagent les parasites dont l'agriculteur ne peut se débarrasser.

Les Adonis ou Goutte de sang nous sont venus de l'Orient avec le blé; avec les céréales l'Européen a transporté en Amérique le Chardon et le Plantain; le Rat a été plus fidèle encore à l'y suivre.

Les animaux féroces, ces rivaux de l'homme, qui se nourrissent comme lui de la chair des herbivores, sont l'objet d'une guerre d'extermination. Le Lion qui habitait la forêt de Némée et qui au v^e siècle avant l'ère chrétienne dévorait les chameaux de l'armée de Xerxès, a depuis longtemps disparu de la Grèce. L'Ours a abandonné les Vosges depuis le viii^e siècle, et en 1710 a été tué le dernier Loup des Iles Britanniques.

Les animaux sauvages dont l'humanité peut tirer profit et qui cependant n'ont pas passé sous sa dépendance immédiate, diminuent aussi à mesure que se perfectionnent les instruments de chasse et de pêche. L'Eléphant a quitté l'Afrique septentrionale où il était abondant du temps des Carthaginois. Le Bison d'Europe et le Bœuf urus que l'on chassait encore en Allemagne au xiii^e siècle n'existent plus que dans des domaines privés. Les immenses troupeaux de Bisons et d'Elans, qui parcourent les vastes prairies de l'Amérique et que les flèches des Peaux-Rouges ne parvenaient point à diminuer, ne sont pas assez féconds pour réparer les vides que leur fait éprouver la balle du chasseur moderne. La Baleine, sans cesse poursuivie dans nos mers, ne trouve plus de refuge que dans l'Océan glacial et l'on peut prévoir sa prochaine extinction.

Il est une catégorie d'animaux qui a eu particulièrement à souffrir des progrès de l'humanité. Ce sont les oiseaux que l'imperfection de leurs ailes rend incapables de voler. Le Grand Pingouin des terres arctiques a été détruit, il y a quelques dizaines d'années.

En 1598, un équipage hollandais jeté sur la côte de l'île Maurice par une tempête découvrit dans l'intérieur de l'île un gros oiseau, lourd, à bec long et recourbé comme celui d'un vautour et dont les ailes étaient remplacées par deux touffes de plumes jaunâtres. Sa chair exhalait une odeur si désagréable que les naufragés ne pouvaient en manger que deux fois par jour; ils le nommèrent oiseau de dégout. Les Portugais l'appellèrent Dodo à cause de sa stupidité, et les naturalistes le nommèrent Dronte. Les matelots qui abordèrent ensuite à Maurice se firent un plaisir de tuer les Dodos à coups de rames ou de les faire poursuivre par leurs chiens. Un siècle après sa découverte par les Européens, il n'existait plus.

D'autres oiseaux opposèrent plus de résistance. Les traditions de la Nouvelle-Zélande conservent encore le souvenir des combats entre les Maoris et les Moas. Lorsque les premiers, chassés des îles Samoa par la famine et la guerre, se réfugièrent, il y a cinq siècles, à la Nouvelle-Zélande, ils la trouvèrent inhabitée par les hommes, mais peuplée de grands oiseaux voisins de l'Australie, dont une espèce, le *Dinornis robustus* avait 3 mètres de hauteur. Ils les nommèrent Moas, et comme il n'y avait pas d'autre gibier, ils durent leur faire la chasse. Les Moas qui étaient doués d'une grande force résistaient courageusement à leurs adversaires et les mirent souvent hors de combat. Mais ceux-ci étaient des hommes, c'est-à-dire des êtres essentiellement intelligents. Tandis que le Moa, conservant toujours la même manière de combattre, se bornait à repousser la force par la force, le Maori armé de ses haches de pierre et de ses piques terminées par une arête de poisson, perfectionnait ses attaques et unissait la ruse à la violence. Il y a des poèmes en langue Maori où le père apprend à son fils l'art de combattre les Moas et de s'emparer de leurs dépouilles.

Grâce à cette chasse, le peuple Maori prospéra et les Moas disparurent. Le dernier était mort une dizaine d'années avant que la découverte de gisements aurifères n'eût amené sur la terre de la Nouvelle-Zélande une population européenne qui à son tour vengea les Moas en exterminant la race des Maoris.

Ainsi de nos jours nous pouvons assister à l'extinction de

certaines espèces dont les débris enfouis dans les couches actuellement en voie de formation serviraient à caractériser leur âge, si les produits de l'industrie humaine, n'offraient des documents plus précis et plus nombreux.

319. Age de la pierre polie. — Les premiers habitants de nos pays pendant la période actuelle, ignoraient comme ceux de la période diluvienne l'usage des métaux; mais ils polissaient la pierre (*fig. 161*). On retrouve encore

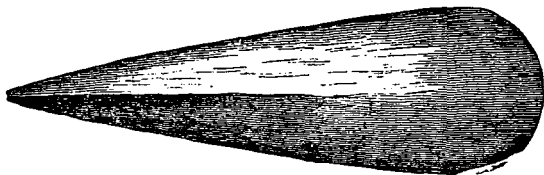


Fig. 161. — Hache en pierre polie.

d'anciens ateliers où ils extrayaient le silex, le débitaient et le façonnaient grossièrement avant de le polir. Ils avaient reconnu quelles étaient les pierres les plus propres à ce travail; ainsi ils estimaient beaucoup les silex de la craie de Touraine; ceux-là même qui ont été employés depuis comme pierres à fusils. Ils façonnaient des poteries grossières, se livraient à l'agriculture et se construisaient des habitations.

320. Cités lacustres. — En 1855, la sécheresse de l'hiver ayant diminué les torrents des Alpes, les lacs de la Suisse baissèrent beaucoup. On observa alors sur les bords et sous l'eau des traces de pilotis dont l'origine était tout à fait inconnue. En draguant autour on arriva à reconnaître, que c'était les restes d'un village aquatique construit sur pilotis et tel que Dumont d'Urville en trouva chez les Papous de la Nouvelle-Guinée (*fig. 162*). Les cabanes de ces cités lacustres étaient formées de branches d'arbres tressées et tapissées d'argile comme César le raconte des maisons gauloises.

La plate-forme en bois sur laquelle elles étaient construites communiquait avec le rivage par des ponts que l'on enlevait à l'arrivée de l'ennemi. Des recherches ultérieures

montrèrent des restes de cités lacustres sur les bords de presque tous les lacs de la Suisse et de la Savoie.

Quelques-unes ne contenaient que des instruments en

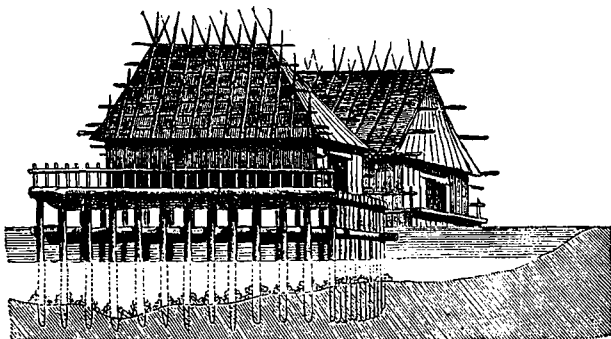


Fig. 162. — Habitation lacustre.

pierre polie; d'autres renfermaient en outre des métaux, preuve que ces cités étaient encore habitées lorsque l'usage des métaux s'introduisit dans la Gaule. Dans toutes, même les plus anciennes, on découvrit des étoffes de lin tressées, du blé et des fruits qui montrent que ces peuplades avaient quelques notions d'agriculture.

321. Dolmens et Tumulus. — Les cités lacustres



Fig. 163. — Dolmen.

ne sont pas les seuls monuments de l'âge de la pierre polie que l'on trouve sur le territoire français; il y a encore les Dolmens et les Tumulus. Les premiers (*fig. 163 et 164*) sont

des chambres sépulcrales formées de plusieurs dalles fichées en terre et soutenant une grande table en pierre. Les seconds

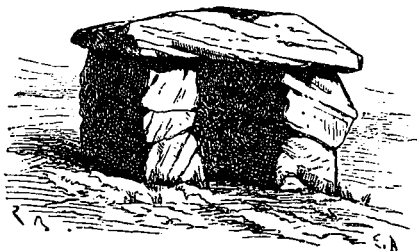


Fig. 164. — Dolmen.

sont des mottes de terre élevées par la main des hommes et qui souvent recouvrent un dolmen (fig. 165). Il en est des Dolmens comme des cités lacustres, les uns ne renferment que des instruments en pierre, tandis que d'autres contiennent aussi des objets en métal (or et bronze).

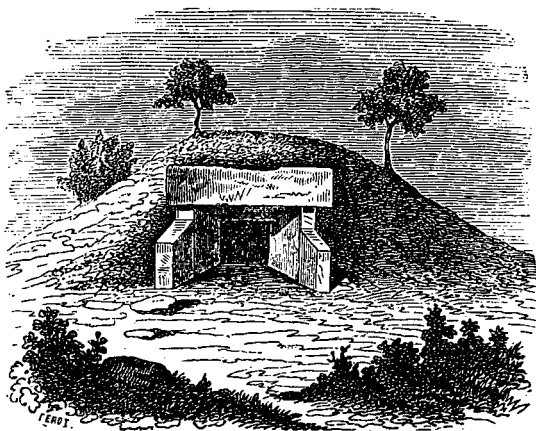


Fig. 165. — Dolmen recouvert d'un tumulus.

Il semble que ces sépultures dans les dolmens et dans les tumuli soit un souvenir de l'ensevelissement dans les grottes.

Car à l'époque récente les grottes servirent encore à l'habitation et à la sépulture. Dans beaucoup d'entre elles, on trouve, au-dessus des couches diluviennes à silex taillés, des dépôts datant de l'âge de la pierre polie ou des métaux et renfermant les mêmes ornements que les dolmens.

322. Âges du bronze et du fer. — On n'a pas encore pu décider d'une manière certaine, quels furent les initiateurs de l'art métallique en Gaule. Les uns attribuent l'introduction du bronze aux Phéniciens qui naviguaient le long des côtes ; d'autres supposent que la connaissance des métaux est due aux Étrusques ou à d'autres peuples Pélasgiques, car beaucoup d'objets trouvés dans les Dolmens et dans les stations lacustres portent l'empreinte de la civilisation hellénique.

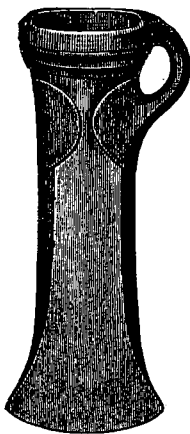


Fig. 166.
Hache en bronze.

Quoi qu'il en soit, le premier métal connu fut le bronze. On en fabriqua des haches dont les premières eurent la forme des haches en pierre, puis on y fit des douilles longitudinales (fig. 166) ; ce n'est que plus tard, que l'instrument fut emmanché transversalement comme le sont les haches actuelles. On trouve assez souvent d'anciens ateliers où l'on fondait et façonnait le bronze.

L'introduction du fer succéda de près à celle du bronze ; mais ce dernier métal continua à être exclusivement employé pour une foule d'usages et spécialement pour les ornements. C'est seulement un siècle avant la conquête romaine que le fer devint le métal commun.

323. Dépôts marins du littoral de la Flandre. — De la conquête romaine date pour la France l'âge historique, mais il s'en faut de beaucoup que l'on ait tenu note de tous les faits géologiques qui, depuis cette époque, ont modifié le sol de notre patrie.

Lorsque César parvint dans le nord de la Gaule, chez les Ménapiens, il trouva leur pays couvert de marécages tour-

beux, au milieu desquels il eut beaucoup de peine à se frayer une route. Vers le quatrième siècle de l'ère chrétienne, la mer envahit tout le littoral, sur plusieurs lieues de largeur, et y séjourna quelques centaines d'années. Bien que cette catastrophe ne soit pas mentionnée par l'histoire, elle est prouvée par la structure géologique du pays. On y trouve de nombreuses poteries romaines éparées sur une nappe générale de tourbe et recouverte d'une couche de 2^m,40 de sable ou d'argile remplie de coquilles marines.

Cette invasion de la mer est due à un affaissement qui s'étendit sur tout le nord de la France. En effet, on a retrouvé des coquilles marines mélangées à des poteries romaines, dans la vallée de la Somme, Amiens, à 20 mètres au-dessus du niveau actuel de la mer.

324. — On voit comment les découvertes récentes relient les âges historiques aux temps géologiques et font de l'histoire de la terre une introduction à l'histoire de l'humanité.

TABLE DES MATIÈRES

A	
Aérolithe.....	105 ^a
Aimant.....	125, 132
Albite.....	108 ^a
Alluvions fluviales.....	20
Alpes.....	289
Amas.....	80
Ambre.....	255
Ammonites.....	192, 231
<i>Ammonites cordatus</i> ...	222
— <i>gigas</i>	222
— <i>Humphresianus</i>	221
— <i>rotomagensis</i>	237
— <i>splendens</i>	236
Ammonitides.....	192, 231
Amphibole.....	141 ^a
Amphibolite.....	140
Amphigène.....	76 ^a
<i>Amphicyon</i> ...	253, 275, 290
<i>Anchitherium</i> ...	250, 290
Ancyclocère.....	231
<i>Ancycloceras Mathero-</i> <i>niana</i>	236
<i>Anoplotherium</i> ...	251, 270
Anorthite.....	108 ^a
Anthracite.....	138
<i>Anthracotherium</i>	251, 275, 280, 286
Apennins.....	300
Aptien.....	236
Aquitaine (bassin de l').....	272
.....	284, 293
Arcachon (bassin d').....	25
<i>Arctocyon</i>	253
<i>Archeopteryx</i>	201
Ardenne.....	156
Ardoise.....	132
Arène.....	141
Argile.....	28, 185
Argile plastique.....	263
— à silex.....	262
Armissan (Dalles d').....	288
Assises.....	104
<i>Atrypa</i>	168
<i>Atrypa reticularis</i>	168
Attols.....	43
Augite.....	76
Aurochs.....	313
Auvergne (volcans d').....	301
Auvergne (calcaire).....	282
Avalanches.....	13
<i>Avicula contorta</i>	220
Azoïque (zone).....	112
B	
Baculite.....	231
Bajocien.....	221
Basalte.....	248
Bassins houilliers.....	182
Bathonien.....	221
Bélemnite.....	193
<i>Belemnites giganteus</i>	221
— <i>irregularis</i>	220
— <i>mucronatus</i>	237
— <i>tripartitus</i>	220
Bison européen.....	313
Bœuf urus.....	313
Bombes volcaniques.....	53
Bora-bora (île de).....	42
<i>Bos primigenius</i>	313
Brachiopodes.....	146
Bretagne.....	163
Bronze (âge du).....	332
C	
<i>Cainotherium</i> ...	251, 275
Calabre (Tremblements de terre de).....	91

<i>Calamites</i>	153, 181	Coprolithes	229
<i>Calamophyllites</i>	153	Coraux	42
Calcaire	34	Cordons littoraux	26
— à astéries	286	Cornus	2
— à industries	283	Coriphodon	250, 263
— carbonifère	181	Cosmiques (temps)	102
— coquillier	41	Crag	242
— de l'Agénois	287	Craie	225, 237
— de l'Armagnac	293	Craie blanche	237
— de Beauce	280	— glauconieuse	337
— de Blaye	272	— marneuse	237
— de Brie	278	— supérieure	237
— de l'Orléanais	297	Cratère	61
— de Portland	222	<i>Credneria</i>	234
— du Périgord	285	Crétacé (Terrain)	225
— grossier	241, 266	Crinoïdes	145
— oolithique	216	Criocère	231
— saccharoïde	119	<i>Crioceras Duvalii</i>	236
<i>Calceola sandalina</i>	171	Crocodiles	196
Calymène	151	Cycadées	154, 203
Camargue	21	<i>Cyrena semistriata</i>	278
Caprine	232	Cyrtocère	147
<i>Caprina adversa</i>	238	Cystidées	159
Caprotine	232, 236		
<i>Caprotina Lonsdalii</i>	236		
Carbonifère (Terrain)	174		
<i>Cardita Jouanetti</i>	293		
Cavernes	314		
Cendres volcaniques	53	D	
Cendres pyriteuses	246	Déjections volcaniques	59
Cératites	210, 292	Deltas	21
Cérithes	254	Devonien (Terrain)	166
<i>Cerithium giganteum</i>	266	Dicérate	222
— <i>plicatum</i>	279, 287	Dièves	2
— <i>Lamarckii</i>	266	Diluvien (Terrain)	302
Cestraciontes	148	Diluvium	395
<i>Cidaris florigemina</i>	222	<i>Dinornis</i>	318
Chaleur centrale	101	<i>binotherium</i>	252, 295
Chili	93	Dinosauriens	198
Chevrotains	251	Diorite	140
<i>Chondrites</i>	274	<i>Dipterus</i>	148, 170
Cochons	251	Dolérite	77
Coral-rag	222	Dolmens	321
Concrétions	50, 82	Dolomie	186
Conifères	154, 203	Dolomie saccharoïde	85
Cônes volcaniques	61, 62, 63	Dronte	318
	64, 65	<i>Dryopithecus Fontani</i>	253
		Dunes	24
		Dikes	65, 80

E		Fosse pour l'extraction de la houille..... 2	
Eaux calcaires.....	36	Fossilisation. 47, 48, 49, 50, 51	
— ferrugineuses...	39	Fossiles..... 46, 52	
— incrustantes....	34	Fullers-earth..... 221	
— minérales. 33, 72,	86	Fougères..... 153	
<i>Echinospatagus</i>	233	Frigane..... 283	
<i>Echinospatagus cordi-</i> <i>formis</i>	236	Fumerolles... 66, 67, 68, 69	
Eléphant.....	252	G	
<i>Elephas primigenius</i> ..	310	Gaize..... 236	
Emeraude.....	122	Galets..... 32	
Enalliosauriens.....	199	Galène..... 190	
<i>Encrinites liliiformis</i> ..	213	Ganoïdes..... 148	
Eocène.....	259	<i>Gastornis</i> 254, 263	
<i>Eozoon</i>	126	Gault..... 236	
Epoques géologiques...	104	Gelée (Effet de la)..... 10	
<i>Equisetites</i> 203,	212	Géode..... 82	
Etages.....	104	Geysers..... 40	
Etangs littoraux.....	25	Glaces flottantes..... 17	
Etna..... 65, 84		Glaciers..... 15, 16, 17	
Etretat.....	12	— du Rhône à l'épo-	
Eurite.....	141	que diluvienne..... 306	
Euryptérides.....	143	Glauconie..... 226	
F		<i>Glyptodon</i> 315	
Faïlle..... 91, 100 bis		Gneiss..... 114	
Falaises.....	12	Goniatides... 147, 169, 192	
Faluns.....	242	Granite..... 107, 111	
Faluns du Basadais...	287	Graphite..... 120	
— de Léognan... 293		Graptolites..... 161	
— de Salles..... 293		Grauwacke..... 136, 166	
— de Touraine... 298		Grès..... 31	
Feldspath.....	108	Grès bigarré..... 212	
Fendillement des ro-		— des Vosges.... 212 ^a	
chers.....	83	Grotte du chien..... 71	
Fentes dans le sol....	91	— des Fromages... 83	
Fer.....	39	Gryphées..... 228	
Fer (âge du).....	322	Gymnospermes..... 154	
Fer magnétique.....	125	Gypse.... 37, 208, 243, 270	
Filons..... 65, 80		Gyrocère..... 147	
Flandre (dépôts marins		H	
du littoral de la)....	323	Haches de pierre.. 314, 319	
Flysch.....	274	<i>Halitherium</i> 290	
Formations aqueuses..	3, 46	<i>Halysites catenularia</i> .. 160	
— ignées..... 53, 79		Hamam - Meskhoutin.	
		(Bains d')..... 35	

<i>Helix Ramondi</i> . . .	280, 287	Lias	250
<i>Helladotherium</i>	296	Lignites	188, 246
Hespérornis	201	— du Soissonnais	163
Hipparions	250, 290, 295	Limon	305
Hippurites	232	Limonite	187
<i>Hippurites radiosus</i>	238	Lisbonne (Tremblement de terre de)	90
<i>Holaster</i>	233	Lituïte	147
<i>Holoptychius</i>	170	Lophiodons	250, 266
Homme à l'époque dilu- vienne	314	Lune	105 ^a
— Son rôle dans la nature	318	<i>Lymnea longiscata</i>	269
Houille	138, 180		
<i>Hoyas</i>	24	M	
Hyalophyre	141	Maclé	117
Hyène	309	<i>Macrotherium</i>	253
<i>Hyenodon</i>	253, 275	<i>Machairodus</i>	253, 290
I		Magnétite	125, 248 ^a
Ichthyosarcolithe	238	Mammouth	303-310
Ichthyosaure	199	Marbres	137
Idocrase	85	Marcassite	133-228, 246
Iguanodon	198	Marins (sédiments)	22
Indusies	283	Marne	29
Infra-lias	220	Marnes à Cyrènes	278
<i>Inoceramus labiatus</i>	237	— de St-Ouen	269
— <i>sulcatus</i>	236	— irisées	214
J		— vertes	278
Julia (île)	57	Mastodontes	252
Jurassique (terrain)	215	<i>Megaceros hybernicus</i>	311
K		Mégalosaure	198
Kaolinisation	111	<i>Megatherium</i>	315
Keuper	214	Mélaphyre	141
Kimmeridjic-clay	222	Ménilite	244
L		Mer (effets de la)	12
Lacustre (cités)	320	Mérostomates	144
Labrador	77 ^a , 108 ^a	Métamorphisme	81, 84-87
Labyrinthodontes	148, 200, 212	Meulière	244-280
Lapillis	53, 64	Mica	110
Laves	53, 58, 64, 74, 84	Micaschistes	115
<i>Lepidodendron</i>	153	<i>Micraster</i>	233
Leucite	76	<i>Micraster cor testudina-</i> <i>rium</i>	237
Leucitophyre	76	<i>Microlestes antiquus</i>	220
Lézards	148, 195	Miocène	290-292
		Moas	318
		Molasse	242, 293
		Molasse de l'Agénois	286
		— du Fronsadais	285

Molasse de Provence...	294	Oolithe (grande).....	221
Montagnes (Formation des).....	97	— inférieure.....	221
Montmartre.....	2	Orages (Effet des)....	11
Montmorency.....	2	Origine de la terre....	105
Monte-Nuovo.....	54	Orthocère.....	147
Moraines.....	16	Orthophyre.....	141
Mosasaure.....	195, 237	Orthose.....	75 ^a , 108 ^a
Moule.....	51	Oscillations du sol....	95
Mouvement lents du sol.	95	<i>Ostrea acuminata</i>	221
Muschelkalk.....	213	— <i>aquila</i>	236
Myrmécobie.....	215-218	— <i>arcuata</i>	220
N			
Nagelfluë.....	289	— <i>bellovacina</i>	263
Nappe aquifère.....	5	— <i>crassissima</i>	293, 294
<i>Natica crassalina</i> , 279, 286		— <i>cymbium</i>	220
Nautile flambé.....	147	— <i>dilatata</i>	222
Nautilides.....	147	— <i>virgula</i>	222
Nébuleuse.....	105 ^a	Oursins.....	176
Nectique (silex).....	244	Oxford-clay.....	222
Neiges éternelles.....	14	P	
Néocomien.....	236	<i>Paleoniscus</i>	177
Néogène (terrain).....	290	<i>Paleotherium</i> , 250, 259, 270	
Néphéline.....	85		272, 275
Nérinée.....	222	Papillon fossile.....	256
<i>Neritina Schmidellia-</i>		Paris (bassin de)..	258, 260
<i>na</i>	264		277, 297
Nodules.....	82	<i>Paradoxides</i>	158
<i>Næggerathia</i>	154	<i>Pecten Burdigalensis</i> ..	293
Nouvelle-Calédonie....	142	Pegmalite.....	122
— Zélande.....	92	Pénéen (terrain).....	181
Nummulites.....	255	Périclase.....	85
<i>Nummulites lævigata</i> ..	266	Péridot.....	248 ^a
— <i>planulata</i>	264	Permien (terrain)....	181
— <i>variolaria</i>	268	Pétrification.....	34
— <i>Biarritzensis</i> ..	272	<i>Phascolotherium</i> .215-218-221	
O			
Obsidienne.....	78	Phénicoptères.....	254
Ocres.....	28	<i>Pholadomya</i>	217
Oléron (Déroit d')....	12	Phonolithe.....	75
Oligocène (terrain)....	275	Phosphate de chaux. 229,	245
Oligoclase.....	75 ^b , 108 ^a	Pierre polie (âge de la).	319
Olivine.....	248 ^b	— taillée (âge de la).	314
Oolithique (terrain)....	216	Pisolithes.....	34
Oolithes.....	216	Plateau central.....	128
		Plésiosaure.....	199
		<i>Pleurodictyum proble-</i>	
		<i>maticum</i>	171
		<i>Plicatula placunca</i>	236










Pliocène	290-292	Rizocaulon.....	237
Plissements des couches.	100	Roches striées.....	16
Pluie (effets de la)....	11	Rudistes.....	232
Ponce.....	78		
Pont-Volant.....	58	S	
Portland (calcaire de)..	222	Sable.....	23-30
Porphyres.....	141	Sables de Beauchamp..	268
Porphyrite.....	141	— de Bracheux....	262
Poudingue.....	32	— de Cuise.....	264
Pouzolane.....	78	— de Fontainebleau	279
Proboscidiens.....	252, 290	<i>Sagenaria</i>	153-182
<i>Productus</i>	175	Saint-Denis.....	2
<i>Productus horridus</i>	181	Sanidine.....	75
— <i>semireticulatus</i> ..	181	Sannois.....	2
Primaires (terrains)...	130	Salzes.....	75
Prisme de basalte.....	58	Scandinavie.....	164
Provence (bassin de)		Scaphite.....	231
la).....	288, 294	<i>Scaphites æqualis</i>	237
Psammites.....	135	Schiste.....	132
<i>Psilophyton</i>	172	Schistes micacés.....	116
Ptérodactyle.....	197	Schistosite.....	87
Ptérosauriens.....	197	Scolite.....	162
<i>Pterygotus Anglicus</i> ..	143	Scories.....	53
Puits.....	7	Secondaires (terrains)..	182
Puits artésiens.....	8	Serpentine.....	189
Purbeck (lac de).....	223	Sel gemme....	38-207, 243
Pyrite....	133, 246 bis, 249	<i>Serpula serpulea</i>	272
Pyrosphère.....	102	Silex pyromaque.....	227
Pyroxène.....	76	<i>Sigillaria</i>	153-181
		Silice.....	40
Q		Silurien (terrain).....	157
Quartz.....	109-124	Sol primitif.....	106
Quartzite.....	118	Soleil.....	105
		Solfatères.....	70
R		Sources.....	6
Radiolites.....	232	Sources chaudes.....	33
<i>Radiolites lumbricalis</i> ..	238	Spatangues.....	233
Récent (terrain).....	317	Sperkise.....	133
Renne.....	312, 314	Sphérulites.....	232
Reculver (falaises de)..	12	Spirifères.....	168
Rhône (sources du)....	16	<i>Spirifer lævicosta</i>	168
— (alluvions).....	20	— <i>Verneulli</i>	168
— (delta).....	21	Spiriférides.....	168
Rhinocéros.....	275	<i>Spirigera concentrica</i> ..	168
<i>Rhinoceros incisivus</i> ...	275	Spirule.....	147
<i>Rhinoceros tichorhinus</i> ..	311	Staurotide.....	117
Rhizopode.....	44	<i>Stigmaria</i>	153

Stratification discordante	98	<i>Trigonia Pellati</i>	222
— quaquaversale ..	63	Trilobites. 144, 158, 169, 176	
— transgressive....	99	<i>Trinucléus</i>	158
Strigocéphale.....	168	Tuffeau.....	237, 262
Stromboli.....	56	Tufs volcaniques.....	60
Succin.....	256	<i>Tumulus</i>	321
Suessonien.....	261	Typhons.....	80
Syrénite.....	123		
		U, V, W, X, Z	
		<i>Ulmannia</i>	154
T		<i>Ursus spelæus</i>	314
Table du diable.....	10	Vallée du Poison.....	71
Tapirs.....	250, 290	Vagues (force des)....	12
Téléosaure.....	196	Valenciennes.....	2
Terra-Nova (tour de)...	91	Vase des mers profon-	
Terre à foulon.....	28	des.....	44
<i>Terebratula digona</i>	221	Vésuve.....	55, 61, 86
— <i>janitor</i>	236	Vésuvienne.....	85
Terrains.....	104	Vieux grès rouge.....	166
Tertiaires (terrains)...	240	Vissant.....	24
Thériodontes.. 198 <i>bis</i> , 210		Volcan.....	54, 56
Tourbe.....	45, 317	Volcans d'Auvergne... 301	
Tourtia.....	2	— sous-marins....	57
Trachyte.....	75	<i>Walchia</i>	154
Trapp.....	141	Xiphodon.....	251
Tremblements de terre. 89		Zechstein.....	182
	90, 91, 92, 94	Zones.....	104
Trigonies.....	217		

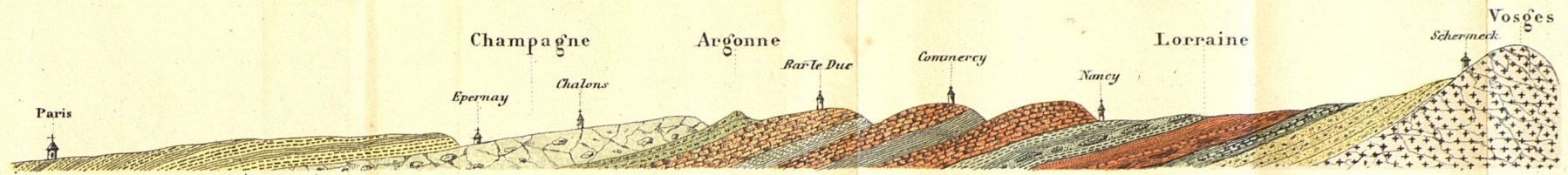
FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.



Gravé par F. Dufour, in R. d'Assas.

- | | | | | | |
|---|--|---|---------------------------|---|----------------------------|
|  | <i>Granites, porphyres et roches acéiques cristallisées</i> |  | <i>Terrain triasique</i> |  | <i>Terrains tertiaires</i> |
|  | <i>Terrains primaires et roches acéiques non cristallisées</i> |  | <i>Terrain jurassique</i> |  | <i>Dépôts modernes</i> |
|  | |  | <i>Terrain crétacé</i> |  | <i>Roches volcaniques</i> |

2. Coupe des terrains secondaires de Paris aux Vosges.

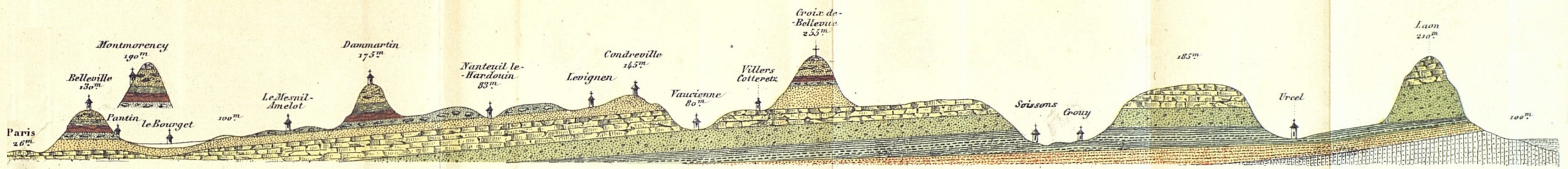


- Terrains tertiaires
 - Craie
 - Gault et Néocomien
- } Terrain crétacé

- Calcaire de Portland
 - Kimmeridje clay
 - Coral rag
 - Oxford clay
 - Oolithe inf^r et Oolithe de Bath
 - Lias
- } Terrain jurassique

- Marnes irisées
 - Muschelkalk
 - Grès bigarré
 - Terrains primaires et Granite
- } Terrain triassique

3. Coupe des terrains tertiaires entre Paris et Laon.

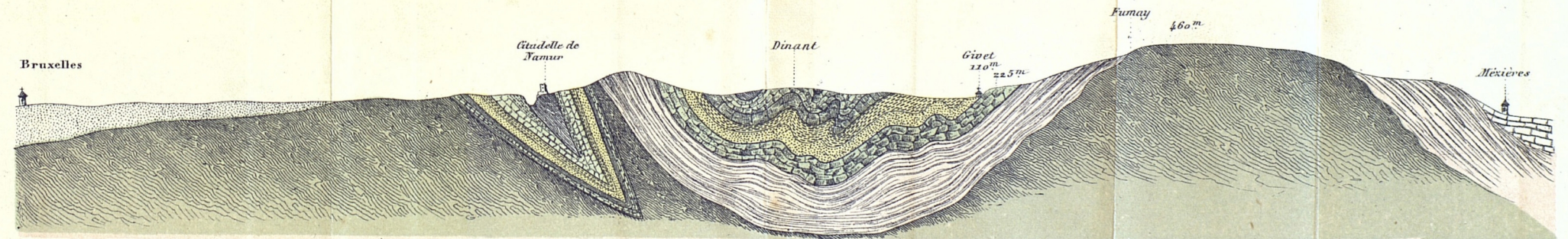


- Meulnières
- Sables de Fontainebleau
- Marnes vertes et Marnes à Lyena convessa
- Gypse et Marnes
- Calcaire de St Ouen

- Sables de Beauchamp
- Calcaire grossier
- Sables de Gise
- Lignites
- Sables de Bracheux
- Craie

1. Coupe des terrains primaires de l'Ardenne (Monts Herceyniens)

En suivant la vallée de la Meuse.



- Terrain silurien
- Terrain dévonien inf^r
- idem moyen
- idem supérieur
- Terrain carbonifère inf^r
- Terrain carbonifère moyen (Houiller)
- Terrain jurassique
- Terrain tertiaire eocène