

Notes prises par les Elèves

de l' Ecole Impériale Centrale
des Arts & Manufactures

au Cours de

Minéralogie et Géologie

professé par M^e de Selle.

Année scolaire 1869-70.

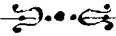
BIBLIOTHÈQUE
HÉBERT

DON

Imp. Frailery, 3, r. Fontanes, Paris

PPN1215363

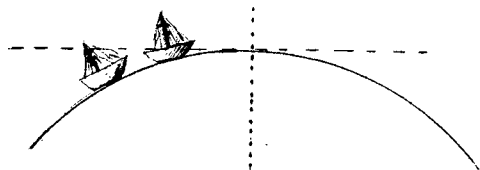
Minéralogie et Géologie.



1. La science minérale constitue une des divisions de l'histoire naturelle. Distinction dès le début : *Minéralogie*, *Géologie*. La minéralogie est une science qui étudie les divers éléments du globe pour en déterminer nettement les propriétés physiques et les classer en groupes naturels, familles, genres, espèces. La géologie étudie aussi les éléments du sol, mais à un tout autre point de vue. Laissons de côté tous les éléments qui ne se montrent pas en assez grande abondance pour qu'ils puissent être regardés comme une fraction importante du volume de l'écorce terrestre, la géologie ne considère que les grandes masses minérales. Son but est d'établir la distribution de ces matériaux à la surface, aussi bien que dans les profondeurs. La position réciproque de ces masses élémentaires étant connue, le géologue peut déterminer l'âge relatif de leur formation, les conditions de la vie animale et végétale, qui se sont manifestées à ces époques successives de formation; les limites des continents et des mers à ces mêmes époques, souvent enfin, il lui est permis de remonter aux causes en vertu desquelles ont été produites toutes ces variations. Pour suivre un ordre logique, l'étude des éléments doit précéder celle des ensembles. L'étude de la minéralogie, celle de la géologie. C'est l'ordre que nous suivrons ici, en y dérogeant cependant dans le début pour apprendre à connaître la forme générale du globe et faire une étude de ses éléments les plus généraux; l'atmosphère, les eaux et les continents.

BIBLIOTHÈQUE
MÉBERT

2 - La forme de la terre est à peu près celle d'une sphère. L'on peut en donner une série de preuves. Un spectateur est placé sur le rivage, il observe un vaisseau qui gagne la côte; il aperçoit la mâture du bâtiment, tandis que sa quille ne lui apparaît que long-temps après, à mesure que le vaisseau se rapproche du rivage. Au contraire, le vaisseau s'éloignant, il perd de vue la quille avant que les mâts n'aient disparu. Une



autre preuve de la rotundité de la terre, est empruntée aux éclipses de lune.

Au moment de l'éclipse la terre est interposée entre le soleil et la lune. Une partie des rayons partant du soleil, est arrêtée par la surface terrestre. Si le globe est sphéroïdal, les rayons interceptés sont compris dans un cône dont la courbe directrice est un cercle. Si l'on engage un écran dans ce cône, la courbe de séparation d'ombre et de lumière, sera semblable à cette directrice. Or, cet écran est précisément le disque lunaire, et l'on constate en effet par l'observation directe, et même encore en prenant une série d'épreuves photographiques, que la courbe qui sépare la partie obscure et éclairée de la lune, au commencement et à la fin des éclipses est un cercle.

On peut encore en donner une démonstration plus concluante encore. Quand un observateur est placé en pleine mer ou dans une vaste plaine, la courbe qui limite son horizon est une circonférence de cercle. Le cercle est en effet une courbe, si nettement caractérisée par la constance de son rayon de courbure, que l'on ne peut se méprendre sur sa forme. Si ce même observateur s'élève dans l'atmosphère, la courbe qui limite l'horizon, conserve toujours sa forme circulaire. Or dans ces deux cas la courbe est l'intersection avec la surface terrestre de la base du cône que décrit le rayon visuel

de l'observation tangente à la surface, quand il accomplit autour de lui même une révolution; C'est donc l'intersection de la surface terrestre par un plan. Or, la seule surface qui coupée par un plan de position quelconque, donne un cercle, est la sphère. La forme de la terre se rapproche donc extrêmement de celle d'une sphère.

3 - Nous disons que cette forme se rapproche extrêmement de celle d'une sphère, car des mesures précises, ont appris qu'il n'en était pas exactement ainsi; que le globe n'était pas parfaitement sphérique, mais plutôt une ellipsoïde de révolution, tournant effectivement autour de son axe de figure.

Les extrémités de l'axe sont les pôles.

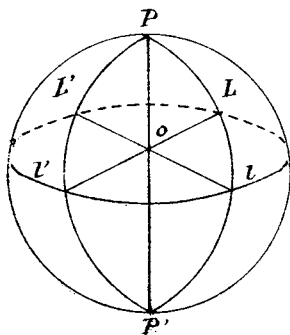
La section de la surface par un plan perpendiculaire à la ligne des pôles en son milieu est l'équateur.

La calotte ellipsoïdale supérieure à l'équateur, est dite: boréale; l'inférieure: Australe.

L'axe de révolution est plus petit que le diamètre de l'équateur.

L'ellipsoïde terrestre, diffère cependant si peu d'une sphère, que nous continuerons dans la suite à lui attribuer cette dénomination.

Pour apprendre à déterminer la forme exacte de la surface terrestre, il faut d'abord apprendre à fixer d'une manière exacte la position d'un point sur cette surface. Un point sera connu de position si l'on donne sa longitude et sa latitude. Définissons d'abord ces termes:



Par la ligne des pôles PP' est un point choisi arbitrairement L , par exemple l'observatoire principal de la nation, faisons passer un cercle. Ce cercle est appelé méridien principal et la courbe d'intersection avec la sphère terrestre est la Méridienne principale. Par un autre point L' , et la ligne des pôles, menons de même un plan qui sera le

méridien du lieu L' . La longitude de L' est l'angle dièdre plus petit que 180° qui mesure l'inclinaison des deux méridiens. C'est l'angle $l O l'$ ou si l'on veut l'arc ll' . La longitude d'un lieu est donc l'arc d'équateur, plus petit que 180° compris entre la méridienne principale et la méridienne du lieu. Supposons l'observateur muni d'un chronomètre, marquant $0^h, 0^m 0^s$ quand une étoile bien connue passe dans le plan du méridien principal. Pour trouver la longitude de L' il suffira d'observer le passage de cette même étoile dans le plan méridien $PL'P'$. En effet, l'étoile décrit dans le ciel et d'un mouvement uniforme un cercle complet en 24 heures. Donc à partir du moment où elle a quitté le plan du méridien principal, jusqu'à celui où elle s'est trouvée dans le plan $PL'P'$, elle a parcouru un arc d'un même nombre de degrés, que l'arc $l l'$. Soit l'heure accusée par le chronomètre $5^h 10^m = 5^h \frac{10}{60}$. L'on a la proportion suivante :

$$\frac{x^\circ}{5^h \frac{10}{60}} = \frac{360}{24} = 15$$

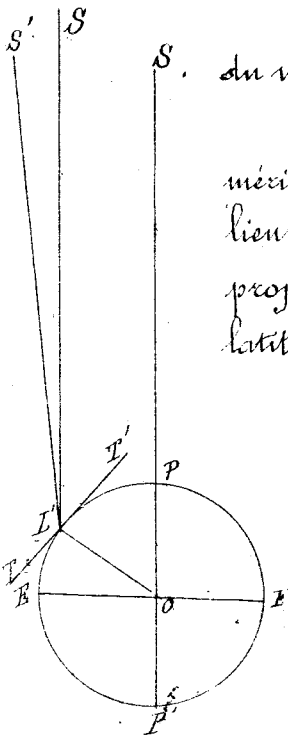
d'où

$$x^\circ = \left(5 + \frac{10}{60}\right) \times 15 = 75^\circ + \frac{150}{60} = 77^\circ 30'$$

La longitude est orientale quand elle est comptée à droite du méridien principal; occidentale, quand elle est comptée à gauche.

5 - Soit à déterminer la latitude d'un lieu L' . Menons le méridien du lieu, et le rayon terrestre passant par L' . La latitude du lieu est l'angle que forme le rayon terrestre passant par le lieu avec sa projection sur l'équateur. Cet angle a pour mesure l'arc EL' . La latitude d'un lieu peut donc se définir: l'arc de méridienne, plus petit qu'un droit, compris entre l'équateur et le lieu.

Quand on considère le ciel il semble que toutes les étoiles soient fixées à une sphère tournant autour de la ligne des pôles terrestres, indéfiniment prolongée. Supposons que cette ligne vienne à percer la sphère céleste, en un



point S qui sera le pôle celeste, et qu'en ce point il existe une étoile. Cette dernière étant située à l'infini par rapport à nous, le rayon visuel dirigé vers elle, en issu de L' est parallèle à $P.P'$. Menons l'horizon du lieu T, T' c'est est le plan tangent à la sphère au point L' . Les côtés de l'angle S, L', T' sont perpendiculaires à ceux de l'angle $L' O.E$. Ces deux angles sont donc égaux. L'angle S, L', T' est dit : hauteur du pôle celeste au dessus de l'horizon du lieu; d'où la règle : la hauteur du pôle au dessus d'un lieu, est égale à la latitude du lieu.

Mais il n'existe aucune étoile en S . La polaire en est très voisine, mais distante encore de plus d'un degré. Pour tourner cette difficulté visons une étoile quelconque bien connue S' et déterminons l'angle S', L', T' . Les tables astronomiques donnent l'angle S', L', S' (complément de la déclinaison de l'étoile) l'on a par conséquent :

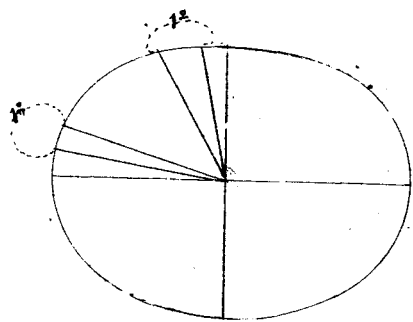
$$S, L', T' = S', L', T' - S', L', S.$$

La latitude est boréale ou australe suivant qu'elle est comptée au dessus ou au dessous de l'équateur.

6 - Étant donné une sphère représentant la sphère terrestre, la détermination de la longitude permet de tracer à la surface de la sphère, le méridien du lieu. La latitude étant de même déterminée l'on peut fixer sur la méridienne la position exacte de ce lieu.

7 - Il fallait passer par ces considérations avant d'établir une méthode qui permit d'étudier exactement la forme de la terre. On voyait depuis longtemps déjà que notre globe avait la forme d'une ellipsoïde de révolution, ou si l'on veut d'un sphéroïde aplati aux pôles et renflé à l'équateur. Pour s'en assurer, il fallait déterminer exactement deux points placés dans un même méridien, tels que les rayons terrestres y aboutissant soient inclinés entre eux de 1° . Si le globe a la forme que nous lui supposons, un arc de 1° mesuré dans le

(6)



voisinage de l'équateur sera plus petit qu'un arc de 1° mesuré dans le voisinage du pôle. C'est là une des propriétés de l'ellipse. Deux diamètres inclinés d'un même nombre de degrés, l'un sur le grand, l'autre sur le petit axe, interceptent des arcs d'ellipse ou inégales, compris entre ces diamètres et les axes.

Picard, Labire, Cassini, sont les premiers qui aient fait à cet égard des observations à peu près exactes. Cependant, les résultats étaient loin d'être satisfaisants. Au commencement du dix-huitième siècle, l'académie française envoya Bouguer en la Condamine au Pérou. Maupertuis à Clairault en Laponie, pour mesurer exactement des arcs de méridien terrestre d'amplitude déterminée. Depuis 1792, les résultats obtenus ont été vérifiés successivement par Méchain, Delambre, Biot et Arago. Des mesures très exactes et très étendues, furent prises à la surface terrestre, à l'occasion de la création du système métrique. Arago, en particulier mesura l'arc du méridien compris entre Dunkerque et île de Formentera dans la mer Méditerranée, arc qui embrasse plus de 12° ; dans ces derniers temps Gauss, en Hanovre, Swanberg, en Laponie; Schumacher, en Danemarck, Struve en Russie, Bessel et Bayer en Prusse, ont fait de nouvelles mesures. Tous ces travaux combinés permettent de dresser le tableau suivant:

Rayon de la terre à l'équateur	6376851 mètres
Rayon aboutissant aux pôles	6355943
Différence entre les rayons équatoriaux et polaires	20908
Cette différence comparée au rayon équatorial (aplatissement)	$\frac{1}{305} = \frac{20908}{6376851}$
Rayon moyen	6366397
Rayon à 45°	6366407

Rayon d'une sphère de même volume que la terre	6369874
Surface de la terre	5098 857 myr. car.
Volume de la terre	1082 634006 myr. cube.

8 - Cette figure de la terre, aplatie vers ses pôles et renflée à l'équateur, mérite de nous arrêter un instant. Le sphéroïde terrestre, comme nous nous dit effectivement autant de son axe de figure. Or, si l'on calcule approximativement qu'elle eût dû être la forme de la terre, si à l'origine elle avait été à l'état solide, l'on retrouve comme expression de l'aplatissement la valeur de $\frac{1}{308}$ qui résulte de l'observation. Ainsi, si la terre à une époque quelconque avait possédé une plasticité en vertu de laquelle ses molécules auraient pu prendre des mouvements relatifs déplacés les uns par rapport aux autres, de manière à céder aux actions déformatrices exercées par la force centrifuge développée par le mouvement diurne, sa forme serait aujourd'hui celle que nous révèle l'observation. Le seul fait de la configuration du sphéroïde terrestre, nous amène donc à penser, qu'à l'origine, la terre a passé par un état de demi-fluidité.

9 - Mais l'on peut donner des motifs puissants pour établir la probabilité de cette fluidité originelle. La densité de la terre en fournissant un des plus concluants.

En effet les astronomes ont pu peser le globe avec tous ses éléments, comme une masse de densité homogène. Le poids spécifique de la terre en chiffres précis, est de 5,44. Ce résultat avait été deviné par Newton, il y avait été conduit par des considérations empruntées à l'équilibre des mers et aux variations que subissent les oscillations du pendule aux diverses latitudes « sa valeur moyenne est la densité de la terre, dit Newton, doit être de 5 ou 6 fois plus grande que celle de l'eau ». Or, si nous prenons la densité de tout les éléments qui composent l'écorce terrestre, dans sa partie accessible à nos observations, nous trouvons comme expression de cette pesanteur

spécifique, un chiffre beaucoup plus faible 2,78. Si nous venions compter des eaux de la mer, qui occupent une immense place à la surface de la terre, dans l'évaluation de la pesanteur spécifique de la croûte extérieure, ce chiffre descendrait à 1,52. Nous en concluons que la densité s'accroît à mesure que l'on pénètre dans les profondeurs. Les couches superficielles sont les plus légères. On pourrait appeler cette distribution des densités, un ordre hydrostatique, car elle reproduit la distribution de liquides de densités diverses enfermés dans un vase.

Cette observation nous engage encore à penser qu'à l'origine, le globe a été à un état voisin de l'état fluide.

10 - L'étude de la répartition de la chaleur dans l'écorce terrestre, nous dicte la même conclusion. À la surface les variations de température sont très considérables. Dans la H^{te} Egypte à deux ou trois mètres au dessus du sol, le thermomètre s'élève à $+ 47^{\circ}$; à l'île Melville (au sud de l'archipel L'arroy) il descend à $- 56^{\circ}$. C'est une différence de 103° . Mais les variations de température à la surface sont encore d'un autre ordre. Il semble au premier abord, que tout les points du globe qui ont même latitude, qui sont situés sur un même parallèle terrestre, recevant chaque jour les rayons du soleil sous une même inclination, devraient être également échauffés, par suite d'une température moyenne parfaitement égale. Mais si l'on recherche expérimentalement à la surface du globe, les points qui ont même température moyenne, et qu'on vienne à les joindre par des lignes, on verra facilement que les courbes que l'on obtient ainsi, et que l'on appelle très justement lignes isothermes, sont loin d'être régulières. Non seulement, elles ne sont ni planes, ni circulaires, mais elles n'ont rien de régulier, et par conséquent rien aussi de commun avec un parallélisme quelconque à l'équateur. C'est qu'en effet les climats sont modifiés par une foule de circonstances, parmi les-

-quelles si la latitude a une influence sensible, cette influence n'est cependant pas prépondérante. Le voisinage et l'étendue de grandes dépressions propres à recueillir les eaux, la direction des chaînes de montagnes en des vents dominants, le relief du sol et même la nature de la végétation qu'il nourrit, le voisinage des grands courants chauds qui sillonnent l'Océan, tous ces éléments ont leur part d'influence dans la détermination du climat. Aussi, pour ne parler que de notre hémisphère, les lignes Isothermes quand on se rapproche des pôles, non-seulement n'ont aucune régularité, mais même se divisent en deux systèmes de courbes, qui s'infléchissent autour de deux centres, qui sont les deux pôles froids. Aucun de ces points ne coïncide avec le pôle géographique. L'un des pôles froids est placé à l'Île Melville, par le 66°, le second, un peu à l'est du Cap Baymouth à une latitude inférieure à 80°, inférieure à celle du Spitzberg.

11 — En pénétrant dans l'intérieur du sol de nouveaux phénomènes se révèlent à nous. Si à nos latitudes on place un thermomètre dans une excavation de 1^m de profondeur, et un autre sur le bord de la fosse; tandis que ce dernier accusera des variations horaires amenées par les différences de température du jour et de la nuit le premier ne rendra pas compte de ces changements. A 10^m les variations sont de 1° au plus, durant toute l'année. Les variations des saisons, se font donc à peine sentir à cette profondeur. A 30^m le thermomètre demeure indéfiniment immobile. Les caves de l'Observatoire de Paris ont été creusées à 27^m 60 de profondeur; Des thermomètres placés par Cassini dans ces enceintes, depuis deux siècles environ ont marqué constamment 11° 82 dans jamais varier.

Ainsi il existe au dessous du sol une couche dont la température est invariable. La situation de cette couche, varie

avec les latitudes. Elle est d'autant plus éloignée de la surface que les extrêmes de chaud et de froid sont eux-mêmes plus éloignés dans la contrée. En Allemagne, cette couche invariable est remontée à 6, 8, 10^m de profondeur. À l'équateur, elle est plus voisine encore de la surface. Mais ce n'est pas tout. Non seulement à ces niveaux la température est invariable, mais elle est encore égale à la température moyenne de la surface, le fait est à noter.

Descendons plus profondément, et les travaux de mines conduisent presque toujours à pénétrer bien plus avant dans l'écorce terrestre. Les puits des mines, les boisages, les sources qui circulent à ces niveaux, accusent bientôt une température supérieure à celle de la couche invariable, et cet excès de température s'accroît de plus en plus à mesure que l'on descend davantage. Jensonne qui reconnut pour la première fois ce fait dans les mines des Vosges (1740) estimait l'accroissement de température à raison de 1° pour un approfondissement de 10^m. En Bretagne, dans le Cornouailles, en Saxe, au Harz, on a fait à ce sujet des expériences très nombreuses, en relevant les températures des puits et galeries et des sources que l'on y rencontre à divers niveaux; les observations sont arrivées à des chiffres un peu différents, qui semblent indiquer que suivant les pays, la loi d'accroissement de température avec la profondeur, subit quelques variations; mais peu importe, que la loi soit exactement comme dans ses effets, pourvu qu'il soit bien constaté qu'il en existe une: or tous les travaux de recherches auxquels nous faisons allusion tout à l'heure, ont démontré d'une manière complète, que la loi existe en effet.

La moyenne des résultats obtenus indique que la température s'accroît de 1° pour 33^m d'excavation verticale. Or, il existe des puits de mine extrêmement profonds, dans l'Érgebirge

il y a des puits qui atteignent 594^m. Dans le Harz, les anciennes mines descendent à 617^m. Dans les exploitations de Witehaven (Cumberland) des puits descendent à 323^m au dessous du niveau de la mer, qui cependant est peu éloignée du centre des travaux. A Monkwearmouth près Durham, l'on exploite des couches de houille, situées à 522^m au dessous du niveau de la mer. Près de Liège, une fosse à charbon, a atteint aujourd'hui 595^m de profondeur, soit : 534^m au dessous du niveau de la mer. A Condref, près de Luxembourg, on a percé au moyen de la sonde des grès bigarrés et des calcaires magnésiens, situés à 891^m au dessous de la surface et toutes ces profondeurs, la loi d'accroissement de température s'est vérifiée.

Les sources thermales sont encore une preuve de l'accroissement de chaleur que subissent les couches profondément situées. Les réservoirs de ces sources, sont, on le sait, des excavations qui descendent à grande profondeur. Aussi leur température est-elle toujours supérieure de plusieurs degrés, à la température moyenne du lieu. La source d'Uriage (Isère) est à 27°; celle de Néris (Allier) 50°. Dans le Cantal, les eaux thermales de Chaudesaignes, sont à une température de 85°, enfin, les effluves d'eau chaude abandonnant la silice qu'elles avaient dissoute, que l'on observe en Islande (Geysers) ont une température de 100° à la surface des bassins où elles retombent.

Les puits artésiens qui amènent au jour des eaux qui ont longtemps séjourné à des niveaux très éloignés de la surface, témoignent encore de la température élevée des profondeurs par la chaleur que conservent ces eaux quand elles arrivent au niveau du sol.

Comme le monde sait que les volcans rejettent des laves, c'est-à-dire des pierres amenées à l'état de fusion. Or, ces matières

pièces, exigent pour perdre leur cohésion une température assez élevée pour produire la fusion de l'argent. Il a fallu nécessairement puisque la surface ne produit par ce calorique, qu'il fût puisé dans les profondeurs.

Tous ces faits démontrent nettement qu'à mesure que l'on descend plus bas dans la série des couches terrestres, la température va toujours croissant; or si l'on veut, qu'il existe au centre de la terre, un foyer de chaleur. Ce point admis, il convient de dire qu'en admettant que la température des couches successives, s'accroît suivant la loi d'une progression arithmétique, nous restons probablement en deça de la vérité; car il paraît plus probable que si la source de chaleur est placée au centre, l'accroissement de température à mesure que l'on s'en rapproche, suit la loi d'une progression géométrique, qui est la loi générale de la propagation de la chaleur qui émane d'un centre. Mais acceptons la première hypothèse et tirons en les conclusions qui en découlent naturellement.

À 2500^m l'eau entre en ébullition

À 44000^m le fer entre en fusion

À 80000^m aucune matière solide ne peut conserver sa cohésion.

Et voilà donc amenés par l'observation directe des faits, à conclure qu'à une distance de 40 Kilomètres au dessous de la surface les matières les moins fusibles ont subi déjà un ramollissement qui leur enlève toute cohésion, et que la pellicule terrestre vraiment stable a tout au plus cette épaisseur qui ne représente cependant que $\frac{1}{150}$ du rayon terrestre.

Il est donc naturel d'admettre que cet état de fusion qui a persisté ainsi dans les profondeurs, représente l'état primitif du globe, tandis que la pellicule consolidée de la surface, n'est que l'enveloppe qui s'est peu à peu, affermie à mesure que la

terre rayonnant sa chaleur propre dans les espaces.

Le grand mathématicien et astronome Laplace, pour expliquer les lois qui président à notre système planétaire, est allé bien plus loin encore, car il a admis que tout ce système n'a formé à l'origine qu'une vaste nébuleuse, c'est à dire une masse sphéroïdale de matière cosmique à un état de diffusion beaucoup plus avancé que ne peut nous le représenter la vapeur la plus déliée; à cet état de division qu'étudie M^c Deville on toute combinaison devient impossible (1) et n'en arrive à l'état liquide puis à l'état solide que par des condensations successives.

12 - Passons à l'étude des éléments généraux du globe; l'atmosphère, les eaux et les continents. Au point de vue géologique les continents seuls présentent pour nous un véritable intérêt: mais les autres éléments liquides et gazeux, doivent aussi fixer notre attention, parce que c'est par leur action continue sur la terre ferme, que l'on explique les modifications qu'a subies pendant les périodes anciennes, la surface terrestre. Aussi tout en étudiant dans leur nature physique les eaux et l'atmosphère, nous nous appliquerons surtout à faire ressortir les actions déformatrices qu'ils exercent sur les continents. Il sera facile d'établir que les agents qui ont leur siège à l'extérieur, exercent constamment des actions nivelantes, des actions qui ont pour but d'effacer les aspérités qui préexistaient à la surface. Nous verrons qu'il existe un autre agent dont le siège est placé dans les

(1) Nota - On a calculé que lorsque les éléments de notre système planétaire remplissaient l'espace sphérique, dont la limite est déterminée par l'orbite d'Uranus, la 80000 millièmes partie d'un grain de matière cosmique devait occuper un mille allemand cubique. A cet état de rarefaction toute combinaison est impossible.

profondes, et dont le rôle inverse de celui des premiers est de créer sans cesse des aspérités, des reliefs accidentés. Cet agent est celui qui se manifeste, dans les phénomènes volcaniques, on ne peut l'observer convenablement que sur la terre ferme, et son étude se rattache par conséquent à celle des masses continentales.

C'est en apprenant à bien connaître les phénomènes actuels, que le géologue trouve la clef des problèmes géologiques, car, si on ne savait douter, que les mêmes lois n'aient présidé aux phénomènes anciens aussi bien qu'à ceux dont nous sommes aujourd'hui témoins.

13 - La terre est entourée d'une enveloppe gazeuse qui participe à son mouvement direct de rotation. La composition de l'atmosphère est bien connue : 79 d'azote, 21 d'oxygène, 4 à 6 dix millièmes d'acide carbonique, et une quantité variable de vapeur d'eau, qui suivant la température et la pression définit l'état hygrométrique de l'air. La surface qui limite l'atmosphère est celle qui comprend les molécules pour lesquelles l'attraction exercée par le globe terrestre est égale à la répulsion exercée par les molécules situées immédiatement au dessous. Cette surface est évidemment très accidentée, très peu régulière, car on sait que les attractions sidérales ont pour effet de déformer deux fois par jour la surface de l'Océan, et l'air étant évidemment plus mobile doit céder plus facilement encore à ces attractions. D'ailleurs, on ne sait exactement où finit l'atmosphère, car en s'appuyant exclusivement sur la donnée que nous indiquions tout à l'heure, comme base du calcul, on commet une erreur, en négligeant de tenir compte de l'influence exercée par la force centrifuge pour éloigner les molécules gazeuses du centre de la terre, et

(46)

Mais la densité d'un gaz est directement proportionnelle à la pression qu'il supporte, ce que l'on exprime en écrivant :

$$d = k H$$

par conséquent :

$$H - H_1 = k H e$$

et :

$$H_1 = H (1 - k e)$$

S'on démontrerait évidemment de la même façon que :

$$H_2 = H_1 (1 - k e)$$

et par conséquent en mettant à la place de H_1 sa valeur $H (1 - k e)$ il vient

$$H_2 = H (1 - k e)^2$$

La loi est évidente. Les pressions sont H dans la première tranche, $H (1 - k e)$ dans la seconde $H (1 - k e)^2$ dans la troisième $H (1 - k e)^n$ dans la $(n + 1)^{\text{ème}}$ tranche. Ce sont les termes d'une progression géométrique. Chaque terme est égal au précédent multiplié par une quantité constante $(1 - k e)$. Prenons les logarithmes des deux membres du terme général.

$$H_n = H (1 - k e)^n$$

$$\text{Log } H_n = \text{Log } H + n \text{ Log } (1 - k e)$$

Faisons $e = 1$. — La valeur de k est $\frac{d}{H}$; d étant la densité de l'air par rapport au mercure; or, l'on sait que l'air pèse 10395 fois moins que le mercure. (à 0° , et sous une pression de 0.76.)

$$h = \frac{1}{10395 \times 0.76}$$

$$\log H_n = \log H + n \log \left(1 - \frac{1}{10395 \times 0.76} \right)$$

$$= \log H + n \log \frac{7899}{7900} = \log H + n (\log 7899 - \log 7900)$$

$$\log H - \log H_n = n (\log 7900 - \log 7899)$$

$$\log 7900 = 3,8976271$$

$$\log 7899 = 3,8975721$$

$$\text{Différence} : 0,0000550.$$

$$\log H - \log H_n = n \times 0,0000550$$

d'où

$$n = \frac{1}{0,0000550} (\log H - \log H_n) = \frac{1000000}{55} (\log H - \log H_n)$$

$$= 18181 (\log H - \log H_n) = 18181 \log \frac{H}{H_n}$$

n est le nombre de mètres qui séparent les surfaces supérieures ou inférieures des couches (1) et $(n+1)$. C'est la distance verticale qui sépare ces couches.

Cette formule n'est pas rigoureusement exacte, car elle suppose que la pression de l'air, est seulement fonction de sa densité. Mais la pesanteur de l'air varie quand on s'élève dans l'atmosphère, ou même quand on se déplace à la surface, en vertu d'autres causes que celles qui résultent de la variation de densité : le froid des régions élevées, l'état hygrométrique de l'air, ont leur part d'influence. La pesanteur des corps, varie d'ailleurs avec la latitude ; 104 Kilos à l'équateur, en valent 105 aux pôles. Laplace a calculé une formule qui tient

compte de toutes les causes, qui peuvent modifier la pression des couches atmosphériques. Dans cette formule il entre des constantes qui altèrent notre coefficient 18181.

$$n = 18393 \log \frac{H}{H_n} (1 + 0.002832 \cos 2 \lambda) \left(1 + \frac{2(t + T)}{1000}\right)$$

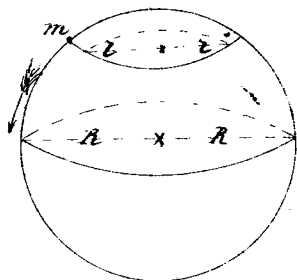
λ est la latitude du lieu,

t et T , les températures des stations extrêmes.

Le baromètre de Fortin exclusivement employé à ces sortes de mesures, est aujourd'hui remplacé avec avantage par de petits baromètres anéroïdes, très portatifs.

15 - Les mouvements de l'air, c'est-à-dire les vents, ont une importance en géologie. Ils se partagent en vents constants, périodiques et irréguliers.

Les vents constants ou alizés, ne soufflent que sur une portion limitée de la surface terrestre; dans la zone qui est comprise entre les cercles des tropiques. Ils sont dus, 1^o à l'énorme quantité de chaleur que le soleil cède sans cesse à cette Zone; dans un cercle recourant pendant tout un jour des rayons normaux, 2^o à la rotation de la terre, s'effectuant ainsi qu'on le sait de l'ouest à l'est. En vertu de la chaleur exceptionnelle qui se manifeste dans cette Zone, les couches d'air, en contact avec sa surface, tendent constamment à se dilater et par conséquent à s'élever verticalement. Le vide qui en résulte détermine un appel d'air, qui afflue des Zones extra-tropicales. Il semble au



premier abord, que les vents déterminés par la venue permanente de ces masses d'air, devraient souffler du Nord au Sud dans notre hémisphère, du Sud au Nord, dans l'hémisphère austral. Mais le phénomène est un peu plus compliqué et pour nous en rendre compte

d'une manière complète, suivons la marche d'une molécule d'air m .

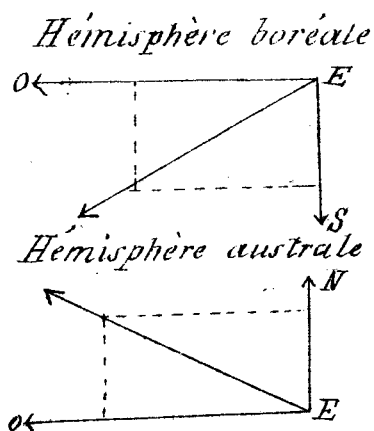
Le molécule est en contact avec un parallèle terrestre dont le rayon est r .

L'atmosphère tournant avec la terre, le molécule d'air qui touche ce parallèle décrit journellement d'un mouvement uniforme un cercle: $2\pi r$.

Supposons que cédant à cet appel constant qui a son siège dans la Zone équatoriale, elle obéisse graduellement, sans acquiesce de vitesse, dans la direction de son méridien et arrive enfin à l'équateur. En regard à l'inertie de la matière, cette molécule a conservé la vitesse en vertu de laquelle elle décrivait journellement le cercle $2\pi r$. Mais tous les points de la surface des continents et des eaux à l'équateur sont animés d'une vitesse double plus grande $2\pi R$, si R est le rayon équatorial. Il en résulte que l'air qui est parvenu dans la Zone équatoriale, y tourne avec la terre de l'Ouest à l'Est, mais avec une vitesse plus petite que les points de la surface terrestre en contact avec lui.

La rotation du globe est à l'équateur plus rapide que la rotation de la portion d'enveloppe atmosphérique qui la touche. Dans ces conditions, imaginons un vaisseau au milieu des mers équatoriales, sa quille baignant dans l'eau, il fait partie de la surface terrestre, et tourne avec elle quoiqu'à son tour de l'Ouest à l'Est; mais dans ce mouvement sa voilure vient rencontrer des molécules d'air animées d'une vitesse plus petite que celle qu'il possède lui-même; sa voilure est donc par le mouvement terrestre, comme poussée contre un obstacle. Il en résulte une réaction en sens inverse, ou comme un vent dirigé de l'Est à l'Ouest.

Considérons cette marche de l'atmosphère de l'Est à l'Ouest, comme ayant lieu réellement, les molécules d'air qui parviennent dans la Zone équatoriale sont animées de deux vitesses.

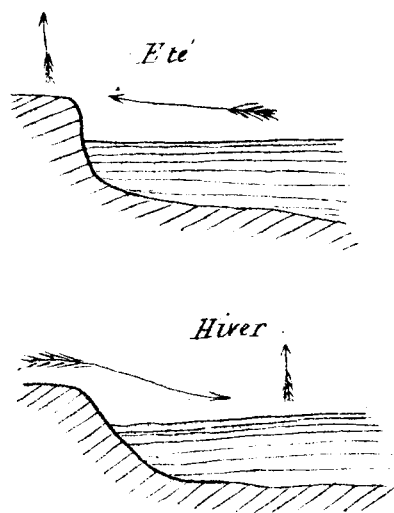


Si une, nous nous faisons abstraction
 tous à l'heure, mais qui n'existe pas
 moins, dont la direction est celle
 d'un méridien, et qui est déterminée
 par l'appel, l'autre dirigé de l'Est à
 l'Ouest. Ces deux vitesses se composent
 et les figures ci-jointes montrent clai-
 rement qu'elles donnent un alizé Nord-
 Est dans notre hémisphère, Sud-Est
 dans l'hémisphère austral. α

l'équateur, les courants aériens se remontent et se neutralisent en
 très grande partie c'est la région des calmes équatoriaux en des
 grandes pluies.

16 - Les vents périodiques sont appelés monsons

Ce sont des vents qui soufflent six mois dans un sens, six mois dans
 le sens opposé. On les explique en vertu du principe suivant qui
 découle de l'expérience. La terre ferme s'échauffe vite sous l'influence
 solaire; mais disperse rapidement sa chaleur acquise, quand
 cette influence vient à disparaître ou à perdre de son intensité.
 Les eaux, au contraire, s'échauffent plus difficilement, mais



conservent plus longtemps leur calo-
 rique. Pendant l'été, les rivages s'é-
 chauffent plus facilement que la mer,
 l'air en contact avec la côte sera raréfié,
 s'élèvera en vertu de sa plus grande
 légèreté, et sera remplacé par l'air
 venant de la haute mer à la côte.
 Pendant l'hiver, l'inverse aura lieu.
 Les eaux auront conservé plus de
 calorique que les rivages, l'air en

contact avec elle, sera plus raréfié que celui de la côte, le mousson soufflera de la côte à la mer.

Ce phénomène se reproduit en petit soir et matin, sur nos côtes à long développement rectiligne. Pendant le jour, la côte est plus échauffée que la mer, l'air souffle du large; c'est la brise de mer. Le soir, c'est la mer qui est plus échauffée, le vent souffle de la côte, c'est la brise de terre.

Les monsoons les plus connus des navigateurs, sont ceux qui règnent entre la côte d'Afrique et la presqu'île de l'Inde, de la côte de Mozambique à la côte de Malabar. Ils sont déterminés par l'excès continental de l'Afrique, par rapport à l'Indonésie. Les marins ont encore signalé des monsoons entre Sumatra et les îles Philippines, entre l'île de Ceylan et le royaume de Siam, entre Ceylan et l'île des Cocos. Dans cette région, il en est d'autres plus singulières encore; ce sont ceux qui d'Octobre en Avril, soufflent de Java à la terre de Witt en Australie, et dans le reste de l'année dans une direction perpendiculaire.

17 - Restent les vents irréguliers, dont les physiciens malgré tous leurs efforts n'ont pu démêler la théorie.

18 - L'atmosphère à l'état de repos, provoque la décomposition des roches. Et ce point de vue, les vents en multipliant les contacts, sont de puissants agents géologiques. Ajoutons, qu'ils sont encore les moteurs naturels, des parties molles ou incohérentes dont la désagrégation a été produite par l'atmosphère. L'influence de l'atmosphère sur les roches est partout visible. La pierre de taille des édifices se modifie à la longue, s'écaille et porte des rides qui indiquent la direction des vents dominants. Sur les rochers naturels, en place, on observe les mêmes effets, l'aspect des surfaces extérieures, ne ressemble en rien, à celui des parties profondes que révèle la calcaire. Le porphyre que l'on

emploie aujourd'hui à Paris pour empierrer nos grandes voies, se laisse facilement rayer au couteau, sur les surfaces qui ont été longtemps exposées à l'air libre et au contraire, fait feu au briquet, sur les angles que mettem à un des sauteres profondes. Le granit, lui même, cette roche qui semble symboliser la dureté, subit ces altérations, et se convertit peu à peu en une arène incohérente (Sable). Que environs de Plombières et de Remiremont, le choc du marteau frappant au hasard sur ces parois de granite, qui se dressent sur les bords des routes, détermine la chute de ces surfaces dépourvues de toute cohésion. Ces matières désagrégées, sont mises à profit dans cette partie de la Lorraine, pour remplacer le sable de rivière dans les mortiers.

Il existe dans le Centre de la France, un massif montagneux dont le relief domine le reste du pays, car nos grandes chaînes sont partout des frontières. La création des Chemins de fer qui sillonnent cette contrée, a nécessité, on le comprend, le percement d'un grand nombre de tunnels et de tranchées. La roche, est presque partout le granit, et pour pratiquer des excavations profondes dans cette pierre si tenace, il a fallu mettre en jeu, les plus puissants moyens dont dispose l'art de l'ingénieur. En avait eût pouvoir au moins compter sur la friabilité de ces berges, donc le creusement avait été si laborieux. L'expérience a montré que l'on s'était trompé et il a fallu presque partout retoucher à nouveau les parois des tranchées, et les revêtir d'un manteau de maçonnerie, pour les mettre à l'abri du contact de l'air.

Pour rester cependant dans l'exacte vérité, il faut dire que quelques granites font exception à cette règle. — En Suède, par exemple, des granites portent des canelures déterminées par le passage de glaciers préhistoriques qui sont aujourd'hui encore parfaitement visibles. Les voyageurs qui se rendent de l'hospice

au Grindel au glacier du Rhône vont tous visiter la chute de l'Arce à la Haudeck. L'Arce s'y précipite avec un fracas épouvantable d'une hauteur de 32^m entre deux parois de rochers à pic, couronnés de sapins. A quelques minutes au-delà de cette chute le chemin passe sur une grosse pierre appelée - Dernier mauvais pas. Cette roche a eu si peu à souffrir de l'influence atmosphérique, que pour le passage des voyageurs, on a été contraint de pratiquer des excavations où les chevaux puissent poser leurs pieds, ce qui prouve bien que le sol granitique poli par le phénomène glaciaire, est demeuré inaltérable depuis des siècles. Mais ce sont-là des exceptions qui n'infirmement en rien la règle générale. L'action de l'atmosphère sur les rochers est souvent une action chimique.

L'oxygène atmosphérique agit sur certaines substances qui ont été formées à l'abri de ce gaz dans les profondeurs. Nous ne pouvons par exemple reproduire dans nos laboratoires le carbonate de protoxyde de fer, car il tend toujours à se suroxyder. Cependant, il existe dans la nature des filons très puissants de cette substance. Elle a donc été formée à l'abri des influences de l'oxygène. Le contact de l'atmosphère tend à transformer le carbonate en peroxyde. Le bisulfure de fer, existe à l'état de poudre impalpable dans un très grand nombre de rochers de contenu grisâtre. Les influences atmosphériques, le convertissent rapidement en sulfate. La pyrite blanche de fer, on le sait, est un composé essentiellement instable. S'on s'en aperçoit bien vite en visitant les collections de Minéralogie, car elle tache les boîtes où on dépose ses échantillons et détruit les étiquettes. Les efflorescences blanches, que l'on remarque à Isny et à Tarwea, sur les gradins de la glaise grisâtre que l'on y exploite, ne sont autre chose que du sulfate de chaux, qui dérive de la décomposition de bisulfures que renferment ces couches essentiellement argilleuses, quoiqu'imperméabilisées.

L'acide carbonique est un agent de décomposition très puissant. À froid, il déplace à la longue l'acide silicique lui-même, qui à chaud est au contraire, le plus puissant de tous les acides.

L'azote de l'atmosphère est journellement transformé en acide azotique qui accompagne toutes les pluies et se manifeste à nous par la formation du salpêtre.

Ainsi, bien que les agents atmosphériques soient assez lents dans leurs actions, ils sont cependant les plus puissants.

19 - D'ailleurs, à cette action chimique, s'en joint une autre qui a encore son siège dans l'atmosphère et qui amène des résultats tous semblables; nous voulons parler des changements de température. Un grand nombre de pierres absorbe très facilement la vapeur d'eau atmosphérique, les eaux de pluie ou souterraines. Si cette eau vient à se congeler dans les parties superficielles, elle augmentera de $\frac{1}{16}$ de son volume et fera éclater la paroi extérieure de la roche. Il est connu, que les alternances de grande chaleur et de grand froid, altèrent la cohésion de la pierre. Il en est de même des alternances de grande sécheresse et de pluies abondantes. En Algérie, par exemple, quand les roches sont demeurées pendant plusieurs mois, exposées à une température de 40° , et que survient une averse, on voit la pierre se fissurer et ouvrir ainsi de nouveaux accès aux gaz de l'atmosphère.

Les végétaux eux-mêmes attaquent les roches. Leurs racines en pénétrant dans les interstices qui se sont ouverts à la suite des phénomènes dont nous nous sommes entretenus, y déterminent des tensions qui concourent à la désagrégation de la roche.

20 - L'atmosphère, avons-nous dit, est encore un agent géologique en ce qu'il est le moteur naturel des particules minérales incohérentes. Les vents transportent parfois à de grandes distances, des parties solides. Nous ne citerons que quelques exemples de ces

transportés lointains effectués par la force du vent. On a vu à plusieurs reprises, les cendres du Vésuve, transportées à Constantinople.

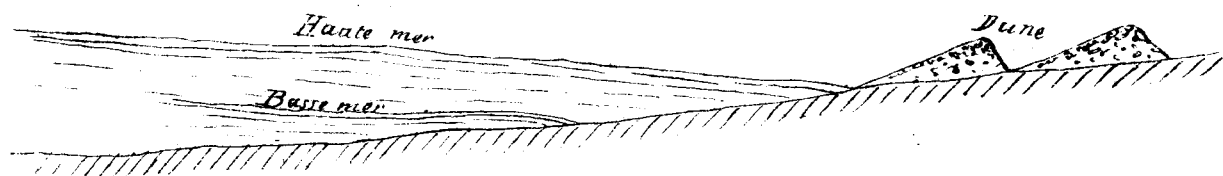
En 1783, un brouillard sec, couvrit une très grande partie de l'Europe. Il fut observé à Paris et à Copenhague du 18 Juin au 18 Juillet. Les touristes des Alpes constatèrent qu'il s'éleva fort haut; par assez cependant, pour qu'on n'ait pu le dominer de certaines stations élevées. C'était une explosion volcanique de l'Islande qui avait lancé ses bouffées au mois de Mai. Les navigateurs purent le suivre jusqu'au point d'où elles étaient parties.

En 1763, le sable du Sahara, fut transporté jusqu'au pic de Gênerisse, qui se couvrit d'une calotte blonde. Les navigateurs rapportèrent en Europe, des échantillons de ces enduits pulvérulents, et l'on put très facilement reconnaître au microscope, tous les détails d'aspect qui caractérisent le sable du désert. Mais le phénomène géologique le plus important qui s'accomplisse par la force du vent, est celui du transport des dunes.

21 - Supposons une plage bien plane, plongeant lentement sous les eaux. Une partie de sa surface est mise à sec pendant la basse mer; si en même temps le soleil est chaud, cette portion du rivage, ainsi mise à sec, sera bien vite desséchée, et le vent soufflant du large, mettra une certaine masse de sable, à l'abri de toute invasion ultérieure de la mer, en le chassant sur une portion du rivage, qui n'est jamais baignée par la haute mer. Ces accumulations de sable portent le nom de dunes. La dune a la forme d'un monticule à pente très douce, du côté d'où souffle le vent; à pente, au contraire, très inclinée, du côté opposé. L'action du vent, pousse constamment les particules sableuses, vers le haut de la dune, en les faisant monter sur le rampant du talus à pente douce, tourné vers la mer. Il s'en suit que l'angle que forme avec l'horizon, la paroi opposée, tend sans cesse à augmenter, jusqu'à ce qu'il soit devenu assez grand

peut atteindre l'angle limite ; sous lequel le sable peut se soutenir sans glisser ; Alors, il y a éboulement de cette paroi ; la dune prend une plus large base, et par conséquent, avance d'une petite quantité, vers l'intérieur des terres. C'est la répétition permanente de ce phénomène au moins quand souffle le vent, qui amène le déplacement des dunes ; leur mouvement de progression vers l'intérieur des terres.

L'on peut très bien observer la marche des dunes, sur les côtes de Gascogne, depuis l'embouchure de la Gironde, jusqu'à celle de l'Adour.



La plage est basse, nue, sablonneuse, et se relève très lentement vers le massif central de la France. La côte est rectiligne, car elle résulte de l'intersection de deux plans. Celui de la plage, et celui de la surface des eaux. L'on y observe quatre ou cinq alignements de dunes ; qui se suivent parallèlement. Leur vitesse de progression est de 19 à 23 mètres par an. Il en est cependant quelques unes qui n'avancent que de 10 mètres. Il y a une centaine d'années encore ; l'ancien, éloigné, il est vrai, de la ville de Bordeaux était menacé par cette invasion de sable. On avait calculé que dans 2000 ans, la ville aurait subi un commencement d'ensablement. L'ingénieur Brémontier est parvenu à les fixer en y plantant des pins. D'ailleurs les plus faibles obstacles suffisent d'ordinaire à arrêter la marche des dunes. En Danemark, on les a fixés au moyen d'un tout petit végétal. La superficie occupée par les dunes

en France, est de 78.000 hectares ; 63.000 hectares sont aujourd'hui fixés, le surplus le sera dans 5 ou 6 ans.

On remonte des dunes dans la Loire - Inférieure, le Pas de Calais, le Nord, et de là marchant vers l'Est, elles se poursuivent jusqu'en Hollande. Il y a des dunes très considérables sur les Côtes de l'Afrique Occidentale et en Australie. Nulle part elles n'ont avancé d'une quantité très considérable, ce qui prouve que les contours actuels des rivages, ne remontent pas à un très grand nombre d'années.

22 - Les eaux se partagent en eaux sauvages, eaux nivelées et eaux courantes. Les eaux sauvages sont celles qui ruissellent dans les interstices du sol, ne sont pas recueillies dans un lit, et pénètrent dans les profondeurs aussitôt qu'elles sont tombées. Elles ont souvent une action très puissante. Non seulement, elles provoquent l'altération superficielle des rochers, mais elles déterminent parfois la chute d'énormes rochers, et même de quartiers de montagne.

Il y a sur les limites du canton de Berne et du Valais, une montagne que l'on appelle les Diablerets. Elle fut souvent exercée au moyen âge, parce que les paysans du Valais, la regardaient comme le vestibule de l'enfer. Elle présente cinq sommets : deux de ses pics, minés par les eaux circulant dans des interstices sans cesse agrandis par leur action lente se sont éboulés, l'un en 1714, l'autre en 1749.

Il y a en Suisse une autre montagne que l'on appelle le Rossberg. Elle fait partie d'un chaînon alpin faisant face au Rigi, qui sépare le canton de Schwyz du canton de Zug. La partie supérieure de cette montagne, est formée d'une roche composée de cailloux, noyés dans un ciment argileux. Les cailloux, ainsi jetés dans une pâte, apparaissent comme des têtes de clous fichés dans de la glaise, ce qui a valu à la roche

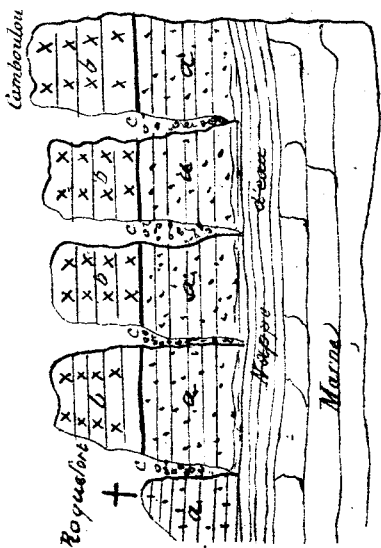
le nom de Magellin (Côte de don) Les pluies qui tombent sur les rochers , se glissent dans les interstices qu'y ouvre la gelée , ramol-
-lissent le ciment qui agglutine les parties dures , et s'élimine insensiblement . Des cavernes souterraines se forment peu à peu , et des quartiers de rochers , s'éboulent dans la vallée .

En 1354 , un village appelé Unrothbey a été enseveli par la chute d'une partie de la montagne .

En 1712 et en 1795 , se sont produites d'autres éboulements .

Mais le plus redoutable fut celui qui eut lieu le 27 ^{bre} 1806 , en donna le docteur Laj, qui séjourner dans le voisinage à Oeth , fut témoin oculaire . Un craquement terrible se fit entendre dans le Roosberg , en peu après , il s'éboula un quartier de montagne qui n'avait pas moins de une lieue de long , 324 mètres de large , et 32 mètres de profondeur . Quatre villages , Goltan , Ræthbey , Ober et Unter Ruwigen , furent ensevelis sous ces débris .

Il en est de même près d'Enns , sur la route qui conduit de Coire à la Via Mala . La route est bordée d'amas coniques , qui sont dus à l'éboulement des montagnes voisines , provoqué par l'érosion des eaux sauvages .



Les caves si célèbres de Roquesolre , ont une origine presque semblable .

Ces caves sont de grandes crevasses , ouvertes dans des calcaires résistants à l'éb qui reposent sur des argiles calcaires Noires inclinées , que les eaux intérieures , ont peu à peu rongées . Les calcaires manquant ainsi de points d'appui , ont glissé et se sont fendus , sous l'action des étirements intérieurs provoqués par

ces. porte à l'aide . Le croquis ci-joint , montre très nettement comment le phénomène a pu se produire .

23 - La quantité d'eau qui tombe annuellement , varie beaucoup avec la situation géographique et surtout l'altitude . A Paris et à Berlin , il ne tombe tous les ans que $0^m 56^c$; à Bruxelles et à Londres $0^m 62^c$; à Vienne $0^m 40^c$; à St Pétersbourg $0^m 46^c$; à Genève $0^m 82^c$; au St Bernard $1^m 24^c$; à Alger $0^m 89^c$. En général , toutes les autres conditions étant égales d'ailleurs , il pleut davantage dans les pays montagneux . En effet , les cimes élevées attirent les nuages , et en déterminent la condensation par contact . Les pluies les plus abondantes ont lieu dans la région équatoriale . Dans les Antilles , il tombe jusqu'à 8 mètres d'eau . En général , les rivages reçoivent plus d'eau de pluie , que l'intérieur des continents . Il pleut extrêmement peu dans les régions du continent africain éloigné du rivage , et même dans le voisinage des côtes , si une surface y est envahie par le sable , elle n'est plus arrosée par les pluies .

24 - Les eaux nivelées sont les eaux des mers , des lacs et des étangs . Nous ne nous occuperons que des mers . Le fond de l'Océan a été étudié pendant ces dernières années avec beaucoup de soin à l'occasion de la pose des câbles télégraphiques qui relient aujourd'hui à travers les mers , les divers continents . Les américains en particulier , se sont occupés avec ardeur à cette tâche . Grâce à leurs laborieuses études , l'on peut aujourd'hui se rendre un compte presque exact de la forme du lit de l'Océan . S'on voit qu'il présente comme les continents une série de montagnes , de vallées et de plateaux , que toutes les allures du relief terrestre sont reproduites au fond des eaux , et que les continents ne sont que les restants les plus élevés du globe considéré dans son ensemble .

La profondeur maximum accusée par la sonde a été de 9 Kilomètres . Cette cote est égale , mais ne dépasse pas celle des plus hautes saillies du globe . Il en résulte , que si la mer

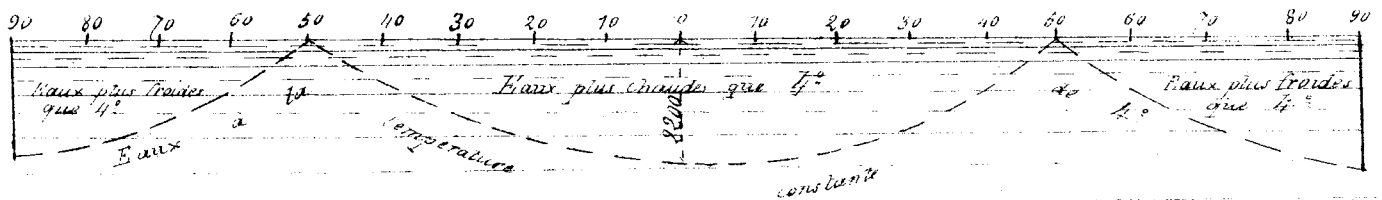
venait à se retirer, de manière à nous permettre de pénétrer à pied sec, dans la dépression qu'elle occupe. Les plus hautes vallées scythiques de 15 à 18 Kilomètres. Il est à remarquer que les plus grandes dépressions sous-marines, sont placées dans le voisinage des plus hautes sommets terrestres. C'est en vue de l'Himalaya que le sonde est descendue le plus bas, dans l'Océan Indien; en vue des montagnes rocheuses, que sont les plus grandes profondeurs du Pacifique septentrional, en vue des Alleghany, les plus grandes profondeurs de l'Atlantique Nord. Il en est de même dans la Méditerranée. C'est dans le voisinage du massif du Mont-Blanc, que sont les plus grandes dépressions. Le lieutenant Maury, a coordonné tous les résultats fournis par les sondages dans l'Atlantique, il a dressé une carte où sont tracées les courbes de niveau du fond de l'Océan de 1800 en 1800 mètres. Nous ne décrirons pas ses reliefs que l'on peut appeler négatifs, si on les rapporte au sphéroïde moyen des eaux, comme surface de comparaison. Un coup d'œil jeté sur les cartes représentant le fond de l'Océan Atlantique et de la Méditerranée qui figurent aujourd'hui dans tous les traités de Géographie, donne une idée plus exacte de la forme du Sol Sous-Marin, que ne pourrais-je faire sur long commentaire.

La profondeur moyenne des mers est de 3500 mètres. Si on les supposait nivelées à la surface du globe, leur profondeur serait de 2568 mètres. Elles occupent le volume d'une sphère de 60 lieues de diamètre.

La profondeur des eaux est d'ailleurs toujours assez faible pour que si l'on joint les rives des deux continents, la flèche de l'arc ainsi déterminé soit plus grande que la profondeur de la mer de telle façon que son lin reste toujours convexe dans l'ensemble. Un tunnel qui joindrait Paris et Vercenève, ne remonterait pas l'Océan. La Manche est si peu profonde que si les eaux s'abaissaient de 2 mètres

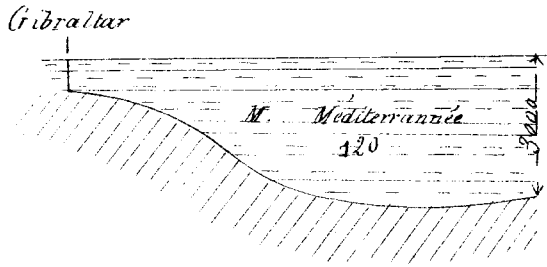
un tram fond viendrait au jour entre la France et l'Angleterre ; si elles s'abaissaient de 51 mètres, l'on pourrait se rendre en Angleterre à pied sec. Les pentes sont si ménagées que l'on pourrait presque partout établir des voies ferrées sur le fond des mers, sans que leur inclinaison dépasse celle des embranchements de nos grands réseaux. Les câbles télégraphiques reposent partout sur le fond et ne sont nulle part suspendus entre deux cânes.

25 - Les eaux de la mer présentent un certain intérêt au point de vue de leur température. On peut dire que la température générale de la mer à toute latitude, est de 4° , température à laquelle l'eau atteint son maximum de densité. En effet, il n'y a que les couches superficielles de l'Océan qui participent aux variations de température dues à l'influence de la latitude. Quel que soit le point où l'on se trouve, l'on remonte à peu de distance de la surface, la masse d'eau, donc la température est constante.



Faisons une coupe méridienne de l'Océan, et supposons que ce profil soit rectifié, on peut tracer la figure ci-jointe, qui exprime nettement le phénomène - à l'équateur, la température de 4° se manifeste à 2200^m au dessous de la surface. La ligne isotherme de 4° passant dans le voisinage de 50° de latitude, sépare les eaux superficielles, qui ont une température supérieure à 4° , de celles qui sont plus froides. C'est ce milieu, à 4° qu'habite la baleine. Quand elle vient respirer à la surface, elle rencontre des eaux plus

chaudes que celles qui lui conviennent, ou la voit disparaître de nouveau, pour se replonger dans la masse d'eau à température constante.



Cette loi si simple, ne s'applique qu'à l'Océan. Les mers intérieures, au à toute profondeur des températures qui diffèrent de 4°. La Méditerranée, par exemple, atteint très peu après la passe de Gibraltar des profondeurs de 3000 mètres. La température moyenne des eaux, y est cependant de 12°. C'est la raison de la constance des climats

méditerranéens, et aussi celle qui empêche la migration des poissons et même des mollusques, de l'Océan dans la Méditerranée.

26 - L'étude des vents alizés, nous a montré l'élément gazeux engagé dans un courant circulaire. L'air froid des pôles, vient se réchauffer dans la région des tropiques, puis revient à son point de départ, par des routes dont on commence à deviner la direction, adouci le froid rigoureux des climats septentrionaux. La température constante des eaux de la mer à toute latitude, à partir d'une certaine profondeur, doit nous faire soupçonner que les eaux de l'Océan, possèdent un mouvement circulaire tout semblable qui concourt au même but, à savoir : l'équilibre général de leur température. Ces courants existent en effet. Certaines parties de l'Océan sont entraînées dans un mouvement continu, et suivent des courbes fermées d'un développement immense. Ce sont les courants, qui comme de véritables fleuves, suivent certaines routes tracées dans la mer. Christophe Colomb paraît être le premier navigateur qui ait observé ce phénomène. Il remarqua que les eaux de

certaines parties de l'Atlantique, suivent un cours analogue à celui des autres. Les eaux, disait-il, cheminent comme les étoiles. Depuis lors, cette étude a été reprise par d'autres navigateurs et aujourd'hui sur toutes les cartes marines, sont tracées les directions des courants.

Le plus puissant d'entre eux est celui qui résulte de l'ensemble du courant équatorial et du courant du golfe. Le courant équatorial paraît avoir pour point de départ, la région de la côte occidentale d'Afrique comprise entre la Cascairie et le Cap de Bonne Espérance. Il se dirige d'abord vers l'Amérique et passe devant Rio-Janeiro (Brésil). Il cotoye les Guyanes et pénètre dans le golfe du Mexique entre le Yucatan et l'île de Cuba. C'est là qu'il prend le nom de courant du Golfe. En effet le golfe du Mexique joue à son égard, le rôle que joue la chaudière dans les appareils à circulation d'eau chaude. Il ressort du Golfe entre Cuba et la presqu'île de la Floride sous la forme d'un torrent de 300^m de profondeur, animé d'une vitesse de 8 kilomètres à l'heure. Les eaux, sont d'un bleu indigo qui tranche nettement, avec les eaux d'un vert jaunâtre du reste de l'Océan.

Cette immense quantité d'eau dont l'Amazone et le Mississippi ensemble, ne représentent pas la millième partie, animée d'ailleurs d'une vitesse bien plus rapide que ces fleuves, a constamment une température de 15° supérieure à celle des rives liquides entre lesquelles il circule. A partir de la Floride, il suit le littoral des États Unis, jusqu'au banc de Terre Neuve, et c'est là que l'on peut le mieux se rendre compte du rôle qui lui est dévolu : équilibrer les températures extrêmes des divers climats. En effet, à Terre-Neuve, il vient se briser, se réfléchir sur d'immenses blocs de glace, nous devrions plutôt dire des montagnes de glace, puisque le poids de l'une d'elles, a été estimé 2000 milliards de kilogrammes, nous voulons parler de ce bloc qui entraîne à 300 lieues vers le

And, le vaisseau du lieutenant de Haven. Les eaux du courant amènent la fusion partielle de ces glaces flottantes ; les limons et les sables entraînés avec elles, sont abandonnés à l'action de la pesanteur, et forment un vaste atterrissement. Le banc de Terre-Neuve, et les petites îles qui l'avvoisinent, n'ont pas une autre origine. Mais dans ce choc, le courant se trouve brisé et divisé en plusieurs branches. L'une d'elles se dirige vers le nord de l'Europe, vers l'Islande apportant aux habitants de cette contrée, le seul combustible qu'ils aient à leur disposition : les troncs et les branches des arbres empruntés au sol de l'Amérique. Le climat de cette île, qui se trouve placée à la latitude de la Sibirie, est tempéré par le courant, au point, que tous les voyageurs affirment que les hivers y sont peu rigoureux. Une autre branche se dirige vers les îles britanniques et l'Écosse, une autre vers la Bretagne, et les eaux ainsi entraînées, ont conservé encore assez de chaleur, pour atténuer singulièrement le climat de cette contrée ; car l'on sait que sur les côtes de Bretagne le figier mûrit, et donne des fruits comme en Provence. Enfin il se porte vers le Portugal et l'Afrique, où son cycle vient se fermer.

Après avoir remoutré les glaces de Terre-Neuve, ces eaux ont conservé encore assez de chaleur, pour que des vaisseaux menacés d'être emprisonnés par les glaces, sur les côtes du Groënland, aient pu en manœuvrant avec célérité, et se plongeant dans les eaux du courant, voir fondre presque immédiatement les glaces qu'ils chatoient avec eux.

Au centre de ce cycle, est un triangle compris entre les Açores, les îles Canaries, et les îles du Cap-vert. Cette portion de l'Atlantique a été appelée par les marins : Mer des Sargasses. Toutes les herbes arrachées au rivage qui a cotoyé le courant sont toutes rassemblées en ce point qui est réputé comme le centre. On sait que lorsqu'on agite l'eau d'un bassin, en lui imprimant un mouvement rapide dans un sens à peu près parallèle à ses parois, la surface liquide se déprime au

centre, et toutes les parties flottantes s'y rassemblent. et^l serait-ce pas là l'explication de ces accumulations de végétaux?

On a reconnu l'existence d'un autre courant dans le Pacifique, d'abord un courant équatorial, puis un second courant, très semblable à celui du golfe, que l'on peut suivre sur les côtes de Chine et du Japon. Il y a longtemps parait-il que ce courant est connu des géographes japonais qui ont tracé son cours sur toutes leurs cartes, sous le nom de Kuro-Siwo. Le lieutenant Murray en place l'origine dans l'Océan indien, qui abrité des vents du nord, par la vaste chaîne de l'Himalaya, possède évidemment une haute température. D'ailleurs, bien que ces études soient très intéressantes, elles présentent encore bien des lacunes. Ses origines nous échappent et par conséquent aussi, les liens qui réunissent tous ces systèmes circulatoires.

27. — La mer est encore soumise à d'autres mouvements. Il en est quelques unes qui reçoivent plus d'eau, par le tribut des fleuves qui y débouchent, qu'elles n'en perdent par l'évaporation annuelle; leur niveau tend constamment à s'élever, et leurs eaux s'écoulent dans d'autres bassins, par les détroits qui les relient.

La mer Noire est dans ce cas. Elle reçoit les eaux des plus grands fleuves de l'Europe: le Danube, le Dniestër, le Dnieper, le Don, le Kouban. Du côté de l'Asie, elle reçoit encore le Kizil-Demack, et le Sakaria. Elle communique avec la Méditerranée par le Bosphore, la mer de Marmara et le Déroit des Dardanielles. Tout le monde sait que le courant du Bosphore, est extrêmement violent.

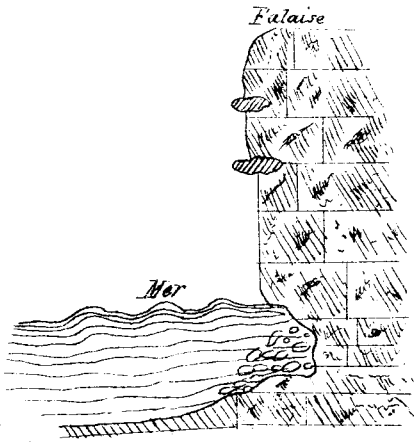
La mer Rouge, est au contraire, une espèce de lac, qui ne reçoit les eaux d'aucun fleuve important; son niveau tend constamment à baisser, et il est maintenu par une venue d'eau qui pénètre dans le golfe d'Aden et entre par le déroit de Babel-Mandeb, dans le golfe Arabique.

La Méditerranée toute entière, est d'ailleurs dans les mêmes conditions. Elle reçoit moins par les fleuves qui s'y jettent, qu'elle ne perd par l'évaporation; elle est sans cesse alimentée par Gibraltar.

Ainsi existe-t'il une différence de niveau très sensible entre le niveau moyen des eaux de l'Océan et le niveau de la Méditerranée. Dans le nivellement effectué par M. Bourdaloue, des rivages de la Méditerranée à ceux de l'Océan, on a trouvé jusqu'à 1 mètre, aux environs de Bordeaux.

28 - Indépendamment de ces mouvements si remarquables, qui sont propres à certaines parties de l'Océan, il en est d'autres plus généraux encore, qu'il importe de connaître. Sous l'influence combinée de la lune et du soleil, il s'élève à la surface des eaux, le long d'un méridien, une immense vague, qui accomplit chaque jour deux révolutions autour de la terre. C'est le phénomène des marées. Enfin, les vents en ravant la surface des eaux, leur impriment des mouvements qui les poussent au rivage vers lequel ils soufflent. Cette agitation permanente des eaux, mérite de nous arrêter tout particulièrement parce qu'elle est l'origine de phénomènes géologiques très remarquables.

29 - Les eaux lancées contre les rochers qui bordent les côtes, les détachent, les charrient, jusqu'à ce qu'elles soient arrivées dans une portion du bassin, où pour une raison quelconque le mouvement a cessé. Il y a alors dépôt. L'érosion exercée par le balancement des vagues, s'observe très nettement sur les falaises des côtes de Normandie. Les remparts rocheux qui forment la côte, sont en grande partie constitués par un calcaire crayeux, traversé par des cordons de Silex. Le flot corrode par son impulsion propre, la paroi crayeuse, et projette sans cesse sur elle, les cailloux siliceux qu'elle a détachés et dont elle use comme de béliers pour la battre en brèche. La base de la Falaise est peu à peu minée, jusqu'à ce que l'excavation qui a été pratiquée à sa base, soit assez profonde



peut amener la chute de la partie supérieure, suspendue en porte à faux. Tous les riverains de la Côte de Normandie connaissent parfaitement le recul des falaises. Les silex en frottant sans cesse, s'usent les uns les autres, s'arrondissent par ces contacts mutuels : et il y a dépôt des produits de cette trituration générale ; c'est-à-dire qu'il se forme et qu'il se dépose, des galets, des sables et des limons. À marée basse, on peut observer tous ces phénomènes. Au Havre, par exemple, on voit les cailloux, les galets de silex, qui bordent le rivage, et vers le large, là où les mouvements de l'eau sont pour ainsi dire, moins brusques, des sables de plus en plus fins.

Ces effets se reproduisent sur les millions de Kilomètres de Côtes, et à raison de l'immense développement des surfaces ainsi rongées, l'on conçoit aisément que la mer est le plus puissant agent d'érosion et de trituration.

L'on s'étonne parfois que l'eau qui est une substance si mobile, puisse ainsi exercer sur les roches des actions si puissantes ; et cependant, l'expérience nous apprend, que des agents bien moins actifs, sont à même de produire des effets tout semblables. On sait qu'il existe des animaux qui perforent le bois ; il en est d'autres qui s'attaquent à la pierre. Ces derniers sont les *Trilobites*, animaux à tissus essentiellement mous. On a cru qu'ils pouvaient sécréter des liquides acides capables d'attaquer les calcaires, par voie de dissolution ; mais on les a vus à l'œuvre sur des roches granitiques, sur lesquelles, les acides sont impuissants, et l'on a pu observer qu'ils pratiquaient des excavations dans ces roches, aussi bien que dans les calcaires. Les oursins qui ont un test calcaire attaquent parfaitement le granit, et s'y ouvrent des loges. C'est le frottement d'un organe mou, mais animé d'un mouvement

vibratoire rapide et prolongé, qui a pu creuser ces cavités. Comment donc s'étonner que les flots, qui tiennent en suspension, des corps durs sans cesse balancés, puissent produire les mêmes effets?

Ainsi, la mer en vertu de ses mouvements, tend sans cesse à produire de la terre ferme, 1^o Elle amène dans son bassin des matières solides provenant de la démolition des continents, 2^o Ses débris sont transportés au large par des courants, ou bien si ces derniers suivent le littoral, ils sont étalés sur les rivages.

30 - Nous sommes amenés à parler ici d'un phénomène tout différent, mais qui a des traits de similitude avec celui que nous venons d'étudier, en ce que, comme lui, il tend à amener dans les mers des parties solides.

La vie existe dans l'Océan à bien des niveaux. Il est habité par des espèces innombrables de mollusques et de Zoophytes, à test calcaire. Ces animaux fixent sans cesse dans les parties solides de leurs organismes, le carbonate de chaux dissous dans la mer. Ils savent faire passer à l'état solide cette substance qui était d'abord à l'état de dissolution; absolument comme les végétaux savent soustraire la petite quantité de Carbone qui entre dans l'acide carbonique atmosphérique, pour la fixer dans leur tison. Après la mort, les débris de ces animaux sont abandonnés aux vagues, comme des éléments inertes. Au milieu des limons déposés par la mer, on trouve presque toujours des quantités considérables de coquilles. A Lorient on voit ces débris en très grand nombre, au milieu d'une vase argileuse, qui résulte de la trituration du granité de la côte. Il y a même des points où les générations successives de ces animaux à test calcaire, à peine mélangés de sable et de limon, constituent pour ainsi dire, le lit de la mer dans certaines anses, ouvertes dans des côtes granitiques, et si nous citons ces exemples, c'est par ce qu'il semble que ce soit là, que le phénomène puisse se

moins se produire . Sur les côtes de la Norwège par exemple , on voit les courants littoraux apporter tous les jours des convois de ces coquilles triturées , ou de débris de madrépores . Au Cap nord et dans la Laponie , ces sables madréporiques , sont recueillis par les habitants , pour la fabrication de la chaux . Près de Cocarneau , en Bretagne , on drague avec activité ces débris calcaires que l'on désigne sous le nom de Mécrite . A tous les étages géologiques on retrouve des témoignages d'anciens fonds de mer , composés ainsi exclusivement de coquilles . Ces roches sont si abondantes , qu'on a dû leur donner un nom , ce sont les *Innacbelles* .

Dans le monde vain- que les polypiers , sont de véritables constructions sous-marines . Ils élèvent des récifs le long des côtes des mers tropicales dans les régions les plus agitées . Ils s'accroissent encore en fixant le calcaire dissous dans la mer . Ils entourent également les îles de récifs annulaires . Ces îles en partie effacées , en vertu d'un mouvement lent et graduel d'affaissement que subit le fond de l'Océan pacifique , se réduisent aujourd'hui à la muraille circulaire , que les générations successives de ces travailleurs infatigables , ont toujours maintenu à fleur d'eau , à mesure que le fond de l'Océan tendait à s'abaisser . Ces enceintes , coralliennes , qui présentent une ou plusieurs brèches , permettant à la mer d'entrer librement à l'intérieur , sont appelées par les navigateurs *Atolls* .

Il existe encore bon nombre de roches qui ont été formées par l'accumulation de très petits animaux , dont les générations se sont succédées ; chacune d'elles servant pour ainsi dire de support à la génération suivante . Aux environs de Compiègne , on voit des roches intérieurement formées de petits êtres calcaires , d'une organisation spéciale ayant la forme discoïde d'une petite pièce de monnaie , et que pour cette raison on a appelé *nummulites* . Ils atteignent parfois la dimension d'une pièce de 0^e50^e .

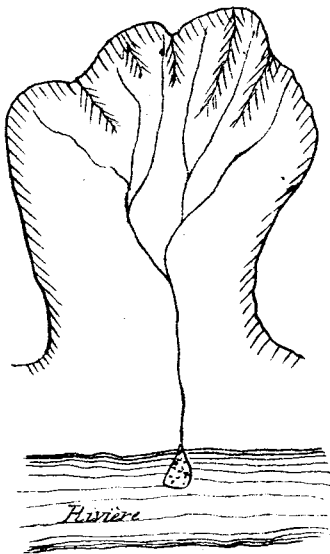
La pierre à bâtir des environs de Paris est entièrement composée de l'accumulation d'êtres maxims de la même famille ; mais plus petits encore . Leur plus grande dimension ne dépasse jamais $0^m 001$. Ils ne sont visibles qu'à la Loupe . Ils appartiennent à la grande famille des Foraminifères . Un mètre cube de pierre à bâtir à Paris , renferme au minimum 3000 millions de ces petits animaux . Ce sont les premiers constructeurs de Paris . Ce sont eux aussi qui ont façonné la pierre employée à la construction des pyramides d'Égypte . Cette famille n'est d'ailleurs pas éteinte aujourd'hui , et travaille sous nos yeux avec une activité qui fait le désespoir de certains gouvernements . Dans la mer du Nord et la Baltique , ils ont créé des hauts fonds dangereux pour la navigation en ils tendent constamment à encombrer l'entrée des ports . Ils ne sont point cependant cantonnés dans le Nord , car le port d'Alexandrie , est sans cesse envasé par les débris de ces animaux , et il ne peut manquer tôt ou tard , d'en être complètement obstrué .

Il existe des êtres plus petits encore dont les débris constituent des couches puissantes et continues . Ils exigent le microscope pour être aperçus . Leur dimension est à peine de $\frac{1}{100}$ de mm . Ce sont eux qui ont séparé de la mer pour la fixer dans leur sein , le carbonate de chaux qui constitue la craie des environs de Paris , de la Belgique et des côtes du Danemark . C'est par milliards qu'il faut les compter au mètre cube .

Ajoutons que les sondages exécutés dans le Pacifique et l'Océan Indien , ont montré qu'il existe dans ces mers profondes , des spongiaires , qui séparent sans cesse des eaux pour l'amasser dans leurs spicules , la silice qui y est dissoute .

31 - Les eaux courantes sont celles qui ne pénètrent pas dans les interstices du sol ; mais sont recueillies dans un lit

et coulent à la surface. Ce sont les torrents, les ruisseaux, les rivières et les fleuves. Le torrent est le type le plus général d'un cours d'eau. Trois parties sont à y distinguer. Le bassin de réception, le canal d'écoulement, le cône de rejet. Les hautes vallées sont terminées par des demi-cirques; c'est le bassin de réception des eaux torrentielles. Le sol, de ces régions élevées est ondulé, et offre de plus nombreux où coulent des filets d'eau. Dans cette région le plan d'eau est très voisin des lignes culminantes des berges qui l'encaissent. La vitesse de l'eau y est extrêmement rapide. Dans les Alpes, quand survient une pluie violente, ou bien qu'un courant d'air chaud vient à frapper les masses de neige qui constituent les glaciers on voit le sol aussitôt raviné par ces ruisseaux superficiels. Mais quand la vallée vient à s'élargir, ces cours d'eau



ramifiés se fondent en un canal unique. C'est le canal d'écoulement. Dans cette région le plan d'eau est déjà sensiblement éloigné des lignes de faite qui l'encaissent. Les pentes sont plus douces et la vitesse moindre. Enfin, l'on voit apparaître un autre phénomène. Jusques là le torrent avait raviné le sol, il avait roulé avec lui les matériaux accumulés à ses rives, mais vers l'extrémité du canal d'écoulement commence la contre-partie de l'érosion, c'est-à-dire le dépôt.

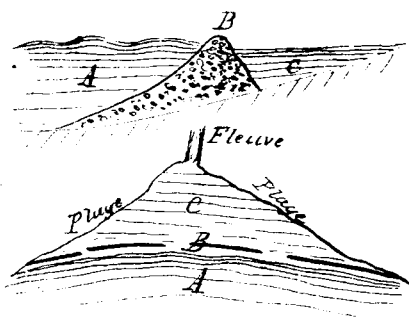
La vitesse fait défaut au cours d'eau; il ne peut plus repousser devant lui ses galets et ses sables, et à sa jonction avec la rivière où il débouche, il abandonne tous ces matériaux sous la forme d'une langue d'atterrissement. C'est le cône de rejet.

La rivière se détourne pour éviter cet obstacle ou l'emporte au moment des crues.

32 - Les fleuves reproduisent tous ces traits principaux. Ils prennent naissance dans les vallées élevées. Leurs pentes deviennent de plus en plus douces à mesure qu'ils s'approchent de leur embouchure; en ce point, ils abandonnent les limons qu'ils ont charriés pendant leur cours sous la forme de vastes atterrissements.

Le cours d'un grand fleuve, est évidemment la ligne qui raccorde les points de plus basse altitude, d'une enceinte montagneuse formant un bassin hydrographique. Il en résulte, que l'embouchure du fleuve, est le point de plus basse altitude de tout le bassin; or, d'ordinaire, les côtes ne s'enfoncent pas brutalement sous la mer, le lit du fleuve et le fond de la mer, sont sur une très grande étendue à peu près au même niveau. Si la contrée littorale, n'est pas parfaitement plane, la mer tendra à pénétrer profondément dans les terres et à y former un golfe sans rivages bien définis.

Mais ici, se manifeste un phénomène des plus remarquables. Sur les plages basses, le mouvement des vagues est gêné par le fond, l'agitation de l'eau se concentre à la surface. Il en résulte, que les vagues, ont plus de tendance à rejeter vers la côte, les sables et galets, par le mouvement du flux qu'à les ramener par celui du reflux. Mais c'est là, une rupture d'équilibre qui ne peut subsis-



ter. La mer, travaille son fonds et le faconne près du bord en lui donnant une inclinaison telle que les deux tendances à rejeter et à ramener, deviennent égales. Il en résulte des levées de galets et de sable le long des bords B formant des rivages naturels, qui sont

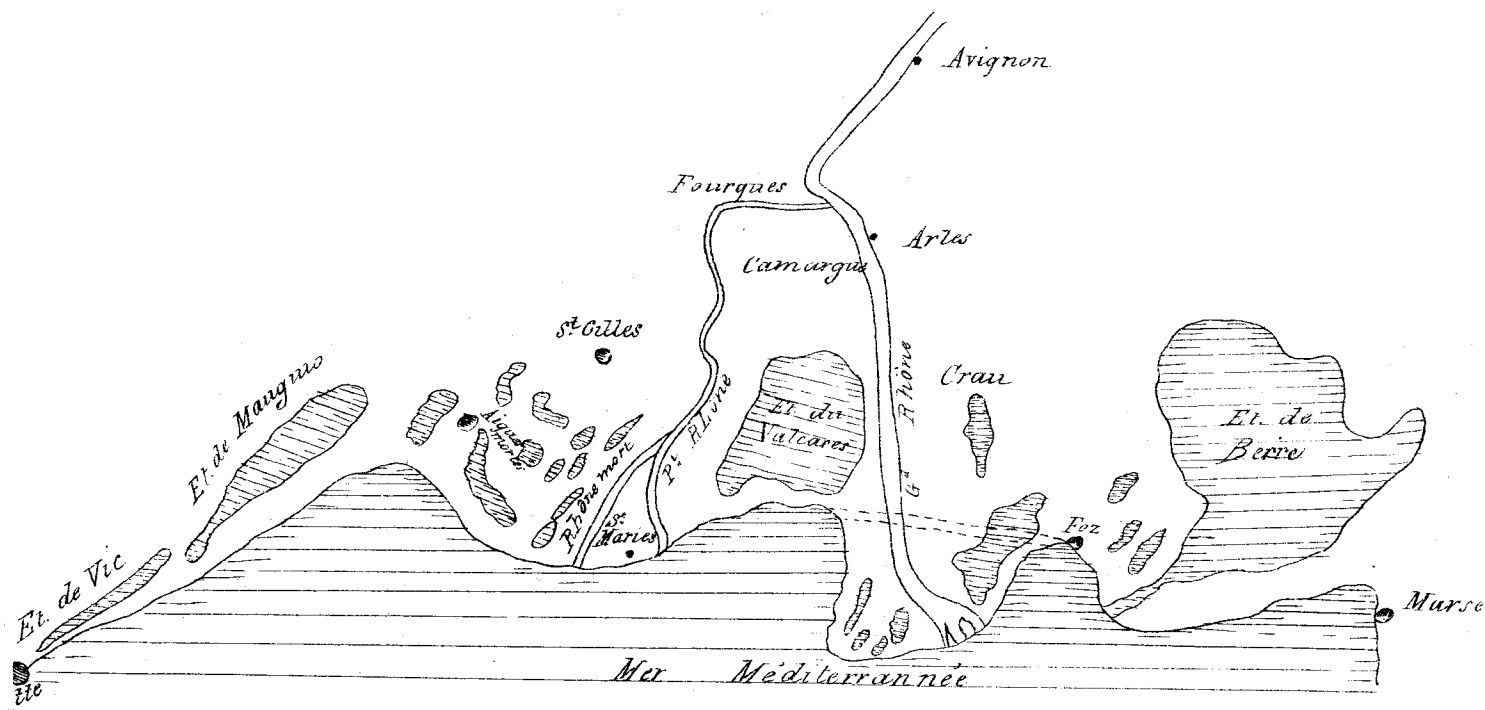
comme les prolongements virtuels du véritable rivage. Les barrages, ou cordons littoraux, séparent la haute mer A d'avec des marécages salés de véritables lagunes C formant des ports naturels, parfaitement abrités des vents. Les cordons littoraux, présentent toujours quelques brèches, qui permettent aux navires d'entrer dans ces ports. Mais le fleuve arrivé dans ces lagunes, y abandonne ses limons et tend à les combler. Il y a des fleuves qui ont accompli cette tâche, d'autres qui ne l'ont pas terminée.

2 Venise est le Brenta. Ce fleuve débouche dans la lagune où est bâtie la ville, dont les maisons, ainsi qu'on le sait, sont assises sur pilotis. Le cordon littoral, qui détermine ces lagunes, n'est autre que le Lido. Mais quelqu'effort que puissent faire les Vénitiens, pour s'opposer à l'envasement de leurs lagunes, ils ne pourront mener à bonne fin cette entreprise. Venise est destinée à être un jour rayée du nombre des villes maritimes.

Il y a des fleuves qui ont non seulement comblé leurs lagunes, mais ce sont ouvert une route à travers le cordon littoral, et ont porté leurs limons jusque dans la haute mer.

55 - Entre Celle et les bouches du Rhône, et même au delà, on remarque sur la contrée littorale, une série d'étangs, que l'on compte par centaines dans le voisinage du rivage. Tous ces étangs sont abrités derrière une levée de galets et de sable, un cordon littoral. A un kilomètre en amont d'Arles, au village de Fourquet, qui tire probablement son nom de ce fait, le fleuve se sépare en deux branches : grand et petit Rhône. Si cependant, l'on compare nos cartes avec les descriptions qu'on a laissés les anciens, on reconnaît qu'il manque trois branches, l'une d'elles est encore visible : C'est le Rhône mort. Deux autres branches se devinent facilement dans le Languedoc. C'étaient deux branches occidentales débouchant dans l'étang de Mauguio ou ses tributaires.

Il résulte de l'Etude des lieux comparée avec les documents



historiques que ces bouches ont été obturées pendant ces derniers siècles, et que tous les petits étangs que nous voyons aujourd'hui semés en si grand nombre sur cette côte, isolés de la haute mer par le cordon littoral, ne sont pour ainsi dire que les témoins, les résidus d'un vaste étang, s'étendant depuis Cette jusqu'aux bouches actuelles du Grand Rhône.

Dans toute cette partie occidentale, le contour de la côte, n'a pas varié. Le cordon littoral qui en définit le contour est resté invariable de position. Les lagunes situées derrière ces abris ont seules été ensablées, au moins en partie. Cette fixité du cordon littoral, du rivage véritable, résulte des faits historiques. St. Gilles et Aigues-Mortes, sont placés à des distances très inégales du rivage. Contrairement et dans le même temps ont été ports de mer. Il y a donc eu une époque où ces étangs salés, ont été assez profonds pour permettre

aux vaisseaux d'y aborder. Appelons-nous d'ailleurs qu'île sont toujours mis en communication avec la mer par des brèches ouvertes dans le cordon littoral, des Grans, comme on dit dans le pays du Languedoc.

S^t Gilles a été port de mer, car Louis VII le Jeune, a débarqué en ce point revenant de Syrie (1148). Mais ce port était obstrué quand celui d'Aiguas Mortes était encore ouvert. & l'un voyons l'en-sablement toujours progresser. Au temps de S^t Louis, le port de S^t Gilles était déjà comblé, mais nous savons que ce roi prit deux fois la mer à Aiguas Mortes, s'embarquant pour ses deux expéditions en terre sainte (1248). Ses galères de haut-bord, capables de tenir la mer, naviguèrent sur l'étang de Kepouades, qui aujourd'hui porte à peine des barques et pénétrèrent dans la Méditerranée par le Gran, aujourd'hui obstrué que l'on appelle Gran de Croisette (On reconnaît facilement sous ce nom celui de Croisade. Près du Gran de la Croisette s'en trouve un autre qui porte le nom de Gran du Roi, qu'il ne faut point confondre avec lui.)

De cette exposition des faits ressortent deux conséquences.

1^o Le Rhône coulait autrefois beaucoup plus à l'Ouest, mais il a obstrué lui-même ses conduits et s'est porté vers l'Est. Le Rhône mort est un témoin de ce rejet vers l'Est. Le petit Rhône, sera certainement un jour obstrué et rejeté dans cette direction. 2^o Dans ses diverses positions, le fleuve a ensablé plus ou moins complètement les divers bassins d'une grande lagune. Combinons ces deux faits: En vertu du déplacement de son lit, le jour où le fleuve s'est ouvert le canal, que nous appelons le grand Rhône, il a traversé des régions déjà ensablées, correspondant très probablement à la région la moins profonde de la lagune. Il a pu creuser son lit jusqu'au cordon littoral, et même franchir cet obstacle et aller déposer ses limons jusque dans la haute mer.

Les fleuves à leur embouchure sont comme barrés par la

mer, il en résulte qu'ils y abandonnent leurs limons. De là et de ce qui précède, trois phénomènes a) le fleuve cabousse son lit; b) il le prolonge dans le sens de son cours; c) il tend à se reporter vers l'Est en vertu de la rotation de la terre dans ce sens. La bouche du Grand Rhône, lui-même, se compose d'un certain nombre de canaux, le plus occidental d'entre eux, a déjà subi le sort commun. On l'appelle Canal du Jajon, il est aujourd'hui obstrué. Ce vaste atterrissement forme derrière les lagunes, ainsi que celui qu'il propage sans cesse dans la haute mer, en vertu de l'allongement de son lit, et de son déplacement vers l'Est, constitue ce que l'on appelle le Delta du Rhône. La portion du Delta comprise entre le grand et le petit Rhône est ce que l'on appelle la Camargue.

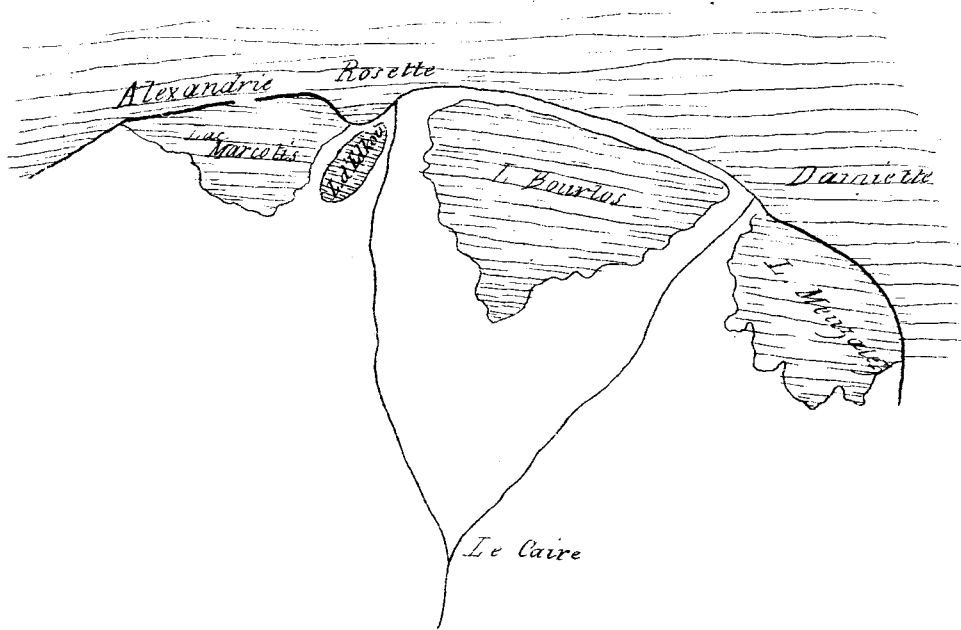
Il existe des données historiques très précises sur le développement du delta au delà du cordon littoral. De tout temps, on a construit à l'entrée du Rhône des tours un peu pour y abriter des phares, un peu pour se défendre des Sarrasins. On en trouve plusieurs construites à la suite les unes des autres sur les rives. Mais ne considérons que celles qui ont été élevées à des dates récentes. La tour St. Louis qui est un poste de Douane a été élevée en 1737, à 2 kilomètres du rivage. Elle est aujourd'hui à plus de 7 kilomètres de l'extrémité du Delta. Le rivage s'avance donc annuellement dans la mer de 50 mètres au moins. Les archéologues ont fait au sujet de l'ensablement des lagunes des Bouches du Rhône, une remarque digne d'intérêt. Si l'on suit la route de Nîmes à Beziers, les noms des villes supérieures à cette ligne sont tous Celtiques. Cette région était donc déjà terre ferme au moment de la conquête romaine. Au sud de cette ligne, tous les noms sont romains. Il faut en conclure que l'ensablement n'a dépassé cette ligne, qu'après la conquête romaine.

54 - Cette disposition du rivage en lagunes isolées de

la mer par un cordon littoral, est pour ainsi dire constante dans le sud de la Baltique. Pour s'en convaincre il suffit de jeter les yeux sur une carte, embrassant la portion de côte qui s'étend depuis l'océan de Dantzic, jusqu'à Königsberg.

35 - Le Pô a comblé des lagunes immenses abritées de l'Adriatique par un cordon littoral. Les étangs ensablés se confondent aujourd'hui avec le reste de la Lombardie. Prouy a calculé qu'entre les années 1200 et 1600 l'ensablement avait gagné annuellement 25 mètres sur la mer. Aujourd'hui, il marche avec une vitesse double en plus, il atteint 70 mètres. Il faut attribuer cette rapidité de progression, aux défrichements qui ont été faits sur le vers méridional des Alpes. Les terres qui ne sont pas retenues par les racines des arbres cèdent plus facilement aux actions érosives qu'exercent sur les pentes les pluies d'orage. Ajoutons que le Pô, exhausse sans cesse le fond de son lit - en que des digues ayant été successivement élevées par les riverains pour l'empêcher de se répandre dans la Lombardie, son cours est devenu tout artificiel, car à Ferrare, par exemple, son lit est au niveau des toits de la Ville. Pour donner une idée de la rapidité avec laquelle il a ensablé ses lagunes, il nous suffira de dire que l'ancien port de Ravenne est aujourd'hui en pleine terre à 7 Kilomètres de la côte. Si l'on pénètre plus avant encore dans l'intérieur des terres, on rencontre à 5 lieues du rivage, une autre ville qui sous Auguste recevait les galères romaines; C'est la ville d'Adria, qui aujourd'hui enclavée dans la plaine, n'a plus rien de maritime.

36 - Si l'on jette les yeux sur une carte des bouches du Nil, on voit le fleuve à partir du Caire, se diviser en deux branches, l'une occidentale se dirigeant vers Rosette, l'autre, orientale vers Damiette. Dans l'espace compris entre les bouches, on voit une vaste lagune. Le lac de Bourlos séparé de

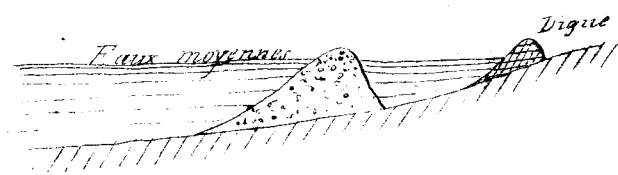


la mer par un barrage puissant, à l'Ouest de la bouche de Rosette sont les lacs Marcotis et d'Edkou, séparés de la haute mer par un cordon littoral. À l'Est de la bouche de Damiette, se trouve le vaste lac Menzaleh. Qui pourroit dans cette disposition du rivage, ne point reconnaître une immense lagune, en partie comblée par les atterrissements du fleuve? Cette supposition qui nous est dictée par l'observation des faits, est d'ailleurs confirmée d'une manière très nette par la tradition. Les documents historiques prouvent que le contour de la côte dessinée par le cordon littoral n'a pas changé depuis les temps les plus reculés en cependant les souvenirs transmis en Égypte de génération en génération, nous apprennent que c'est le Nil qui a déposé le sol de la basse Égypte. « La Basse Égypte disaient les anciens prêtres, est un présent du Nil »

Ainsi à une époque encore bien rapprochée de nous, le Nil a comblé la plus grande partie de ses lagunes. Au temps des

Anciens le Nil comptait 7 branches, on a pu les retrouver en se rendant compte que l'atterrissement de la Basse Egypte toute entière est dû au fleuve. Les deux branches que nous avons mentionnées sont artificielles, elles sont cependant aujourd'hui les principales et sans que la crue du Nil est très élevée, et que ce fleuve est très limoneux. Dans la Haute Egypte, la crue est de 15 mètres ; au Caire, elle n'est plus que de 9 mètres ; à Rosette de 4 mètres. Les Egyptiens, et en cela, ils ont été plus intelligents que les riverains du Pô ou du Rhône, ont laissé constamment le fleuve se répandre sur toutes les terres. Son lit s'élève peu à peu, ainsi que ses bords ce qui permet aux eaux d'atteindre tous les ans des surfaces plus éloignées de son cours. Le sol tout entier de la contrée s'exhausse annuellement d'une petite quantité. L'on a calculé que cet exhaussement est 0^m 126, par siècle.

37 - Les Pays Bas ont la même origine que la Basse Egypte. Ils sont dus à l'envasement de lagunes, situées derrière un cordon littoral. Mais le sol a pu ainsi dire être façonné dans des circonstances exceptionnelles. Les Hollandais plus impatients que les



Egyptiens, au lieu d'attendre que l'envasement des lagunes soit complet, situent que cet envasement a atteint la hauteur des eaux moyennes construisent des digues,

pour se préserver des hautes eaux, et conquérir aussitôt ces surfaces à l'Agriculture. Les premiers travaux de ce genre, remontent à Ormuz, mais depuis le 13^{ème} siècle, et en particulier depuis l'invention des moulins à vent on les a poursuivis avec une activité infatigable. Cependant, cette manière d'agir, n'est pas aussi rationnelle que celle des Egyptiens, car le sol conquis ne reçoit

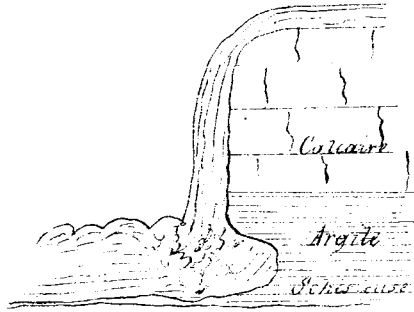
plus de limon, et d'ailleurs quand la mer est mauvaise, elle peut franchir et même détruire ces digues, et reprendre ces terrains si laborieusement conquis. Ajoutons, que le sol de la Hollande, subit un mouvement très lent d'affaissement, de telle sorte, qu'en ce pays plutôt que partout ailleurs, il en est été nécessaire de laisser arriver le sol à la hauteur des plus hautes eaux, pour le mettre le mieux possible à l'abri de leur invasion. D'ailleurs, on voit facilement que l'origine d'une partie de la Hollande est toute artificielle. Les noms de plusieurs villes très importantes se terminent en *dam*. Rotterdam, Amsterdam, et en Hollandais, comme en allemand, cette expression signifie digue.

58 - De tous les fleuves qui ont produit des atterrissements à leur embouchure, c'est le Mississippi qui avec la plus grande rapidité a déposé le plus vaste delta. Ce delta avance sans cesse dans le golfe du Mexique de 300 à 350 m par an. Ce mouvement de progression est environ quatre fois plus rapide que celui du G^o. Si l'on calcule le temps nécessaire à son dépôt, en prenant pour base l'avancement actuel, on trouve 1314 ans. Mais ce résultat est anormal. Il est évident que la côte du golfe du Mexique, est façonnée suivant son profil actuel, depuis plus longtemps que ne l'indique ce calcul. L'on explique cette anomalie, par les défrichements immenses qui ont été pratiqués dans les régions traversées par le fleuve ou ses affluents. Des radeaux de bois arrachés par les pluies d'orage, viennent s'accumuler dans certaines parties de l'embouchure, des limons viennent cimenter ces troncs d'arbres confondus pêle-mêle; il en résulte bientôt un sol flottant sur lequel grâce à la température très élevée de ce climat prend bien vite naissance une riche végétation. Plusieurs portions du delta du Mississippi, sont ainsi flottantes.

59 - Quand les fleuves s'élargissent brusquement à leur embouchure, ou bien que cette embouchure est située sur des côtes où

la marée est très puissante, il ne se forme pas d'atterrissement direct, au contraire, c'est la mer qui empiète sur la terre ferme. Il est cependant des fleuves dont les eaux sont assez impétueuses pour vaincre tous ces obstacles et constituer leur delta en dépit de la marée. Nous pourrions citer, par exemple, le Gange qui envahit l'Océan, et dont le delta n'a pas moins de 80 lieues de long sur 2 de large. Mais presque toujours quand les circonstances que nous avons mentionnées se trouvent réalisées, il n'y a pas d'atterrissement sous forme de delta. La partie élargie du fleuve porte le nom d'estuaire ou Delta négatif. La Seine est un fleuve à estuaire. Il en est de même de la Gironde à partir de Blaye. Le fleuve des Amazones a un estuaire de 40 Kilomètres de largeur et le Rio de la Plata, l'estuaire commun de l'Uruguay et du Parana en a près de 200. Le reflux se fait sentir très avant dans le fleuve, et les sables qu'il avait entraînés sont arrêtés et forment ces barres, si préjudiciables à la navigation. Il en résulte aussi des vagues, parfois très élevées, qui remontent le cours des fleuves à estuaire. A l'équinoxe de Septembre, on peut observer sur la Seine ce phénomène que l'on désigne sous le nom de Mascaret.

40 - Il suit de tous ces faits que les eaux courantes exercent sur les continents une action érosive très puissante, qui a pour effet de porter dans les dépressions occupées par les mers, les parties solides empruntées aux reliefs élevés. Quand les eaux coulent sur le rocher vil, leur action est à peu près insignifiante. Le Rhin en amont de Bâle, coule dans une vallée étroite à paroi rocheuse; malgré sa vitesse et son volume, il a à peine ravaudé ses rives, comme nous voyons les piles de pont après de nombreuses années, présenter à peine quelques rayures, quelques canelures cylindriques, dues au frottement des galets. L'eau ne peut agir d'une manière sensible que sur les roches délitables. Ainsi à la chute du Niagara, le sol supérieur est calcaire, le sol inférieur argileux. L'argile est peu à



peu corrodée, le calcaire, au contraire, résiste en fait corrodée en simple. Mais cette corrodée elle-même, vient à se briser, quand le porte à l'eau est devenu trop considérable. La chute du Niagara, recule de 1 mètre environ par an, par suite de l'affaiblissement du sous-sol. Les Américains

ont examiné un instant qu'à la longue, le lac Érié ne se déversait dans le lac Ontario, mais la distance qui le sépare est trop grande.

Si les eaux agissent sur des rochers durs, mais fragmentaires, elles détachent dans la période du charriage, ces différents fragments qui frottant les uns contre les autres, s'arrondissent en galets, dégénèrent eux-mêmes en cailloux, sables et limons. On peut reproduire artificiellement tous ces phénomènes, en renfermant des pierrailles dans un cylindre rempli d'eau, et animé d'un mouvement rapide de rotation autour de son axe. Quand le compteur dont le cylindre est pourvu a accusé une rotation de quelques kilomètres, on voit que les angles des fragments sont abattus qu'ils ont pris des formes ovoïdes en dormant au sable et des limons.

41 - Voici quelques chiffres qui nous dispenseront de plus amples commentaires sur le travail de l'eau.

Un cours d'eau animé d'une vitesse par seconde de	}	0.90 entraîne des cailloux de la grosseur d'un œuf
		0.20 entraîne des sables grossiers
		0.07 entraîne des vases et limons
Proportion de limons charriés par litres (en grammes)	}	Rhône à Kehl 0.920
		Seine exceptionnelle 1.000
		Rhône 1843 0.136
		Seine exceptionnelle 1.250
		Rhône 1844 0.267

Proportion de limons charriés par litres (en grammes)	}	Seine (Pont-d'Arce),	0.120
		Marne (Pont-de-Charenton)	0.180
		Gange	0.860

Il en résulte un grand charriage de limon pour un fleuve donné :

Le Rhin (Fleuve peu limoneux) transporte annuellement	1 122 455 ^{m cub} limon
Le Rhône	21 000 000
La Durance	5 800 000
Le Nil	36 000 000
Le Gange	200 000 000
L'Indus (le plus limoneux des fleuves)	400 000 000

La pente minimum des fleuves ou rivières est de 0'.10". C'est à peu près la pente de la Saône entre Macon et Lyon. La tangente correspondante est de $\frac{2}{100\,000}$.

La pente de la Seine est à peu près double

La pente de l'Amazone, est de 25"

Des pentes analogues se retrouvent probablement sur les fleuves de la Sibirie. La pente du Rhône, entre Lyon et Arles est de 1'.44".

Le maximum de pente des rivières navigables est de 3'.20", au delà les eaux deviennent torrentielles quand il y a des crues. Des pentes de 2° communiquent à l'eau un mouvement par soubresauts. Sur les grands cours d'eau, au delà de 3°, on ne peut plus naviguer ni en barque, ni sur des vaisseaux. Les eaux forment ce que l'on appelle des rapides pour 6°, les eaux forment des cataractes, et cependant, la tangente de ces angles est de 0,1051 seulement. C'est la pente du sol de la mer la plus propre au mouillage d'eau en volume un peu considérable, ne court pas sur des pentes plus rapides, l'eau congelée exceptée; car la pente des vallées glacières, est plus grande et cre.

Les particules flottantes, transportées par les eaux con-

rantes, étant enlevées à des bassins d'une très grande étendue, le sol est dépourvu après de siècles, de couches de hauteur insignifiante. Le bassin du Rhin, par exemple, défalcaction faite de ce qui est à l'amont du lac de Constance, est de 176 myr. q. Si l'on suppose qu'après un siècle, une couche d'épaisseur uniforme ait été enlevée par les eaux superficielles, qui sont recueillies dans le lit du fleuve, la hauteur de cette couche sera de 0^m.006 seulement.

42 - Le limon des fleuves est d'une nature essentiellement fertilisante. Quand ils coulent troubles au moment des crûes, les riviérains répandent avec avantage sur la campagne leurs eaux limoneuses. Ces vases fluviales, renferment toujours de la silice, quelquefois dissoute, le plus ordinairement sous forme de sable, de l'argile, du carbonate de chaux, parfois des substances organiques azotées provenant du lavage des terres végétales, de la potasse, qui ainsi que M^r Dambée l'a démontré, se sépare à l'état de silicate des granités, ou roches analogues, qui la renferment à l'état de silicate double d'Alumine et de Potasse quand ces roches ont subi sous l'eau une friction énergique (résultat d'une immense importance sur lequel nous ne pouvons insister ici), des phosphates propres au développement des céréales. Les riviérains de la Durance, d'après la couleur de l'eau, au moment de la crûe, savent tout de suite dans quelle partie du bassin il a plu, quels sont les éléments fertilisants que renferme l'eau, et par conséquent, si on doit la déverser sur telle ou telle culture.

Rien de plus facile d'ailleurs que de savoir combien l'eau d'un fleuve renferme de limon. Il suffit de recueillir l'eau dans un vase, laisser reposer pendant 48 heures, décanté avec précaution, ou mieux encore filtré. On dessèche, on pèse et on analyse s'il est besoin.

43 - e Vous n'en avons pas fini avec les eaux. Il nous

reste à parler des eaux congelées, qui jouent, aujourd'hui encore, un rôle très important, comme agents d'érosion et de transport. Ce sont les glaciers. Leur rôle actuel n'est rien en comparaison de celui qu'ils ont joué dans une période préhistorique, mais cependant assez rapprochée de nous, pour que l'on puisse soupçonner aujourd'hui, que l'homme en a été le témoin de ces phénomènes.

À différentes hauteurs, variables, suivant les pays, la neige qui tombe sur le sol persiste pendant l'été. Ces hauteurs sont :

Suède septentrionale	720 ^m
Alpes et Pyrénées	2700
Himalaya (versant sud)	3900
Quito (équateur)	4810

La neige qui tombe à ces altitudes est ramassée par le vent et accumulée dans les vallées. Le soleil fond la couche superficielle, et l'eau de fusion coule dans les interstices de la neige encore molle. Pendant la nuit cette eau se congèle de nouveau. Elle se forme alors, ce que l'on appelle dans les Alpes la Neve, masse encore désagrégée, quoique plus dense que la neige. De nouvelles couches de neige tombant à la surface, la pression tend à agréger cette masse. Ces effets de soudure sans cesse répétés, sous l'action de la pression, et d'infiltration d'eau, venue de la surface, transforment à la longue l'amas neigeux, en bloc de glace possédant cette belle couleur bleue, qui surprend toujours les voyageurs observant pour la première fois un glacier. Cette marche successive de la masse neigeuse, vers une cohésion plus grande, est une tendance à la cristallisation; or, au moyen de certains phénomènes optiques, sur lesquels, nous aurons occasion de revenir, on peut s'assurer si un corps est cristallisé ou amorphe, s'il est, ou non, un fragment de cristal véritable. Cette étude a été faite dans les Alpes suisses. En s'élevant très haut sur les cimes

du Faulhorn, et du Wetterhorn, on rencontre une couche de neige déjà assez fortement aggrégée, et cependant, les instruments d'optique, n'indiquent aucune trace de cristallisation. On ne l'observe pas encore dans le glacier supérieur de Grindelwald; ou du moins elle n'apparaît encore que d'une manière à peine sensible aux instruments les plus délicats. La neige n'a pas été suffisamment pénétrée par l'eau d'infiltration. Au contraire, dans le glacier inférieur de Grindelwald, les molécules se sont rassemblées avec symétrie, il y a cristallisation parfaite. Un glacier, est un amas de neige qui a subi toutes ces transformations, et comble en partie une vallée élevée.

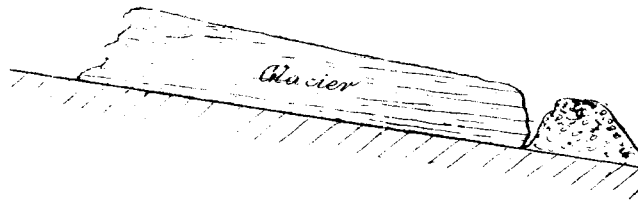
44 - Si les glaciers, à l'exemple des blocs de glace, formés sur nos lacs, ou des neiges qui tombent sur les champs, demeuraient immobiles, il serait pour nous sans intérêt. Mais, à vrai dire, cette supposition est impossible. Car si il en est ainsi, une des plus grandes lois de la nature serait violée. Cette loi peut se formuler d'une manière très simple, en disant : que si sur certains points, il se forme des accumulations, qui à la longue pourraient déplacer le centre de gravité de la terre et amener des perturbations dans son mouvement diurne, les éléments qui tendent ainsi à se rassembler, doivent entrer dans un mouvement de circulation qui les emporte ailleurs. Il est évident d'ailleurs que si la vapeur d'eau, ainsi convertie en neige, restait indéfiniment sur les sommets élevés des montagnes, cette quantité d'eau, serait à jamais dérobée à l'homme et ne rentrerait jamais plus dans le domaine de l'Océan.

45 - Les glaciers sont donc animés d'un mouvement. Ce sont des fleuves d'eau congelée à marche lente. La progression des glaciers a un intérêt tout spécial pour le géologue, car ces mouvements sont accompagnés de phénomènes d'érosion et de transport.

très remarquables. Dans les Alpes, à côté de villages habités, touchant à des champs cultivés, l'on rencontre brusquement des extrémités de glaciers. Ce fait seul, serait inexplicable si les glaciers n'étaient en effet animés d'un mouvement de progression; mais faisons nos observations dans l'ordre même où ils se présentent naturellement à l'observateur.

1°. Le glacier, se plie à toutes les formes de la vallée qui l'encaisse; la vallée vient-elle à s'évaser, le glacier prend la forme d'un lac congelé; vient-elle à se rétrécir, le glacier pénètre dans ce couloir étroit, pour s'évaser de nouveau un peu plus loin. Sans doute comparait le glacier du Dolent à une gerbe de blé serrée vers son milieu.

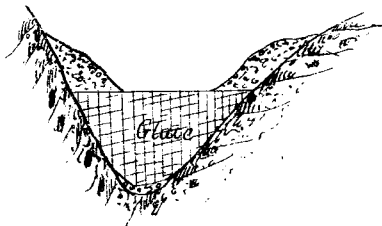
2°. Une seconde observation succède bientôt à cette première, celle qui a trait aux phénomènes de transport. On trouve souvent à l'extrémité du glacier des roches tout à fait étrangères à la contrée en qui appartiennent à la région supérieure du glacier; là où la glace est encore à l'état de Nevé. Ces blocs, tombés à la surface du glacier, ont donc cheminé avec lui, jusqu'au point où on les rencontre. c'est à dire, jusques dans cette région, où la température moyenne est suffisamment élevée, pour amener la fusion des glaces, ils ont été abandonnés à eux mêmes, et ont pu ainsi dire éboulé sur le sol. Mais ces effets se répétant constamment, on doit rationnellement s'attendre à trouver aux extrémités du



glacier, une accumulation de roches provenant de la région supérieure de la vallée glaciaire. Ces accumulations de matériaux divers, forment un mur très épais, non à pic, mais à pic, mais

au contraire, a éléments parfaitement cimentés par les boues qui résultent de la fusion du glacier. Ce sont ces murs à maçonnerie confuse que les montagnards des Alpes, désignent sous le nom de moraine, Moraine frontale pour indiquer qu'elle marque la terminaison du glacier.

Mais ce phénomène n'a pas lieu seulement à cette place. On l'observe sur tout le parcours du glacier. En effet les pentes transversales de la vallée glacière, abandonnées, sous la double action



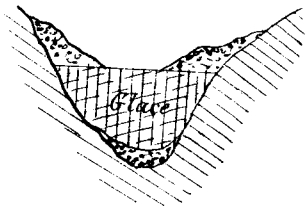
de la gravité, et des influences atmosphériques, des blocs de rocher qui s'accumulent, sur les deux rives du glacier en y prenant leur talus naturel d'éboulement. Ce sont les moraines latérales.

Quelquefois même, on trouve des accumulations de rochers, formant des files sur la ligne d'axe du glacier, des traînées de blocs dispersées sur des lignes presque continues. Ces traînées sont dues à la jonction de deux glaciers supérieurs, dont les moraines latérales, après s'être réunies, occupent la ligne médiane du glacier inférieur.

Ce sont tous ces blocs, qui entraînés dans le mouvement lent, qui anime le glacier dans le sens de la pente de la vallée, finissent par aboutir, à son extrémité, pour y former la moraine frontale.

3^e. Mais ce mouvement ne peut avoir lieu, sans amener des phénomènes de second ordre, très utiles à connaître, parce qu'ils nous permettent de reconnaître si telle ou telle vallée a été ou non autrefois occupée par un glacier, quand même ce dernier se sera venu à disparaître. En effet, les moraines latérales, qui cheminent avec le glacier, exercent sur les flancs des vallées qui les encadrent, des phénomènes de friction très énergiques. Il

déterminem sur les roches demeurées en place, des stries parallèles et profondes. La couche de boue sablonneuse qui est comprise entre le



fond de la vallée, et la masse de glace entraînée, elle aussi, par le glacier, tend constamment à user, à polir, les roches sous-jacentes, quand elles offrent déjà des surfaces planes, et à arrondir les arêtes des roches formant saillie; de telle façon, que lorsque

le fond du glacier devient accessible, il apparaît sous la forme d'une surface planée et comme polie à certaines places, accidentée à d'autres de quelques saillies à formes arrondies. M^r de Sansonnet raconte, qu'ayant eu occasion de voir une de ces vallées, on le phénomène glaciaire avait cessé de se produire, cet aspect lui rappela de loin celui d'un troupeau de moutons paissant dans une prairie; de là, le nom de surface montagnée que l'on donne à cet ensemble de blocs usés, demeurés en place dans le fond de la vallée.

4^e: Mais enfin dira-t-on le mouvement des glaciers doit être extrêmement lent; il échappe à nos observations, comment d'ailleurs admettre que des masses si rigides puissent ainsi se déplacer, s'infléchir, couler, pour ainsi dire dans les vallées qui les enserment, à la manière des liquides, susceptibles de se mouler sur toutes formes du vase qui les renferme? Ce mouvement a-t-il lieu en effet? Quelle en est la cause probable? Quelles sont les questions que nous avons le droit de nous adresser.

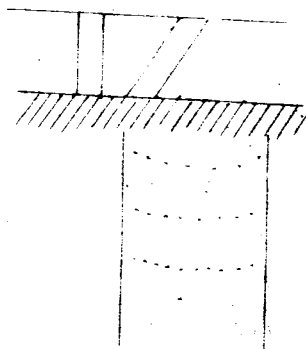
À la première, il est aisé de répondre. Le Géologue Hugi fit construire en 1827 sur le glacier de l'Étar, une petite cabane en un point où le glacier faisait un coude assez brusque. Trois ans après sa construction, la cabane était descendue 100 mètres plus bas, en 1840 elle était à 1500 mètres de distance de son premier emplacement. L'on ne peut conserver sur ce point aucun

doute ; car, sous les débris de la cabane dont la maçonnerie avait eu à souffrir dans le trajet, on a trouvé une bouteille renfermant une note, où était relatée la date précise de sa construction. En 18 ans le glacier avait progressé de 1500 mètres. Ce qui correspond à un déplacement annuel moyen de 115 mètres.

C'est aussi sur le glacier de l'Est que M^r Agassiz a fait ses observations. Il fit construire sur le glacier une petite habitation, en y demeura pendant trois années. Un réservoir de glace que présentait le glacier servait de toit en deux tables étaient taillées dans la glace. Les observateurs couchaient sur un banc de pierre couvert de foin. Je ne sais si cette cabane existe encore ; mais on la voyait en tout cas, il y a un très petit nombre d'années. Elle était désignée sous le nom d'Hôtel des Neufchâtellois. Son avancement moyen a été de 75 mètres par an ; elle était placée au dessus de celle d'Augi.

Mais on a reconnu depuis dans l'intérêt des observations, et un peu aussi dans celui des observateurs, qu'il était nécessaire d'avoir des abris plus commodes. L'on trouve aujourd'hui sur le glacier de l'Est, un pavillon très solide, où les voyageurs peuvent trouver quelques chambres.

Les glaciers cheminent dans les vallées qui les renferment à la manière des fleuves. Non seulement cela est vrai d'une manière générale, mais l'on peut encore affirmer que les glaciers, suivent jusque dans le détail, l'allure des cours d'eau.



Dans un cours d'eau, les couches de la surface ont une vitesse plus grande que celles du fond, et les filets liquides qui avoisinent le filet d'axe, ont un mouvement plus rapide que les filets qui avoisinent les rives. Ces circonstances de l'écoulement des

fluides, se reproduisent dans le mouvement des glaciers. On peut vérifier la première en creusant dans la glace des puits verticaux cylindriques. Au bout de peu de temps de droits qu'ils étaient, les cylindres deviennent obliques. Le second fait se vérifie en plantant des jalons sur la ligne d'axe, et sur des lignes voisines des rives, les jalons d'axe, cheminent sensiblement plus vite que les jalons de rive. On peut pousser l'assimilation bien plus loin encore, car, quand le Thalweg de la vallée glacière s'incline brusquement, il se forme une véritable cascade de glace, dont la surface accidentée rappelle la figure que prendrait une grande masse d'eau coulant sur ses pentes. Ce phénomène est très saillant dans le glacier de Caléffe avant sa jonction avec la mer de glace du Mont-Blanc.

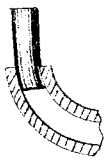
De quelle manière peut-on expliquer ces faits ?

Sans doute admettant que le glissement de la glace sur les pentes avait pour unique origine, la gravité et suivant lui, l'on pourrait expliquer cette propriété des glaciers d'épouser les divers profils revers-versaux de la vallée, en s'appuyant simplement sur l'élasticité naturelle de la glace.

Les géophysiciens Suisses, expliquaient autrefois le phénomène de progression. Ils prétendaient qu'en été le glacier est sans cesse pénétré par des eaux d'infiltration provenant de la fusion de la surface ; que le glacier devait alors être assimilé à une éponge imbibée d'eau, puis, que cette eau se congelant de nouveau en hiver tendait à produire en tout sens, en vertu de sa dilatation, le gonflement général du glacier, qui ne pouvant ni remonter les pentes, ni déplacer ses rives, devait nécessairement s'avancer dans le sens de la pente de la vallée.

Aujourd'hui, l'on ne peut conserver de doute sur l'origine du mouvement des glaciers, évidemment dû à l'attraction

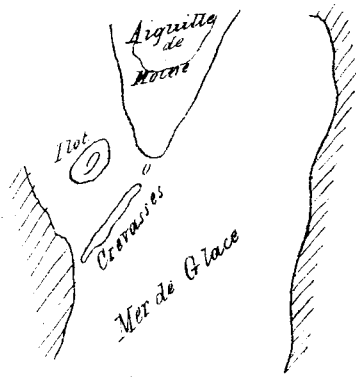
exercée par la gravité. Quant à la faculté que possèdent ces grandes masses glacières, de s'ajuster à tous les profils de leurs divers débouchés les expériences de Faraday, sur le regel et le moulage de la glace, en rendent parfaitement compte. Si l'on brise un morceau de glace en deux parties, puis qu'après avoir soufflé sur les surfaces, ainsi séparées, de manière à les amener à un commencement de fusion, on rapproche les fragments, il y a congélation immédiate et soudure des surfaces mises de nouveau en contact. Si l'on engage un cylindre de glace, à arêtes rectilignes, dans un moule courbe de même section, et que l'on exerce une pression constante sur le cylindre de glace, de manière à le faire pénétrer dans un moule à arêtes curvilignes, on le verra s'y engager peu à peu, et en prendre exactement la forme



La pression amène en effet dans la glace, une série de petites ruptures élémentaires, puis les surfaces brisées, imbibées de la très petite quantité d'eau, due à la chaleur développée par le travail de rupture, se déplacent légèrement et adhèrent de nouveau.

À son extrémité, le glacier avance ou recule; bien rarement, il reste stationnaire. Il avance si les conditions climatiques déterminent la fusion d'un volume de glace, moindre que le cube qui représente l'avancement annuel; il recule dans le cas contraire; reste stationnaire, si ces éléments se font équilibre.

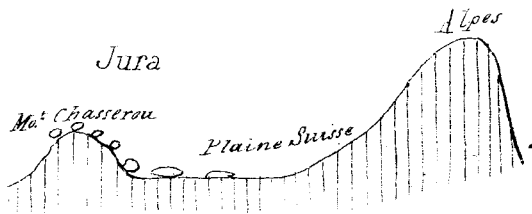
Depuis quelques années tous les glaciers des Alpes reculent, et la glace a perdu de son épaisseur. On peut assigner à ces faits, deux causes, agissant soit séparément, soit de concert. 1^o - Le peu d'abondance des neiges tombées pendant l'hiver, 2^o - Les chaleurs plus intenses pendant l'été. Le glacier du Four en treize ans a reculé de 580 mètres; celui des Bossons a reculé de 370 mètres. Quant à la diminution d'épaisseur, elle a atteint sur certains points 25 mètres. Il y avait autrefois une station botanique,



au milieu du glacier de Caléfre, dans le voisinage de sa jonction avec la mer de glace. C'était une île très riche en plantes alpines (le Jardin). Au point, où les deux glaciers se rencontrent, il existe des grandes crevasses, et, pour les éviter, l'on pouvait autrefois monter sur la rive du glacier de Caléfre, qui n'est autre que la base de l'aiguille du Moine; puis l'on se rendait au jardin en descendant de plein pied de cette rive sur le glacier. Aujourd'hui cette route est devenue impraticable, parce que les rives du

glacier sont composés à pic, et que la glace ayant fondu sur une hauteur de 25 mètres, il y a cette différence de niveau, entre l'arête de la rive et la surface de la glace.

46 - Ce n'est point ici le lieu de parler plus en détail des transports effectués par les glaciers. Nous nous bornerons à dire, qu'à une époque très rapprochée de la nôtre, les glaciers des Alpes,



ont été assez développés, pour remplir toute la plaine suisse, c'est-à-dire, l'intervalle qui existe entre les Alpes et le Jura. Des blocs d'origine alpine, ont fait étranger aux terrains qui composent la vallée, aussi bien qu'à

ceux qui entrent dans le massif du Jura, sont aujourd'hui dispersés sur le fond de la Vallée, et sur les pentes du Jura. Quelques uns ont même franchi certains cols de cette dernière chaîne, et ont passé sur le versant français; Ces blocs étrangers à la contrée, ont en toujours le privilège de fixer l'attention des habitants, qui les ont longtemps exploités, comme pierre dure. L'on laisse des témoins

irréversibles au phénomène, la Confédération Russe, a déclaré que ceux qui ont échoué sur les terres domaniales, doivent être respectés. En examinant de près ces blocs on reconnaît qu'ils n'ont pu être roulés par les eaux; mais qu'ils ont été simplement déplacés, en vertu d'un mouvement assez lent, et tel qu'ils n'ont pas eu à subir de frottement pour la vivacité des arêtes est demeurée parfaite. Ces sortes de transports n'ont pu être effectués que par voie glaciaire, d'ailleurs l'examen de lieux d'autres circonstances ne permet pas d'en douter.

47. Nous avons maintenant à nous occuper des continents. La plus grande partie des continents est renfermée dans le hémisphère boréal, et même dans la zone tempérée de ce hémisphère. Les géographes ont remarqué que tous les continents se terminent en forme de langues étroites tournées vers le Sud. Les extrémités méridionales de l'Amérique, de l'Afrique, de l'Australie, ont cette forme. L'Inde la répète plusieurs fois, dans les presqu'îles de l'Inde et de Malacca, et la saillie de l'Arabie à Perim. Il en est de même pour l'Europe, l'Italie, la Grèce, la presqu'île Ibérique, se terminent en pointe tournée vers le sud.

48. Je me bornerai ici à mentionner à propos des continents quelques chiffres qui ont de l'intérêt.

La surface du globe étant représentée par 1000.	
L'Asie sera représentée par.....	88,73
L'Afrique.....	59,68
L'Amérique du Nord.....	50,59
L'Amérique du Sud.....	34,64
L'Europe.....	16,65
L'Australie.....	15,75
	<hr/>
	266,02

Si l'on compare la surface de ces divers continents à leur

périmètre mouillé par les mers, on obtient les rapports suivants :

Afrique	$\frac{1}{152}$	(1 Unité linéaire de périmètre mouillé 152 Unités carrées de surface.
Amérique mérid ^{le}	$\frac{1}{94}$	
N ^{elle} Hollande	$\frac{1}{74}$	
Asie	Le Calcul manque	
Amérique du Nord	$\frac{1}{56}$	
Europe	$\frac{1}{37}$	

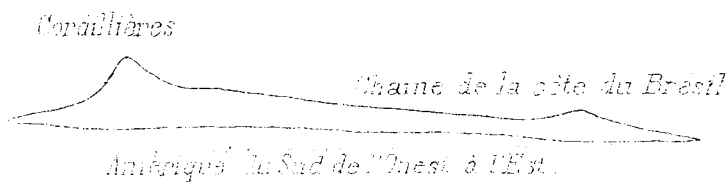
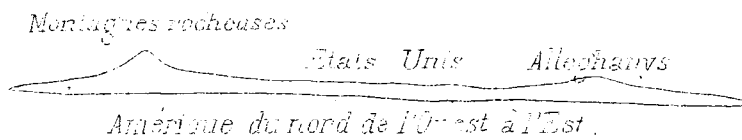
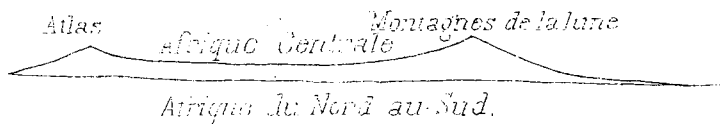
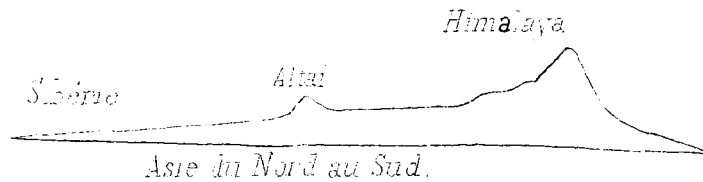
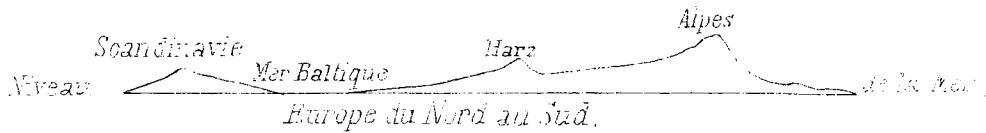
Ces rapports pris pour base d'un classement des divers continents, conduisent au résultat suivant qui est fort remarquable. Si l'on voulait classer les continents, en s'appuyant sur le degré, plus ou moins avancé de la civilisation, il faudrait les ranger dans le même ordre. Des côtes très échancrées sont évidemment très favorables aux communications, et le niveau intellectuel de la nation qui habite une contrée ainsi découpée par les eaux, tend à s'élever. L'œil perçant de Strabon avait deviné cela.

49 - La hauteur moyenne des continents au dessus de l'Océan est de 300 mètres. Si on suppose toutes les montagnes abattues, uniformément nivelées à la surface du sol, les hauteurs de ces ensembles fictifs, au dessus de l'Océan, dans les divers continents seraient :

Asie	351 ^m
Afrique	X
Amérique du Nord	227 ^m
Amérique du Sud	344 ^m
Europe	205 ^m
Australie	X
<hr/>	
France	267 ^m

La hauteur d'un rebord formé ainsi aux dépens des montagnes supposées nivelées, répartie uniformément sur la surface du globe serait de 75 mètres seulement.

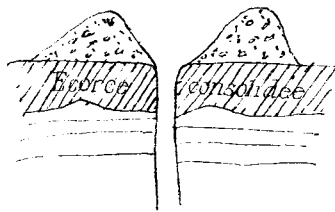
50 — Les principaux accidents du sol, sont les montagnes; mais nous n'en parlerons pas ici, et renverrons leur étude au moment où nous pourrions nous rendre compte de leur origine. Les expressions, montagnes, pics, collines, vallées, plateaux, plaines, sont d'ailleurs tellement connues, qu'elles n'ont vraiment pas besoin d'être définies. Tout le monde sait aussi qu'à part les montagnes volcaniques, qui sont isolées les unes des autres, les grands accidents orographiques se composent de chaînons montagneux, reliés les uns aux autres pour former une saillie continue, dont l'arête tranchante ou ligne de faite se prolonge dans une direction rectiligne sur une grande étendue.



Les géographes ont fait au sujet de l'orographie des continents, une remarque digne d'intérêt. Si l'on fait la coupe des divers continents d'une mer à l'autre, on voit que les traits principaux de tous les continents, se ressemblent au point de vue du relief. En effet dans chacun d'eux, on trouve une grande chaîne de montagnes, puis beaucoup plus loin, une chaîne de second rang, couvrant parallèlement à la première, de manière à déterminer un grand bassin central. Les profils ci-dessous, se comprennent d'eux-mêmes, on remarquera que les plus grandes montagnes sont celles qui avoisinent les mers la plus profonde.

51 - Les phénomènes physiques, dont le siège est placé dans les profondeurs, ne sont observables qu'à la surface des continents. Ils se résument dans le phénomène volcanique.

Les volcans sont des montagnes de dimensions diverses, isolées les unes des autres. C'est là l'aspect extérieur; mais en réalité ce sont des canaux de communication entre la profondeur et la surface. Ils dégagent des masses chaudes de différentes natures. L'orifice est évasé en forme de coupe ou de cratère. Les volcans projettent au moment des éruptions des scories et des



débris de roches, arrachés aux parois de leurs cheminées. C'est l'accumulation de ces débris, rejetés sous forme d'une gerbe divergente qui retombe autour de la bouche, forme les cônes volcaniques. Tous les cônes ont à-peu près la même

forme, et leurs parois ont même inclinaison. Cette inclinaison est l'angle du talus naturel d'éboulement des matériaux rejetés. Théoriquement, cette inclinaison devrait être celle qui correspond à l'angle à l'horizon, dont la tangente trigonométrique est $\frac{1}{\sqrt{2}}$;

mais cela n'est vrai que pour les roches très rugueuses, les lavas des volcans préhistoriques (angle à l'horizon = $35^{\circ} 16'$). Les lavas actuelles sont moins rugueuses que les anciennes; les cônes volcaniques, ont une inclinaison de 33° seulement, quelques uns même, une inclinaison de 30° . C'est une pente très rude à remonter, bien que le pied ait une assiette assez stable au milieu de ces débris scoriacés; mais en revanche, on ne peut les descendre sans s'asseoir. D'ailleurs ces pentes de 30 à 33° représentent la limite des inclinaisons que l'on puisse remonter. A partir de 35° il devient nécessaire de tailler des gradins sur les pentes pour pouvoir les franchir.

Ces cratères sont isolés, au lieu d'être réunis en un seul groupe comme les autres montagnes. Si on en rencontre dans toutes les régions du Globe en leur hauteur varie de 700 à 5000 et 6000 mètres. Voici les hauteurs de quelques volcans.

Stromboli	700
Vésuve	1190
Étna	3237
Pic de Ténériffe	3700
Volcan de Bourbon	3067
Kilauea (îles sandwich)	3300
Cerro (glaces antarctiques)	3800
Mont. Azaxan	3850
Kamtschatka	4900
Sumatra	5000
Popocatepetl (Mexique)	5400
Cotopaxi (Équateur)	5753
Aconcagua (Chili)	6834

52. Chaque volcan passe par des périodes de calme complet, le canal est comme bouché. L'éruption est annoncée par des tremblements de terre, dits précurseurs. C'est après cette trepidation du

sol, que le canal paraît se déboucher. Les déjections commencent aussitôt.

1^o. C'est d'abord une colonne gazeuse de vapeur d'eau qui se dirige verticalement et s'épanouit à une certaine hauteur. Il en résulte un immense nuage qui plane au dessus du volcan. Cette vapeur chasse avec elle des déjections pulvérulentes. La vapeur est très sale surtout au début, la colonne de vapeur est noire, puis peu à peu elle blanchit.

2^o. En général à la suite de la sortie de vapeur a lieu la sortie de lave. La lave est une matière pierreuse qui a subi originairement la fusion ignée. Dans les petits volcans la lave remplit le cratère et sort par dessus ses bords. Dans les grands volcans elle s'échappe par les flancs ou même par la base du cratère, fissurée par les tremblements de terre qui ont précédé à l'écoulement. La lave sort à une très haute température, puis la source s'arrête, l'éruption se calme, les déjections gazeuses cessent elles-mêmes. L'éruption dure quelques jours, quelques semaines, quelques mois.

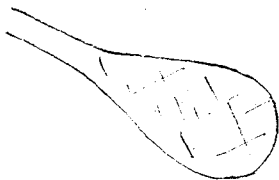
55 - Dans les vapeurs prédomine l'eau. Elle est accompagnée de substances acides : A. chlorhydrique et A. sulfurique. En réalité c'est de l'acide sulfhydrique qui est dégagé ; mais en présence de la vapeur d'eau il donne de l'acide sulfurique ; et si ce dernier vient lui-même parfois à rencontrer de l'acide sulfhydrique en excès, il y a dépôt de soufre. C'est ce qui explique pourquoi le soufre dans les cheminées volcaniques, cristallise sous la forme qu'il prend quand il est abandonné par une dissolution en non celle qui caractérise les cristaux obtenus par voie sèche. On a constaté la présence de l'acide carbonique pendant les éruptions volcaniques ; mais c'est surtout, au moment où la lave cesse de couler que ce gaz commence à se dégager.

Pendant l'éruption la colonne noire de vapeur d'eau est souillée de cendres, paraît quelquefois incandescente. Dans la

coronne de lave, il y a de fortes bulles de vapeur d'eau qui éclatent en arrivant à l'état libre. Le bain incandescent étant mis à nu, rayonne vers le image qui en est éclairé, en illumine à son tour toute la courbe. Le Stromboli, déjà en activité du temps d'Homère, n'a cessé depuis 3000 ans d'être incandescent. Il sert de phare dans la Méditerranée, et a après la fréquence des bulles qui correspondent à ces heures oubliées, les marins jugent de la position et de l'état atmosphérique. On affirme cependant, que les images volcaniques offrent parfois des flammes propres; on les attribue à l'hydrogène en combustion.

54 - La lave s'écoule rapidement si elle sort sur de fortes pentes; mais sur des pentes moins inclinées elle prend un régime tout autre. Elle coule lentement et s'accumule sous la forme épaisse. Au bout de quelques jours ou de quelques semaines, cette trainée de matière fondue est figée à la surface. Il y a comme une gaine consolidée qui emprisonne la lave encore liquide. Mais ce sac est sans cesse déformé par la réaction de la lave, surtout vers son extrémité.

La vitesse de la lave est généralement faible, on cite à titre d'exceptions quelques exemples de grande vitesse, surtout à la sortie. En 1707, la lave du Vesuve a parcouru 3000 mètres en 14 minutes; dans une autre circonstance 2000 mètres en 3 heures. En général, la vitesse n'est que de quelques mètres par jour seulement.



La courbe se renfle vers l'extrémité elle gagne par conséquent de la largeur là où elle gagne de l'épaisseur. La lave se fige en écoulant à travers les matières incobérentes qui se sont épanchées avant la courbe, et proviennent d'éruptions précédentes. Le Vesuve

donne des courbes de 16 kilomètres de longueur; l'Étna de 40 à

50 Kilomètres; - l'Éclaire, 80 Kilomètres; En général, ce dernier écoulement est par conséquent.

La lave est de nature visqueuse. On dit dans le langage poétique, des torrents de lave; mais c'est là une expression qui manque de justesse; Cette viscosité en ce genre de roches se dénote à deux caractères; quand on jette une pierre dans de la lave fondue, elle ne s'y enfonce pas, on a peine; quoique possédant une température assez élevée pour fondre l'argent. Quand elle rencontre un monument, elle le contourne sans le renverser. Dans une éruption de l'Étna, la lave, s'en est avancée jusqu'aux murs de Catane, a contourné les fortifications, et s'en est allé jeter dans la mer.

55 - Le refroidissement de la lave se disperse lentement. Sous de grandes épaisseurs, il faut des années, pour que l'intérieur soit refroidi. Pendant toute la période de refroidissement, il se dégage des fumées blanches; C'est de la vapeur d'eau. L'eau est dissoute dans la lave chaude. Elle y est probablement à l'état sphéroïdal. La présence de l'eau, si elle n'avait été observée directement, serait d'ailleurs accusée par la structure bulleuse des parties supérieures de la coulée. Ces cellules qui rappellent les vacuoles du pain sont dues à la vapeur, qui s'en échappe quand la solidification était assez avancée pour que les vides n'aient pu se reformer. Dans les parties basses de la coulée, la structure est très compacte; et ainsi dans une même coulée, et sur une même verticale, on observe l'aspect spongieux dans la partie supérieure, des vacuoles serrées dans la partie moyenne; la base offre un grain compact et uniforme, qui ne rappelle plus en rien celui de la lave. Dans cette conche profonde, il faut cependant encore distinguer la portion qui touche le sol, dont la structure est grossière et fragmentaire. La portion qui s'est consolidée, sous la pression de la nappe supérieure, et dont la structure est serrée et cristalline, présente parfois des formes de retrait très remarquables. Ces formes sont primaires

On les rencontre très fréquemment dans des anciennes laves, qui ont coulé avant l'apparition de l'homme, et que l'on appelle des hexaltres. Mais on les retrouve aussi dans les laves modernes, quand elles ont coulé dans des bas fonds et qu'elles les ont comblés. La structure en grand est alors prismatique. Il n'y a pas de forme constante. On voit des prismes à base hexagonale, pentagonale, carrée, triangulaire. Cela résulte de l'intersection des plans de retrait. Si le retrait a eu lieu dans trois sens, la division sera hexagonale, s'il s'en est exercé dans deux sens principaux, la division sera quadrilatérale. Quand la lave se consolide dans une enceinte large, à peu près circulaire, il s'y produit des divisions suivant plusieurs directions. On observe alors la forme hexagonale. Si la coulée a eu lieu dans un bassin allongé, la direction des fissures est parallèle et perpendiculaire à l'axe. Souvent dans la même localité l'on retrouve les deux systèmes de division; il faut alors des prismes triangulaires pour combler les interstices.

On peut observer cette structure prismatique des laves près d'Arbenac. On voit que la lave a coulé sur le fond du lit de la rivière qui circule dans la vallée. La coulée s'est modelée sur les graviers du lit, ou le granit du bord. Toutes les couches qui avoisinent le sol, n'offrent point la structure prismatique. Au contact du granit, il y a eu refroidissement brusque; la structure est fendillée. Au contact des cailloux du fond de la vallée, la structure est devenue presque scoriacée. La structure prismatique s'observe au contraire très bien, dans la partie moyenne. Il y a toujours par dessous, un chapeau de lave scoriacée, par suite du dégagement des parties volatiles provenant de la zone centrale. La pression maintient en effet ces matières volatiles dans cette zone moyenne, jusqu'à ce que la consolidation soit complète. Elles s'échappent alors par les fissures de retrait.

La lave en passant à l'état solide cristallise dans les mêmes conditions que le verre dévitrifié. Alors, apparaissent des

coexistentes des minérales composantes qui sont sont des silicates d'aluminium, de chaux et de fer. L'on y rencontre aussi du fer oxydulé titanifère, un silicate de magnésie anhydre appelé péridot etc. Quelquefois le volcan rejette au loin de la lave fluide, qui dans le trajet arrive plus ou moins à se pelotonner. Ce sont les bombes volcaniques. À côté des laves l'on voit figurer une substance entièrement semblable au verre à bouteille, l'obsidienne, et cette même substance, avec un aspect tout différent, la pierre ponce qui n'est autre que de l'obsidienne traversée par un réseau de vacuoles très nombreuses, dues au passage des gaz. Enfin, signalons les cendres et les pierres d'illite, dites : Lapilli. Les cendres ne sont que des laves pulvérisées. Les lapilli, des sables laviques. Ces matières couvrent les flancs des montagnes volcaniques, et forment même sur leurs pentes des cônes parasites dont chacun correspond à une éruption bien que cependant une même éruption en ait déterminé parfois deux ou trois.

Les grands volcans ne donnent pas toujours des coulées de lave. Il faut en effet une pression énorme pour faire remonter cette matière visqueuse jusque dans le cratère. L'on calcule qu'une pression de mille atmosphères est nécessaire pour amener la lave dans le cratère de l'Etna.

55 - Le nuage de vapeur d'eau qui plane sur le volcan, représente un volume énorme. Si le vent ne le dissipe pas, il se redouble en pluie qui se mêle aux cendres volcaniques. Il en résulte des courants boueux très violents qui ont fait des ravages plus terribles que les coulées de lave. C'est ainsi qu'Herculannum et Pompéi ont été détruites. On voit en effet que la cendre n'est pas arrivée à l'état sec, mais humectée par l'eau; C'est en effet une condition presque indispensable pour qu'elle ait pu se glisser dans tous les interstices; D'ailleurs on observe une véritable stratification dans ces couches meubles. Au Cotopaxi, les premières bouffées de vapeur produisent la fusion des neiges qui couronnent le cratère, et provoquent les mêmes phénomènes.

Parmi les volcans du pays de Quito (Equateur) il en est

qui ont donné des torrents de boue. Ces torrents sortent parfois des flancs du cratère, ce sont des lacs intérieurs qui se débordent par les débâtures du cratère.

56 - L'activité est d'ailleurs exceptionnelle. Les volcans sont d'ordinaire à l'état de repos. Exception - en cependant le Stromboli qui depuis 5000 ans n'a pas cessé d'être en activité. Le volcan de l'île d'Ischia, n'a pas donné signe d'activité depuis 17 siècles, et on ne lui attribue qu'une seule éruption.

57 - On a considéré autrefois les volcans comme le résultat d'incendies locaux et intérieurs. Ce sont, disait-on, des couches de houille ou de pyrite, qui ont pris feu accidentellement. M. M^r de Buch et de Humboldt, ont montré que les volcans ont leur siège placé dans les profondeurs de la terre. En Auvergne, par exemple, la cheminée volcanique est ouverte dans le granite; Or, nous verrons bientôt, qu'il n'y a pas de couches de combustibles au dessous du granite. L'eau joue évidemment le rôle principal entre toutes les causes qui provoquent la volcanicité. C'est d'abord le produit volcanique le plus constant. Au Cotopaxi l'eau est le plus souvent le seul produit de l'éruption. Elle y est accompagnée de quelques substances salines; le chlorure de Sodium en particulier. Il est très probable que l'eau de mer s'infiltre dans les profondeurs, pour provoquer l'éruption. On a cru que l'eau devrait être originellement située dans ces profondeurs; car il était difficile d'admettre que l'eau pût s'infiltrer dans des milieux dont la pression est, avons-nous dit, supérieure à 1000 atmosphères; mais M^r Daurée a démontré par des expériences directes, qu'en vertu de la capillarité, l'eau peut être refoulée à toute profondeur à travers les pores des rochers; La composition des roches volcaniques modernes présente plus de soude que les roches éruptives anciennes. Ce fait est d'accord avec la présence de l'acide chlorhydrique dans les produits volcaniques. Il y a introduction d'eau salée dans les profondeurs

Cette eau se dégage à l'état de vapeur pendant les éruptions, et persiste dans la lave, jusqu'à sa consolidation complète. Le chlorure de sodium est décomposé par la silice, en présence de l'eau à une température élevée. Il se forme du silicate de soude et de l'acide chlorhydrique. Il y a transformation des oxydes métalliques, en chlorures et oxychlorures. Aussi, remarque-t-on sur les laves des enduits jaunâtres dus à l'oxychlorure de fer. On y voit des cristallisations de sel ammoniac comme il s'en forme dans les fontaines embrasées. L'on trouve encore du chlorure de cuivre. L'on ne doit point s'attendre d'ailleurs, à y rencontrer des chlorures de potassium, et à plus forte raison de calcium et de magnésium, car ils sont déliquescents; mais on les trouve en revanche, en dissolution dans les sources qui circulent dans les sols volcaniques. Com nous montre ainsi l'influence de l'eau de mer, dans les phénomènes volcaniques. Nous avons vu que la chaleur du globe s'accroît suivant une loi rapide quand on descend dans les profondeurs. Sous les pressions déterminées par sa vaporisation à l'intérieur, l'eau peut faire remonter la lave, et arrive incorporée avec elle, comme l'acide carbonique incorporé à la bière ou au vin de Champagne fait jaillir le liquide par le gonflement des flacons. La cheminée est débouchée par les tremblements de terre précursseurs et la tension de la vapeur d'eau, chasse ce qui reste.

58 - Pour terminer l'inventaire des produits volcaniques, il faut parler d'une substance invisible, qui s'échappe des volcans vers la fin de l'éruption. C'est l'acide carbonique, substance très utile, et même indispensable aux végétaux. C'est en effet l'acide carbonique de l'atmosphère qui nourrit les végétaux, et il pourrait diminuer dans l'air, s'il n'en arrivait sans cesse des profondeurs. Quand le volcan paraît rentrer dans le calme, il dégage des gaz invisibles que l'on appelle des moffettes, qui produisent la mort des hommes et des animaux. Si le temps est calme l'acide carbonique coule dans les crevasses du

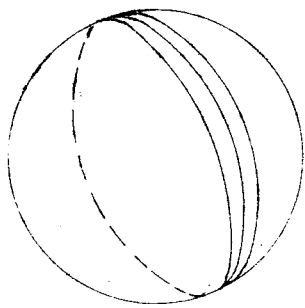
sol, et y forme comme des lacs invisibles, où l'on peut trouver les morts, et ils sont un peu profonds. Pres du grand volcan de Java, il y a une grande vallée où tous les voyageurs qui ont pénétré ont péri. C'est la vallée de la Mort. En Suvergne, les volcans sont éteints, et cependant, le dégagement d'acide carbonique dure encore. La source de St Allaire, de Royat, en sont très riches. Et St Nectaire, l'acide fait bouillonner l'eau. Dans les fossés de routes taillées dans le granite, on voit après la pluie des bulles d'acide carbonique qui se dégagent de la roche. Et Viehy, ce sont des centaines de Kilogrammes ce qui sort journellement du sol.

Dans l'Esfel, groupe de volcans éteints, comme ceux d'auvergne, le sol est imprégné d'acide carbonique. L'on en trouve parfois même des sources intérieures, qui, lorsqu'elles sont découvertes, donnent des effluves d'acide carbonique sec. L'action de cet acide carbonique sur les laves, engendre parfois du carbonate de chaux. Et St Allaire, par exemple, la source traverse des tufs volcaniques, et il y a dissolution de carbonate de chaux et de silice, provenant de leur décomposition. Nous verrons ultérieurement que c'est probablement d'une manière toute analogue, que l'on doit expliquer la formation de presque tous les calcaires, venus ainsi, tout formés des profondeurs à l'état de dissolution, et fixés par l'activité organique de très petits animaux.

Beaucoup de volcans rejettent du sol des roches étrangères à la contrée. La cheminée du Vésuve est ouverte dans les terrains secondaires et tertiaires. Dans les calcaires rejetés il se développe souvent des minéraux cristallisés. Dans les collections de minéralogie, on voit un très grand nombre de minéraux dont les étiquettes annoncent qu'ils proviennent du Vésuve. Les calcaires sont devenus saccharoïdes, structure qui est due à une modification de la roche provoquée par l'eau surchauffée qui l'a imprégnée. Les minéraux se sont développés dans ces calcaires ainsi transformés et l'on en recueille un très grand nombre sur les flancs de l'ancien Vésuve, la Somma. Les volcans du centre de la

France ont rejeté des fragments de granits - empâtés par la lave. Le granit alors vitrifié à la surface et fendillé à l'intérieur.

59 - Les volcans brûlants sont au nombre de 400. Ils sont placés dans les îles ou dans les continents ; mais alors à peu de distance des côtes. Aucun volcan n'a été reconnu à une grande distance du rivage. Les $\frac{9}{10}$ des bouches volcaniques, c'est-à-dire la presque totalité des volcans, sont réparties à la surface du globe, suivant une loi de symétrie très remarquable. Si l'on examine une mappemonde sur laquelle sont représentées les bouches volcaniques, on ne peut manquer de remarquer qu'un grand nombre d'entre elles, sont en prolongement rectiligne ; on peut parler plus exactement sont placés sur un même arc de grand cercle. Dans la région de l'équateur, près de Quito, on observe dix volcans alignés sur deux files parallèles. Ce sont comme des soupirans placés sur une grande fêlure de l'écorce terrestre. Le plus grand nombre des volcans connus, se trouve groupé dans le voisinage de la ligne la plus remarquable du globe, la limite occidentale des deux Amériques et orientale de l'Asie, ligne, qui n'est autre que la circonférence d'un grand cercle terrestre constituant comme un équateur incliné sur le véritable, séparant tous les continents d'avec toutes les eaux (L'Australie exceptée). Examinons d'abord tous les volcans rapprochés de cette ligne. Nous verrons facilement sur un globe en relief, que tous ces centres volcaniques se trouvent sur un fuseau sphérique étroit,

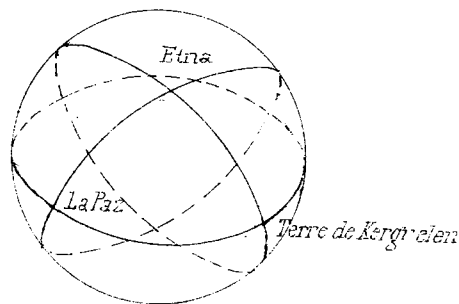


c'est à dire compris entre deux cercles extrêmes peu inclinés l'un sur l'autre. Ce fuseau renfermera les volcans de la Terre de feu, à vrai dire terre glacée, dont le nom dérive précisément de l'activité de ses volcans ; les volcans de la Patagonie, du Chili, de la Bolivie, de l'Equateur et du Mexique, des îles Océaniques, du Kamtschatka, du Japon, de Java, etc. etc.

Nous pouvons donc considérer tous ces volcans qui sont au nombre de 200 environ, comme coordonnés à la circonférence du cercle moyen du fuseau: Appelons cette circonférence l'axe volcanique du système. C'en est là déjà une disposition bien remarquable, mais ce n'est point tout. Où sont placés les autres volcans ?

Joignons sur notre globe par un arc de grand cercle, l'Étna et le pic de Cénériffe, ce volcan si commun des îles Canaries. Dans le voisinage de cette ligne prolongée autour du globe, se placeront les volcans de Vulcano, Stromboli, Santorin, Le Mont-Étracat, les volcans des îles Philippines. Ajoutons que cette ligne se confond exactement avec l'axe de l'Himalaya, qui à toutes les époques géologiques nous représente la zone d'oscillation maximum du sol. Ce deuxième axe volcanique, vient rencontrer à angle droit notre premier, au point où les Andes du Pérou, se soudent aux Andes de la Bolivie; non loin de la Paz. Ainsi, notre premier axe volcanique, que nous appellerons: *Axe volcanique des Andes et du Japon*, est perpendiculaire au second, que nous appellerons *Axe volcanique, Étna, Cénériffe*. Mais il y a encore d'autres volcans.

Joignons l'Étna, le Vésuve, le Centre du groupe des îles Lipari. Cette ligne prolongée passe par l'île Jean-Mayer, non loin de l'Hollande, et vient rencontrer le plus grand volcan du globe, situé dans l'île de Kavaï (l'une des îles Sandwich) le Mont-Boa, les volcans de la nouvelle Zélande, etc. etc. Ce troisième axe volcanique est perpendiculaire au second, et tous deux à l'axe



de la troisième volcanique des Andes et du Japon. Si on construit avec sur un globe ces trois grands cercles, on peut s'assurer graphiquement aussi bien

que par le calcul, que leurs plans sont perpendiculaires, et que leurs intersections dessinent sur la surface terrestre, 8 triangles trirectangle égaux dont les côtés mesurent 90° .

60 - Le phénomène volcanique n'apparaît pas toujours avec des caractères aussi tranchés que ceux que nous avons passés jusqu'ici en revue. Il est parfois comme masqué ; mais dans ces circonstances il est d'autant plus intéressant à étudier qu'il donne lieu à la venue au jour de substances très utiles à l'Indochine. En Toscane, par exemple, le sol crevasse et brûlant, laisse échapper sur certains points des vapeurs, qui en retombant donnent naissance à du laç adventif, bouillonnant, que l'on appelle des Lagoni. Les eaux de ces laç, dans cette traversée par ces soufleurs (Solfioni) renferment de l'acide borique, cette substance si recherchée aujourd'hui pour la fabrication des verres céramiques et des cristaux boratés à base de lime ; recherchée encore pour la fabrication du borax, matière employée comme fondant par les bijoutiers et les minéralogistes et qu'il fallait autrefois aller chercher sur les bords des laç de l'Inde. L'acide borique a été évidemment amené ici des profondeurs, par la vapeur d'eau. Cette industrie extractive, fondée par un Français, M^r de Sarderel, rapporte aujourd'hui à la Toscane 10.000.000 de francs.

61 - Les Solfatares sont des volcans éteints ; mais l'activité volcanique s'y manifeste encore par des dégagements de vapeur d'eau et d'acide sulfurique donnant lieu à un dépôt de soufre. C'est ce qui explique pourquoi ces anciens volcans sont des sources naturelles. Il existe près de Pouzzoles un solfatare très célèbre. L'odeur si caractéristique de l'acide sulfurique nous permet de dire que l'on voit se dégager cet acide, qui au contact de la vapeur d'eau, se transforme en acide sulfureux, qui lui-même mis en présence de l'acide sulfurique en excès laisse déposer du soufre. Souvent l'acide

sulfureux ainsi formé, se suroxyde en contact de l'air; donne de l'acide sulfurique, qui attaque les rochers laviques, dont un élément est toujours aluminieux et les transforme en sulfate d'alumine (alunite). Le sol de Rome, de la Toscane, de la Hongrie, offre des gîtes d'alunites, derniers témoins d'une volcanicité qui a disparu.

69 - Les volcans rejettent au le sein des carbures d'hydrogène. Le dégagement de ces carbures gazeux, dans certaines contrées est évidemment une manifestation volcanique. On peut l'observer dans le voisinage de petits volcans boueux d'une nature spéciale, appelés Salzes, dont nous allons dire un mot tout à l'heure. Ces émanations se remarquent dans les Apennins, la Toscane, sur les bords de la mer Caspienne. A certaines places, on utilise ces sources gazeuses pour la cuisson des aliments; on la fabrication de la chaux. Il en est quelques unes, en particulier dans les Indes, qui ont été allumées, il y a plusieurs siècles, et ont toujours brûlé, sans jamais s'éteindre. On les désigne sous le nom expressif de Fontaines ardentes. L'on a attribué à des décompositions de matières organiques, enfoncées dans le sol, l'origine des carbures dit: Pétrole et Naphté; mais, il est peu probable, que des substances aussi abondantes puissent avoir cette origine. Il est plus naturel d'admettre que les boues de Naphté, de Pétrole et même le bitume, sont dues aux phénomènes ignés. L'on sait en effet que parmi les carbures d'hydrogène, il en est un grand nombre qui peuvent se transformer en liquides par le refroidissement. Or puisqu'il est démontré par l'expérience que les carbures d'hydrogènes gazeux, ont une origine profonde, rien de plus naturel que d'admettre, que c'est l'origine des boues de naphté et de pétrole, et même des bitumes. D'ailleurs ces produits se recueillent le plus souvent dans le voisinage des Salzes, ce qui démontre encore autrement leur origine souterraine.

65 - L'on rencontre des Salzes, en Sicile, dans les Apennins

dans le Caucase, à l'extrémité occidentale de la Crimée. Leur apparence extérieure est celle d'un cône bas et de peu de hauteur. La boue est poussée au dehors par des gaz venant de l'intérieur. Il se forme un cône volcanique par voie humide. Des eaux tièdes s'échappent avec bruit et missilement sur les flancs de ce petit cratère. Elles sont salées et accompagnées de bitume. Il existe un grand nombre de Salzes, près de Bakou, sur les bords de la mer Caspienne, et même au large, on voit les eaux bouillonnées, sans l'influence de ces petits volcans. On recueille dans cette contrée de très grandes quantités de bitume, d'huile de naphte et de pétrole. Tous les points que nous avons signalés, se trouvent précisément sur notre axe volcanique. Enca, Générife. C'est à une fracture de l'écorce terrestre dirigée suivant cet axe, - fractures occasionnées d'ailleurs par des volcans en activité, qu'il faut attribuer l'origine de ces petits volcans d'une nature exceptionnelle.

64 - Les Geysers d'Islande, ne sont que des Salzes, dont les eaux sont plus chaudes que celles des Salzes ordinaires. Ils ont l'apparence de fontaines jaillissantes, dont les eaux sortent à une température supérieure à 100° et sont caractérisées par une richesse exceptionnelle en silice, qui s'y présente à l'état de dissolution. Ces jets d'eau s'échappent d'un monticule siliceux de 2 ou 3 mètres de hauteur.

65 - Les eaux thermales ou minérales ont évidemment beaucoup de rapport avec les eaux éruptives. L'on ne peut dire absolument qu'elles soient dues à des manifestations volcaniques, bien que cependant, on les rencontre plus particulièrement dans des conches qui ont été le théâtre de ces manifestations. C'est à des fractures profondes du sol, qu'il faut attribuer l'origine de ces eaux et, par conséquent, à un phénomène de même ordre que le phénomène volcanique.

66 - Nous avons terminé l'Etude des éléments généraux du globe, nous allons maintenant aborder celle de la Minéralogie,

Mais comme les éléments du sol sont souvent répartis à divers niveaux, dans l'écorce terrestre, il peut être utile de connaître les grandes divisions établies par les Géologues pour définir ces niveaux. Nous citons ici les dénominations les plus universellement admises en qu'on nous a souvent été à employer par la suite pour préciser l'horizon géologique de certains minéraux.

Tableau des Terrains

Terrain de Transport.

Terrains tertiaires	}	Supérieur. Pliocène
		Moyen. Miocène
		Inférieur. Eocène

Terrains secondaires...	}	Terrain crétacé
		Terrain jurassique
		Terrain du lias
		Terrain du trias

Terrains anciens	}	Terrain péruvien
		Terrain carbonifère
		Terrain dévonien
		Terrain silurien.

Terrains de cristallisation	}	Terrain schisteux.
		Terrain massif.

Minéralogie

67 Nous avons passé en revue les éléments généraux du globe, l'Atmosphère, les Eaux et les Continents. Nous allons aborder maintenant une étude de détails, celle des éléments particuliers, qui entrent dans la composition de l'écorce terrestre. La science qui a pour but de nous faire connaître ces éléments, est ainsi que nous l'avons déjà dit, la *Minéralogie*.

Il semble au premier abord, qu'après les progrès accomplis par la chimie la minéralogie soit devenue une science inutile. Quel est en effet, le caractère fondamental d'une substance ? C'est évidemment la composition chimique ; Or, l'analyse chimique nous donne cette composition avec une grande exactitude. Qu'importent les autres caractères auprès de celui-là ? C'est l'objection que l'on peut dès l'abord s'adresser. Cette objection n'est cependant pas fondée, comme on pourra s'en convaincre aisément.

Il existe dans la nature deux substances, qui à l'analyse donnent les résultats suivants :

53,3 Soufre

46,7 Fer

100,0

Le poids atomique du fer est 23

Le poids atomique du soufre est 16

$$\frac{53,3}{16} = 3,333$$

$$\frac{46,7}{23} = 2,030$$

$$3,333 = 2 \times 1,667$$

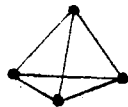
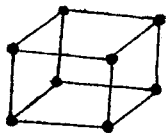
Il entre donc dans ces deux substances un nombre d'atomes de soufre double de celui des atomes de fer. Ce que nous exprimons par la formule Fe S_2 . Cependant ces deux substances sont très différentes. L'une d'elle est de couleur

jaune laiton, à une couleur grise, résiste très longtemps aux actions atmosphériques, on se transforme en peroxyde de fer hydraté. C'est la pyrite jaune de fer. — L'autre a une couleur d'un blanc verdâtre, une structure fibreuse, s'altère très facilement à l'air, et se convertit en sulfate de fer. C'est la pyrite blanche. Voilà donc deux substances, qui si l'on se place au point de vue chimique; doivent être confondues, et qui cependant diffèrent notablement dans presque toutes les propriétés. Ces différences dans les propriétés générales des minéraux que l'analyse chimique ne met point en lumière constituent le domaine ^{de la minéralogie} d'existence qu'il est bon nombre de substances, qui ont des compositions chimiques très variables, et présentent cependant dans l'ensemble de leurs propriétés des similitudes si parfaites, que l'on ne saurait les séparer. La classe des silicates, si largement représentée dans la nature en fournit de nombreux exemples. Comment se rendre compte de tous ces faits? Assez facilement; mais à la condition de remonter un peu haut, et de chercher à nous rendre compte de la constitution de la matière. Nous allons exposer la théorie du savant le plus considérable de notre siècle, le célèbre Ampère.

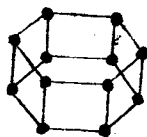
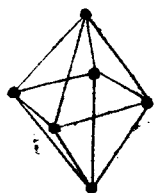
Toutes les substances minérales, les seules qui nous occupent ici, sont des composés d'atomes simples. Ces atomes, ne se touchent pas, mais se tiennent à distance les uns des autres. Ces distances sont énormes si on les compare à la dimension de l'atome. Mais comment se tiennent-ils ainsi éloignés? Ampère et tous les physiciens modernes font intervenir l'existence d'un fluide impondérable, interposé entre les atomes. L'on est obligé à bien d'autres points de vue d'admettre l'existence de ce fluide pénétrant dans les vides des corps les plus denses et remplissant tous les espaces célestes, pour expliquer les phénomènes optiques: c'est seulement en invoquant cette hypothèse que l'on peut rendre compte des phénomènes compliqués de la lumière. Ce fluide porte le nom d'Éther; il est donc d'une force répulsive considérable. Il s'oppose au rapprochement des atomes pondérables, comme le feraient des ressorts interposés entre eux.

Mais ce n'est pas tout, il faut encore admettre que les atomes constituent une molécule composée (et il se pourra même, que tous les atomes soient

de même nature) se groupent régulièrement, de manière à reproduire, par exemple, une forme polyédrique simple. Certains atomes se grouperont de manière à



former un tétraèdre, un octaèdre, d'autres un cube, un prisme hexagonal, et l'ensemble de ces atomes ainsi ordonnés, constitue ce que nous appelons une Molécule chimique. La molécule chimique se compose donc d'atomes isolés, groupés de manière à reproduire la forme d'un solide géométrique simple.



Mais dira-t-on, c'est là pure fantaisie. Qu'est-il besoin de s'imaginer les atomes disposés dans un ordre irrégulier? Ne nous batons ^{pas} de nous prononcer aussi vite, et pourrions-nous un instant encore notre hypothèse.

Une substance minérale résulte évidemment de l'agglomération de Molécules chimiques, laquelle s'effectue en vertu de la force de cohésion qui existe entre les molécules de même nature. Assez souvent cette agglomération se fait d'une manière confuse; mais souvent aussi la substance est cristallisée, et alors nous pourrions surprendre la loi d'ordre qui a présidé à l'arrangement des atomes dans la molécule.

Prenez un minéral cristallisé et frappez-le avec un marteau il se brisera aisément en fragments polyédriques. Prenez le plus petit de ces fragments et brisez-le à nouveau; regardons en les débris à la loupe, ils seront encore polyédriques. Broyons ces derniers fragments en fine poussière et regardons cette poudre au microscope; ces grains si déliés, nous apparaîtront toujours sous la forme polyédrique.

Ajoutons que tous ces polyèdres petits ou grands, sont géométriquement semblables entre eux, et terminés par des faces inclinées entre elles d'un même angle.

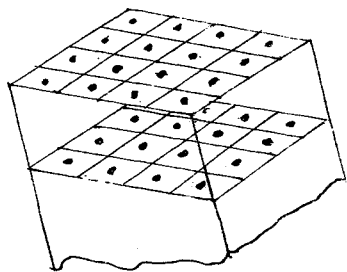
Prenez un échantillon de carbonate de chaux cristallisé, nous

obtiendrons par des coups répétés sur la poudre la plus fine des rhomboèdres, toujours décroissantes, mais semblables. De même si nous agissons sur le sel gemme ou la galène (Sulfure de Plomb) nous obtiendrons des cubes de plus en plus petits, mais on pourra jusqu'à la fin découvrir la forme cubique dans le fragment le plus menu.

Dans d'autres substances, cette propriété apparaît dans doute moins nettement, mais à la facilité près de mettre le phénomène en lumière, on peut dire qu'on retrouve cette propriété dans tous les minéraux. C'est le phénomène du clivage.

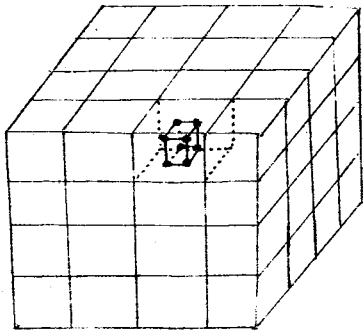
En présence de ces faits, quoi de plus naturel que d'admettre que la forme polyédrique persiste jusques dans le dernier degré de division de la matière, à ce degré si avancé que si l'on enlevait encore quelque chose, ce serait un atome qui serait déplacé et la molécule détruite. On le voit, ce sont les faits qui nous ramènent d'eux mêmes à notre hypothèse, d'une molécule chimique de forme géométrique, admettant des vides entre les atomes constitutifs. La molécule chimique reproduit par conséquent les figures que nous leur avons supposé.

69 Comment maintenant expliquer le clivage dans les minéraux cristallisés ? D'une manière bien naturelle en disant que les clivages ne proviennent que de la disposition régulière des molécules tenues elles-mêmes, à distance par les réactions de l'éther, sur des files rectilignes rangées dans des plans étages. En effet, si les molécules des cristaux, sont disposées par files rectilignes rangées dans des plans étages, successifs (voir la figure ci-contre



ou les points représentent des polyèdres formés par des atomes.) il y aura des vides plans et continus entre les molécules, des fissures naturelles, suivant lesquelles la division sera pour ainsi dire préparée à l'avance. La division mécanique suit des lors des fentes déjà ouvertes. Ne négligeons rien pour être clairs, et

insistons sur tous les détails. Les expériences que l'on fait dans les Cours de Physique, pour démontrer que les corps fondent de la porosité, doivent nous convaincre que malgré les apparences, les espaces inter-moléculaires, remplis par l'éther, sont très étendus par rapport à la dimension des molécules. Imaginons maintenant un cube de sel gemme obtenu par le choc, coupé par des plans parallèles à ses faces, un même nombre de carrés. La figure des faces du cube, sera un réseau à mailles carrées. Supprimons par la pensée le cube primitif pour ne plus considérer que les plans de section que nous avons menés, ces plans étant eux-mêmes limités aux anciennes faces du cube.



L'ensemble détermine une série de cases cubiques, ^{ou un réseau à mailles cubiques.} si nous ne considérons que les lignes d'intersection de ces plans. Au centre de chacune de ces cases alignées, de ces mailles solides, imaginons un petit polyèdre de même forme que la maille cubique par conséquent, composé d'atomes juxtaposés

de sodium et de chlore. Une pareille substance sera évidemment clivable suivant les directions des faces cubiques puisqu'elle est à l'avance coupée par des intervalles limités, par des plans parallèles à ces faces. En général, une masse minérale composée de molécules chimiques de forme polyédrique, toutes orientées de la même façon, suspendues dans les mailles d'un réseau déterminé par l'intersection d'autant de plans qu'on voudra, mais tels que la forme de la maille soit géométriquement semblable à celle du polyèdre qui y est emprisonnée, donnera par le clivage des fragments polyédriques, semblables à chacun de ces petits polyèdres élémentaires. C'est en la vraie manière de s'imaginer les substances cristallines. N'oublions pas cependant, que la molécule polyédrique élémentaire étant de dimension inappréciable, les vides qui composent la masse le sont

aussi, et que dès lors les parties visibles, doivent nous apparaître avec l'aspect d'une masse continue.

70. Cette forme de la molécule chimique, qui nous est révélée par le divage, varie d'une espèce à l'autre, au moins par la valeur des angles. Elle est au contraire constante dans chaque espèce, qui en est caractérisée, aussi nettement que les espèces végétales et animales le sont par leurs formes extérieures. Nous appellerons structure intérieure cette forme de la molécule chimique. La structure intérieure, caractérise l'espèce minérale, même encore que la composition chimique; car, elle varie quand la composition chimique varie, et varie encore, quand la composition chimique paraît même demeurer constante dans deux minéraux, leurs propriétés physiques viennent à varier.

Ceci nous ramène à l'exemple que nous invoquions tout à l'heure. La pyrite jaune et la pyrite blanche, ont même formule chimique FeS_2 . Ce sont cependant deux substances bien différentes au point de vue physique. Interrogeons la structure cristalline, et nous verrons qu'elle est très différente dans les deux pyrites: cubique dans l'une, prismatique dans l'autre.

L'analyse chimique qui nous a conduit pour ces deux substances à la formule FeS_2 , ne nous apprend qu'une chose: c'est que dans les deux cas le nombre des atomes de soufre est double de celui des atomes de fer. Mais l'analyse ne nous dit rien du groupement de ces atomes, rien non plus de leur nombre absolu.

71. Nous sommes donc encore conduits à cette nouvelle hypothèse qui est indispensable pour expliquer tous les faits de la physique et de la chimie, à savoir: qu'il y a divers degrés moléculaires. Étant donné des atomes susceptibles d'entrer en combinaison, un certain nombre déterminé d'entr'eux s'unissent pour donner une molécule composée. C'est là la loi des proportions multiples, présentée sous son vrai jour, mais la forme de cette molécule peut varier

suivant le mode de groupement, absolument, comme peut varier la forme polyédrique d'une pile de boulets suivant l'arrangement de ces solides sphériques. La forme est différente, bien que le nombre des boulets réunis, en pile, reste le même. C'est un cas d'isomérisie.

Mais on peut aller plus loin encore. Des molécules chimiques s'étant formées, ainsi que nous l'avons expliqué, un certain nombre d'entre elles s'agrégeront pour donner une molécule plus complexe ayant une forme distincte de la molécule élémentaire. Nous appellerons ces molécules Molécules physiques. Elles sont dues à un premier degré de cohésion. La cohésion venant pour ainsi dire une seconde fois, c'est-à-dire ces molécules physiques, il en résultera une masse minérale; dont la composition chimique est la même que celle de la première molécule chimique formée; c'est un cas de Polymerie.

72. En vertu de toutes ces définitions, nous dirons que l'espèce minérale est: la collection des individus composés de molécules identiques, (ayant même composition chimique) et possédant une structure cristalline intérieure identique.

73. La structure intérieure est donc un caractère primordial. Quand les minéraux cristallisent, la forme extérieure des cristaux est due à l'arrangement régulier des molécules. La forme extérieure a la même symétrie que cette forme intérieure dont elle n'est que la répétition. Une même espèce minérale est représentée par des cristaux de formes très diverses. Dans les chaux carbonatées, par exemple, on a découvert plus de 500 formes cristallines, mais elles sont toutes équivalentes, en ce sens qu'elles peuvent toutes être déduites les unes des autres, pourvu que l'on connaisse l'une d'elles. Le solide que révèle le clivage, est toujours l'une de ses formes équivalentes entre elles. Aussi peut-on dire que lorsque on a déterminé la structure intérieure, la détermination de la forme extérieure n'ajoute par grand chose à la connaissance du minéral.

Mais les minéraux se présentent uniquement que cristallisés. Ils sont aufoi à l'état amorphe. en entre ces deux états extrêmes, il y a tous les passages possibles. Dans l'état amorphe, la molécule chimique ou physique a toujours la forme géométrique qui lui est propre, mais la cohésion, ayant réuni ces molécules pêle-mêle, elles n'ont pas eu le loisir de se disposer en files rectilignes et planes et d'orienter leurs faces de la même façon. Nous disons le loisir, car l'on sait par expérience que pour obtenir de belles cristallisations, il faut du temps et du repos. Dans les masses amorphes, le clivage est manqué, parce que les molécules étant disposées sans ordre, il n'y existe pas, d'intervalles continus, limités par des plans; mais là, où il n'y a pas d'ordre, il n'y a pas d'unité, le désordre admet tous les degrés. Ce sont ces divers degrés d'irrégularité dans l'agencement des molécules dans la masse, qui constituent les variétés de l'espèce minérale. (Variétés parfois très nombreuses, exemples tirés de la chaux carbonatée et du quartz.) C'est là, il faut l'avouer, une des difficultés de la Minéralogie, car bien souvent, il y a plus de ressemblances apparentes entre deux variétés d'une même espèce, qu'entre deux variétés appartenant à deux espèces différentes. Il faut donc que le minéralogiste puisse soumettre un minéral à un certain nombre d'expériences, pour mettre en lumière ses propriétés physiques, ou si l'on veut, déterminer ses caractères propres. Le tableau suivant vous fait connaître les propriétés générales des minéraux.

Propriétés générales des Minéraux.

Caractères géométriques	}	Forme moléculaire en extérieure.
		Clivage. Strius
Caractères Physiques	}	Densité.
		Dureté.
		Elasticité
		Phénomènes calorifiques
		Phénomènes optiques
	Phénomènes électriques et magnétiques	

Caractères extérieurs	}	Transparence
		Couleur
		Eclat
		Configuration et structure
		Cassure
		Action sur les sens
Caractères chimiques	}	Essai aux acides
		Essai au charbonneau.

74 Ces divers ordres de caractères, ont constitué jusqu'à ces dernières années diverses écoles minéralogiques. La plus ancienne est celle de Freiberg. Le célèbre professeur de l'Académie de Freiberg, Wéerner, homme doué d'un génie d'observation des plus remarquables, avait précisé d'une manière très exacte, les caractères extérieurs des minéraux. A l'âge de 24 ans (1774) il recueillit toutes ses observations dans un ouvrage où il mit même à profit ce que l'on connaissait de la nature chimique des minéraux. La seconde phase est celle pendant laquelle on eût particulièrement recours à la connaissance de la forme géométrique. Dès 1772, Romé de Lisle, avait fait connaître ces formes; mais l'attention publique ne s'en sérieusement attirée sur cette matière qu'en 1783, quand Romé de L'Isle s'en compléta par Haüy. La troisième phase fut celle où l'on s'appliqua particulièrement aux caractères chimiques. Avant même que la chimie n'eût pris l'essor que lui ont imprimé les découvertes de Lavoisier, deux suédois Wâlerius (1717) et Cronstedt (1722-1765) avaient déjà cherché à classer les minéraux par leur composition chimique. Ils eurent pour successeurs Klaproth de Berlin et Vanquelin de l'Ecole des mines de Paris. Mais Berzelius est, sans aucun doute, celui qui a le plus travaillé au progrès de la Minéralogie chimique, et celui, ay

peut le dire, en lui rendant trois services signalés : 1° C'est lui qui a montré que la composition des minéraux suit la loi des proportions multiples. 2° C'est lui encore, qui a su traduire aux yeux les résultats de l'analyse, au moyen de symboles combinés en formules. 3° Enfin, il a appris ce qu'était la famille la plus importante du règne minéral : La famille des Silicates, en démontrant que la silice n'était pas une terre, mais un acide.

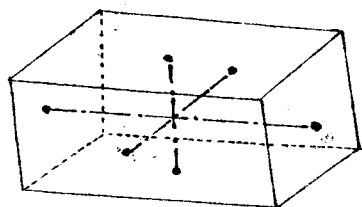
De nos jours la minéralogie est devenue éclectique, et l'on fait usage de tous ces caractères à la fois pour déterminer les minéraux. Cependant, il y a une école qui a étudié de préférence les caractères physiques proprement dits : Densité, Dureté, et surtout les Phénomènes optiques, manifestés par les cristaux. Cette école a pris naissance en Angleterre, fondée par Brewster, mais elle compte en France ses plus glorieux représentants : Fresnel, Arago, Biot, et l'un des anciens répétiteurs de notre École, M. de la Voizelle. Nous allons successivement passer en revue les différents caractères, mis à profit dans l'étude des minéraux, en suivant l'ordre du tableau que nous avons donné.

1° Forme et structure des Cristaux.

75. Un cristal est un polyèdre convexe terminé par des faces planes —

Le nombre des cristaux naturels déterminés aujourd'hui est très considérable. Le but de la Cristallographie est de montrer qu'ils sont tous des altérations de six formes parallélistiques. Faire connaître 1° Ces six formes. 2° Les procédés de modification de ces six formes. 3° La loi qui préside à ces déformations ; C'est le but de la Cristallographie.

76. (1°) Les six solides d'où dérivent tous les cristaux naturels ont, avons-nous dit, la forme de parallélistipèdes. Créons un

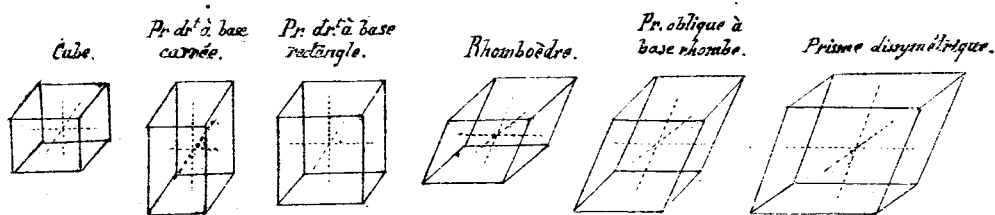


parallépipède quelconque et joignons les milieux des faces opposées. Les trois lignes ainsi menées se coupent au centre du solide. Elles en sont les axes. Si elles sont données, le solide est par conséquent donné, car pour le construire, il suffit par les extrémités de chaque droite de mener deux plans parallèles au plan déterminé par les deux autres droites.

À divers parallépipèdes, nous pouvons donc substituer divers systèmes d'axes. — Les six systèmes d'axes correspondant aux six parallépipèdes pris pour type des six formes fondamentales sont compris dans le tableau suivant :

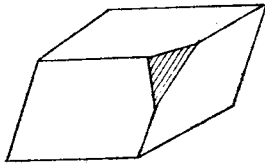
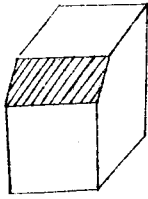
}	Trois axes égaux	Cube	1 ^{er} Syst Cubi
	Deux axes égaux, le troisième inégal	Prisme droit à base carrée	2 ^o Syst
	Trois axes inégaux	Prisme droit à base rectangle	3 ^o Syst

}	Trois axes égaux	Rhombède	4 ^o Syst
	Deux axes égaux, le troisième inégal	Prisme rhombédal oblique	5 ^o Syst
	Trois axes inégaux	Prisme oblique à base parallélogramme	6 ^o Syst



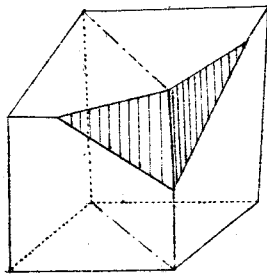
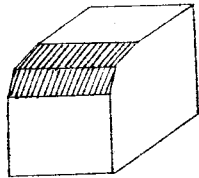
77. 2^o Les procédés de déformation de ces 6 types fondamentaux, ou pour employer l'expression reçue, de ces six formes primitives sont au nombre de trois

- (a) les tronçatures; (b) les biseaux; (c) les pointements.
- (a) Un plan parallèle à l'arête de la forme primitive vient trancher



(tronquer) cette arête et y substituer une face plane. La face ainsi surajoutée à la forme primitive est dite face de Troncature sur une arête. Un plan vient à trancher un angle de la forme primitive (En cristallographie angle signifie toujours avec le solide) et substituer à ce sommet trièdre une face triangulaire. La face ainsi surajoutée à la forme primitive est dite face de Troncature sur un angle.

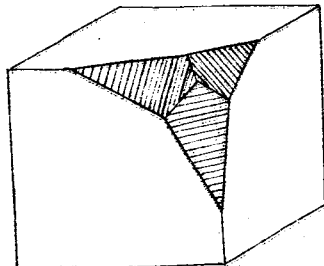
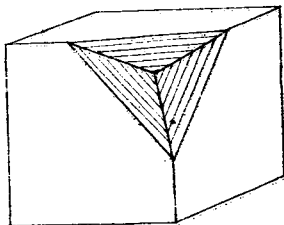
b - Deux plans, tous deux parallèles à une arête de la forme primitive et symétriquement placés par rapport à cette arête viennent la trancher simultanément et lui substituer un dièdre plus obtus que le primitif la modification est dite : biseau sur l'arête.



Deux plans symétriquement placés par rapport à un plan diagonal de la forme primitive viennent à la fois trancher le sommet d'un angle de cette forme et substituer à ce sommet deux faces triangulaires.

La modifiée est dite biseau sur l'angle.

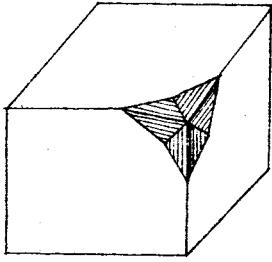
c - Trois plans viennent à la fois trancher (tronquer) un angle de la forme primitive et lui substituer une pyramide surbaissée à trois



faces conformément à l'une des deux figures ci-jointes - la modifiée est dite : pointement à trois faces ou triple

Six plans viennent à la fois tronquer un

angle de la forme primitive et lui substituer une pyramide surbaissée à six faces. la modification est dite pointement à six faces ou



ou sextuple.

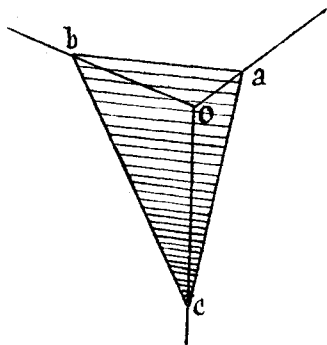
La loi qui préside à ces modifications est très simple, mais avant de la formuler il est nécessaire de définir quelques termes.

Dans une forme primitive les faces de même espèce sont celles qui sont placées symétriquement par rapport aux axes. Les arêtes de même espèce sont celles qui sont placées symétriquement par rapport aux axes, et séparant des faces de même espèce, comprenant des dièdres égaux : Les angles de même espèce sont ceux dont les sommets sont placés symétriquement par rapport aux axes et dont les angles plans sont égaux.

78.3. La loi de symétrie qui régit les modifications qui transforment la forme primitive en solides dérivés est la suivante :

La modification (troncature, biseau ou pointement) qui affecte un élément de la forme primitive (angle ou arête) affecte en même temps et de la même manière tous les autres éléments de même espèce de cette forme et n'affecte pas ou affecte d'une manière différente les éléments d'espèce différente.

Cet énoncé très-général renferme implicitement quelques corollaires qui échappent dès l'abord et que nous allons développer. Si un



plan vient à tronquer un angle, ce plan intercepte sur les trois arêtes qui aboutissent au sommet de l'angle trois longueurs $0a, 0b, 0c$, (les segments d'arêtes détachés sur la forme primitive par les plans de troncature sont proportionnels à des multiples entiers de ces arêtes)

79. 1^{er} Cas : Les trois arêtes rencontrées par le plan sont de même espèce ; La loi de symétrie exige

à l'adjonction de cinq autres plans formant avec le premier un pointement. sextuple, si les trois longueurs interceptées sont inégales.

b - L'adjonction de deux autres plans formant avec le premier un pointement triple si deux longueurs sont égales, la troisième inégale.

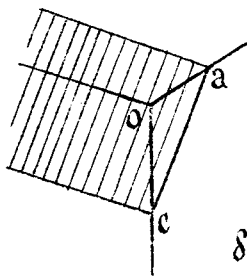
c - La modification subsiste seule, si les trois longueurs sont égales (simple truncature)

80. 2^{ème} Cas : Deux des arêtes rencontrées par le plan sont de même espèce, la troisième est d'espèce différente. La loi de symétrie exige.

a - L'adjonction d'un autre plan formant avec le premier un biseau. Si les deux longueurs interceptées sur les deux arêtes de même espèce sont inégales.

b - La modification subsiste seule si les deux longueurs interceptées sur les deux arêtes de même espèce sont égales (simple truncature)

81. 3^{ème} Cas : Les trois arêtes rencontrées par le plan sont d'espèces différentes. La modification subsiste seule (simple structure)



Si un plan vient à tronquer une arête, il intercepte deux longueurs Oa , Oc , sur les deux arêtes qui, avec l'arête modifiée concourent au sommet et d'un même angle solide.

82. 1^{ère} Cas - Les deux arêtes rencontrées par le plan sont de même espèce. La loi de symétrie exige

a - L'adjonction d'un deuxième plan formant avec le premier un biseau si les deux longueurs interceptées sont inégales.

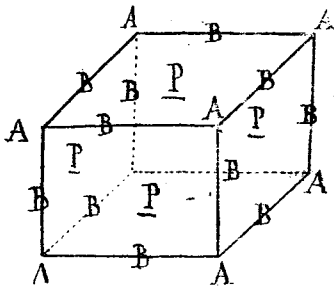
b - La modification subsiste seule si les deux longueurs sont égales

83. 2^{ème} Cas - Les deux arêtes rencontrées par le plan sont d'espèces différentes. La modification subsiste seule.

Toute la Cristalligraphie est comprise dans ces définitions et ces énoncés. Tout ce qui va suivre n'est qu'une application de ces principes.

(98)
Système Cubique.

84.



Faces : 6 faces P de même espèce.

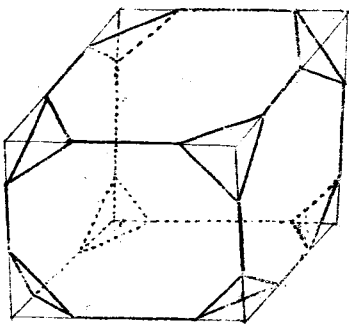
Angles : 8 angles A de même espèce.

Arêtes : 12 arêtes B de même espèce.

85. Modifications sur les Angles A.

Si un angle est modifié ils le sont tous à la fois. Il peut

avoir simple troncature, ponctuellement tri-
ple ou sextuple. (S 79, o, b, a.)



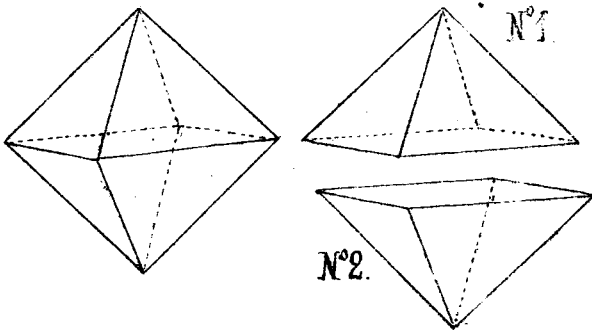
1^o Simple troncature : les quatre
facettes supérieures plongent toutes vers un
point situé sur une droite élevée perpen-
diculairement à la face supérieure du cube
et en son milieu. Si on les suppose indéfi-
niment prolongées, elles forment une
pyramide à 4 faces (N^o 1)

Par la même raison les quatre facettes inférieures indéfiniment

prolongées formeront une py-
ramide à 4 faces dont le som-
met est situé sur une droite
perpendiculaire à la face infé-
rieure du cube et en son milieu.

(N^o 2)

L'ensemble de ces deux pyrami-
des donne un solide à 8 faces



N^o 2.

triangulaires . C'est l'octaèdre régulier .

86 2^o Pointement triple de la figure :
nous tons les angles portant cette modification
au premier abord qu'il soit difficile de se rendre
solide dérivé . Il n'en est rien cependant

venons de voir que 8 plans de troncature simples placés sur les
angles d'un cube donnent l'octaèdre . Représentons nous la pyramide
surbaissée du pointement triple qui remplace le plan de troncature comme
une surface unique que nous prolongeons par la pensée . et nous
obtiendrons un octaèdre dont les faces ne seront pas planes , mais des
plans surmontés des pyramides surbaissées du pointement . C'est

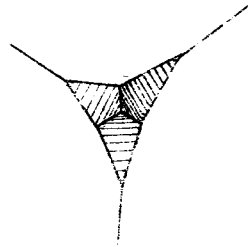
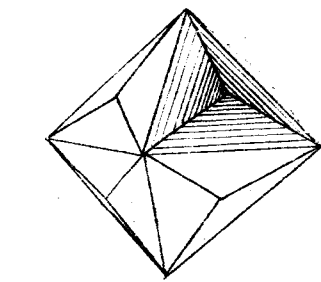


Figure 86.
Il semble
composé de
trois

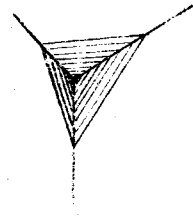


ce que montre d'une manière très nette la
figure ci-contre .

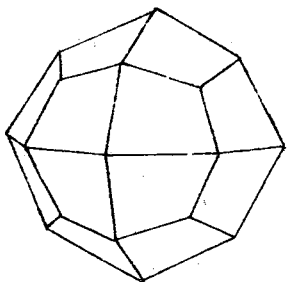
C'est l'octaèdre pyramidé .

87 Pointement de la Forme .

On obtient un solide sembla-
ble au premier . Mais les
faces du pointement étant



placées autrement se recourent aussi autrement et la forme de l'oc-
taèdre est un peu plus masquée ; les triangles des faces ont dégénéré en
hexagones portant toujours les pyramides surbaissées au pointe-
ment triple . Ce solide est compris sous

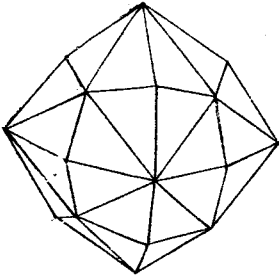


des quadrilatères qui simulent des
trapezes .

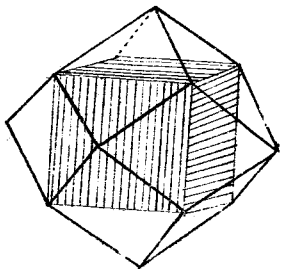
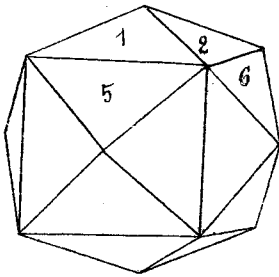
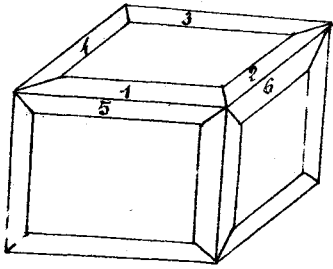
C'est le trapexoèdre !

88. Pointement sextuple - On aura
un solide identique au précédent . Les

hexagones au lieu de porter des pyramides surbaissées à trois
faces portent des pyramides surbaissées à six faces du pointe-
ment sextuple . Ce solide est compris sous quarante huit



modification. Les quatre facettes (1) (2) (3) (4) indéfiniment prolongées



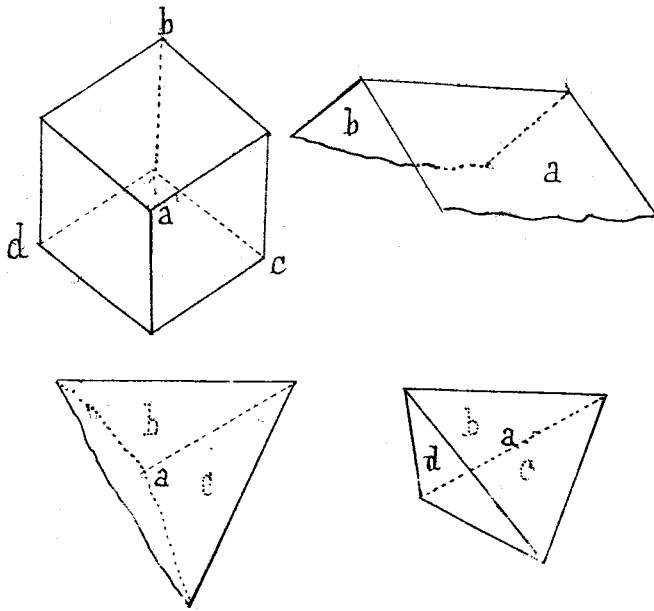
se coupent en un même point et donnent une pyramide quadrangulaire. La face supérieure du cube est remplacée par une pyramide quadrangulaire surbaissée. Il en sera de même sur toutes les autres faces du cube. Il en résulte un solide se composant d'un noyau cubique dont toutes les faces portent une pyramide quadrangulaire. C'est le cube pyramidé.

92. 2^e Troncature simple. — Supposons sur toutes les arêtes de la forme primitive une simple troncature revient à supposer que les deux plans du biseau que nous considérons tout à l'heure se confondent en un seul et même plan 1, 5; 2 x 6, par exemple: Or dès lors si nous observons le cube pyramidé que nous avons obtenu tout à l'heure nous verrons facilement que les triangles isocèles tels que: (1, 5) (2, 6) etc. sont dans un plan et que leur ensemble forme un losange (un rhombe) — Le cube pyramidé a dégénéré en un solide à noyau cubique dont chaque arête porte un losange. Il y en a par conséquent douze. C'est le dodécaèdre rhomboïdal.

93. — La loi de symétrie qui préside aux modifications de la forme primitive d'où dérivent les formes secondaires admet une exception

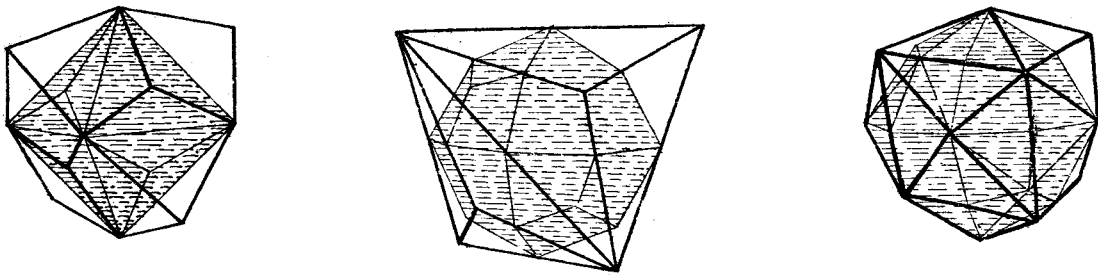
qui constitue ce que l'on appelle hémiedrie - Il y a hémiedrie lorsque des modifications qui exigeraient la loi de symétrie, on n'en rencontre que la moitié.

Nous allons en donner quelques exemples. De deux angles



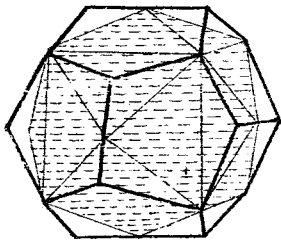
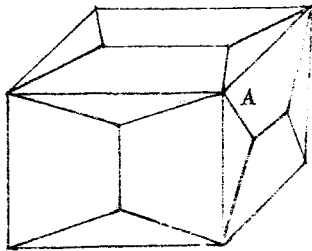
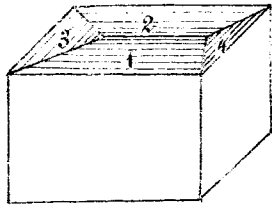
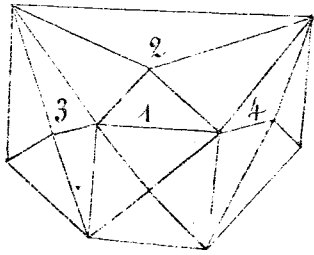
diagonalement oppo-
sés du cube, n'en tron-
quons qu'un seul, soit les
angles a, b, c, d - Tron-
quons a et b nous obtie-
nons un dièdre; tronquons
 c un trièdre; tronquons d
le trièdre est fermé et la
figure est un tétraèdre,
le tétraèdre régulier de
la géométrie. Le solide
hémiedre de l'octaèdre
est donc le tétraèdre.

Les trois figures ci jointes empruntées au traité de



Cristallographie d'Herzmann Kopp montrent les formes hémiedres
de l'octaèdre pyramide, du tétraèdre ou du solide à quarante
huit faces (Les élèves trouveront dans les planches qui accompa-
gnent ce traité les formes de développement des cristaux sur
un plan. En découpant ces dessins sur des feuilles de carton on
obtient facilement des modèles en relief.)

La figure ci contre représente en perspective le cube pyramide.



Prolongeons les faces (1) & (2) on obtient un dièdre

Prolongeons les faces (3) & (4) jusqu'à la rencontre des faces du dièdre (1) & (2). Comme les faces (3) & (4) sont jointes consécutivement sur les faces latérales du cube primitif que sur la base supérieure, il en résulte un solide cunéiforme posé

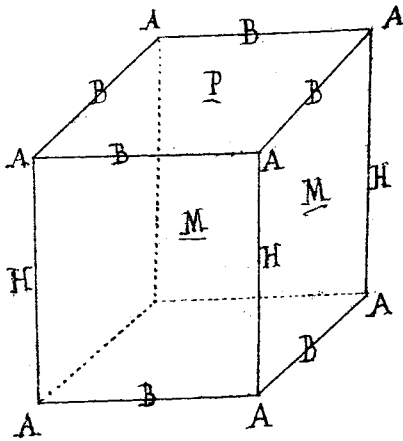
sur la face supérieure du cube de la forme d'un toit à deux égouts [dièdre

1 2) terminé par deux autres faces 3 & 4] Si nous agissons de même pour toutes les autres faces du cube pyramide de telle façon que pour trois faces du cube primitif formant un angle solide **A**, les lignes de faite de ces trois faces soient parallèles aux trois arêtes de la forme primitive aboutissant à **A** on obtient une figure qui montre que le solide dérivé est compris sous des pentagones. Chacun de ces pentagones étant appli-

qué sur une arête du cube; il y en a donc douze. C'est le dodécaèdre pentagonal. (Hémicèdre du Cube pyramide.)

Second système cristallin.

94. Prisme droit à base carrée.



Faces 2 Espèces { 2 faces de base P
4 faces des pans M

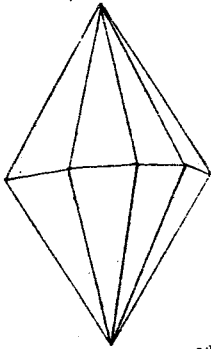
Angles 1 Espèce 8 Angles A de même espèce.

Arêtes 2 Espèces { 8 arêtes basiques B
4 arêtes des pans H

95. Modifications sur les Angles.

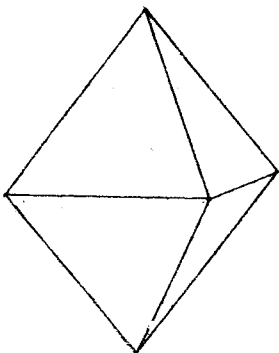
Tous les angles sont modifiés à la fois. Il peut y avoir biseau ou troncature simple. (S 80 a et b)

1^{er} Biseau — Les biseaux portant sur les angles supérieurs donnent huit faces qui se coupent en un point situé sur une perpendiculaire élevée sur le milieu de la face supérieure P. Pyramide à base octogonale. Des biseaux portant sur les angles inférieurs donnent de même une pyramide à base octogonale dont le sommet sera situé au dessous de la base inférieure P.



Le solide dérivé a la forme d'une double pyramide à base octogonale dont les bases se confondent.

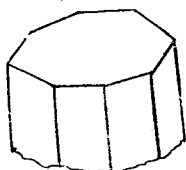
96. 2^{er} Simple troncature — Le solide dérivé est un octaèdre allongé, même raisonnement que dans le cas d'un cube.



97. Modifications sur les Arêtes

1^{er} Arêtes basiques — Il ne peut y avoir que troncature simple. — On est encore évidemment conduit à un octaèdre allongé à base carrée c'est à dire formé par la réunion de deux pyramides à bases carrées. Il semble

que ces octaèdres ne puisse être distingué du précédent s'il est isolé. Il existe cependant des moyens de faire cette distinction (Clivages)

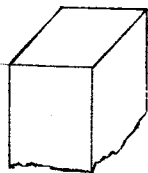


98. 2^e Arêtes des pans — Biseau et tronçature.

Biseau prisme droit à base octogonale.

99. Tronçature : Prisme droit à base carrée.

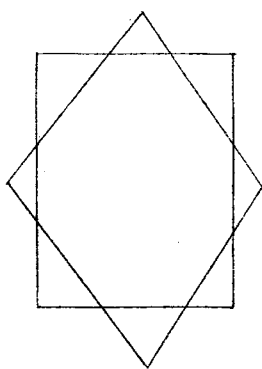
Ce dernier est cristalligraphiquement identique au primitif



Troisième système cristallin

Prisme droit à base rectangle.

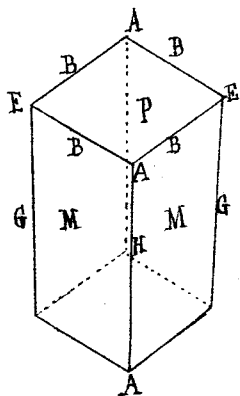
100. Remarquons d'abord que si l'on opère une tronçature sur les arêtes latérales d'un prisme droit à base rectangle (arêtes des pans) ces arêtes étant de même espèce l'on obtient un prisme droit à base rhombe. Or l'expérience a prouvé que les cristaux naturels qui appartiennent au troisième système découlent plus directement d'un prisme droit à base rhombe.



Il est donc plus pratique de prendre ce dernier

pour type du troisième système cristallin.

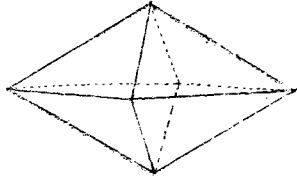
Les éléments de ce système sont les suivants :



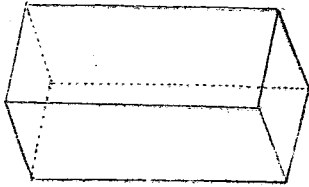
- Faces 2 Espèces { Bases P
- { Faces des pans M
- Angles 2 Espèces { 4 Angles A (dans un plan diagonal)
- { 4 Angles E (dans l'autre plan diagonal)
- Arêtes 3 Espèces { 8 Arêtes basiques B
- { 2 Arêtes des pans obtuses H joignant AA
- { 2 Arêtes des pans aiguës G joignant EE

101. Modifications sur les Angles A . — Il peut y avoir biseau ou tronçature.

1^o Biseau — Quatre faces supérieures se coupant en un point d'une perpendiculaire élevée sur le milieu de la base supérieure : Pyramide à base rhombe. Quatre faces inférieures se coupant en un point d'une perpendiculaire élevée sur le milieu de la base inférieure : Autre pyramide à base rhombe. L'ensemble des deux pyramides octaèdre à base rhombe.



102. 2^o Tronçature — La tronçature des deux angles supérieurs donne un dièdre. La tronçature des angles inférieurs un autre dièdre. L'ensemble de ces dièdres est donc un prisme à arêtes horizontales parallèles à la diagonale basique E, E . La section droite de ce prisme est rhomboïdale. (Dôme).

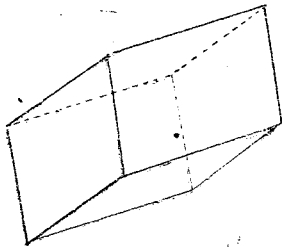


Modifications sur les Angles E . — Il peut y avoir

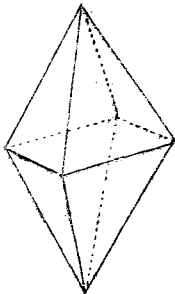
biseau ou pontement.

103. 1^o Biseau = Comme pour les angles A — Octaèdre à base rhombe.

104. 2^o Tronçature = Prisme à section rhomboïdale à arêtes horizontales parallèles à la diagonale basique $A A$ (Dôme)



tronçature. Les huit faces de tronçature donnent évidemment un octaèdre à base rhombe.

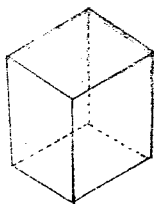


105. Modifications sur les arêtes 1^o

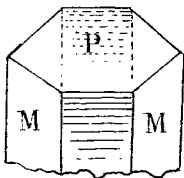
1^o Basiques Il ne peut y avoir qu'une

tronçature. Les huit faces de tronçature donnent évidemment un octaèdre à base rhombe.

106. 2^o Sur les arêtes des pans H . Il peut y avoir biseau ou tronçature à biseau = Prisme rhomboïdal droit.



107. Tronçature = Deux plans parallèles qui se surajoutent à la forme primitive la

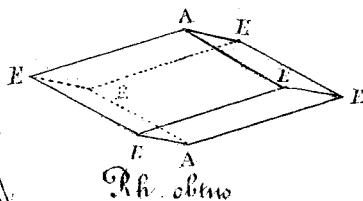
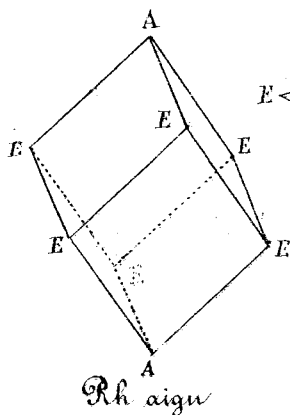


transformem en un prisme droit à base hexagonale.

108. 3^o Sur les Arêtes G =

Comme pour les arêtes H.

Quatrième système cristallin Rhombôidre.



109. Quand on examine avec soin plu-

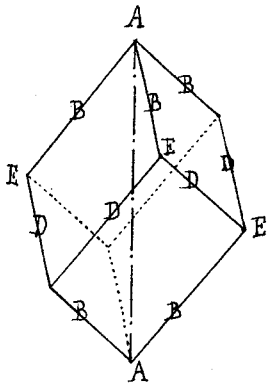
sieurs modèles en relief représen-
tant différentes formes de Rhom-
boïdres, on remarque bien faci-
lement qu'il en est de deux sortes.

Des rhomboïdres que l'on pourrait
appeler obtus et des rhomboïdres
que l'on pourrait appeler aigus,
le Cube étant comme le lien qui

reunit ces deux groupes. En effet l'on remarque dans les rhomboïdres
de la première série qu'il existe deux angles solides diagonalement
opposés formés par la réunion de trois angles plans obtus, tous les
autres admettant des angles plans à la fois aigus et obtus - Tandis
que dans les rhomboïdres de la seconde série, il existe deux angles solides
diagonalement opposés, formés par la réunion de trois angles plans
aigus, tous les autres admettant des angles plans à la fois aigus
et obtus. Les deux figures ci-jointes laissent facilement apercevoir
cette propriété des rhomboïdres. Il résulte de cette remarque que
dans le rhomboïdre, il y a deux espèces d'angles. Deux angles d'une
espèce (A) six angles d'une autre espèce (E) La ligne qui joint les

sommets A, est pour les rhomboèdres une axe de figure. Toutes les faces du rhomboèdre sont également inclinées à cette ligne - et le solide peut même être défini par cette propriété: Le rhomboèdre est un solide compris sous six losanges égaux groupés trois à trois autour de deux sommets diagonalement opposés A, les plans des six faces étant également inclinés entre elles et à l'axe AA. - Vous verrez dans le cours de ^{Physique} qu'il est d'une extrême importance de bien connaître le sens de cette direction AA. Nous supposons dans nos dessins que le solide primitif est placé de façon à ce que cet axe soit vertical

110. Les éléments du quatrième système cristallin, sont:



Faces - 1 Espèce P

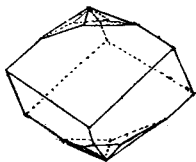
Angles - 2 Espèces { 2 Angles culminants A
6 Angles latéraux E

Arêtes - 2 Espèces { 8 Arêtes culminantes B aboutissant aux sommets A et E
6 Arêtes en zig-zag D joignant les sommets E

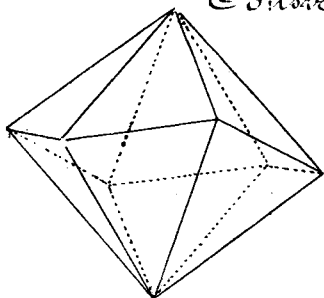
Modifications sur les Angles -

111. 1° Sur les Angles A Il peut y avoir Pointement sextuple; Pointement triple; Troncature simple.

1° Pointement sextuple - Considérons le pointement sur l'angle supérieur du rhomboèdre primitif . . . C'est une pyramide à six faces.

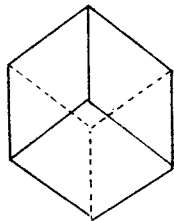
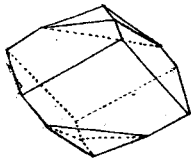


Considérons de même le pointement sur l'Angle inférieur.



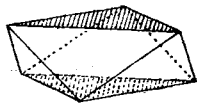
C'est une autre pyramide autrement tournée. Les faces de ces deux figures déterminent en se rencontrant le solide dérivé qui est compris sous douze triangles scalènes et qui pour cette raison est appelé Scalenocèdre

112. Pointement triple -

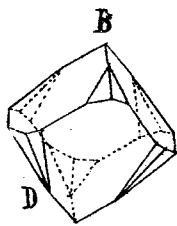
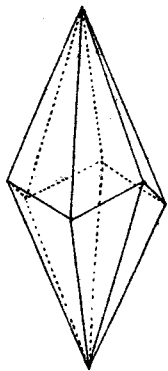


Trois plans également inclinés entre eux, et également inclinés à l'axe du rhomboëdre se coupent sur cet axe dans le voisinage du sommet supérieur - Trois autres plans situés de la même façon se coupent dans le voisinage du sommet inférieur. La figure du solide dérivé est évidemment un rhomboëdre.

113 Troncature simple -

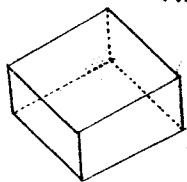


Deux plans parallèles viennent émousser les sommets **A**. Si les plans de troncature descendent jusqu'au niveau des angles **E**, le résidu du rhomboëdre simule un Octaëdre (Difficulté de reconnaître le rubis et les spinelles rouges)

114. 2^e Sur les angles **E** -

Il peut y avoir biseau ou troncature. Biseau - Les biseaux portant sur les trois angles **E** supérieure donnent une pyramide à six faces. Les biseaux portant sur les trois angles **E** inférieure ont une autre pyramide à six faces autrement tournée. Les faces de ces deux pyramides déterminent en se rencontrant le solide dérivé qui est encore un scalenoëdre.

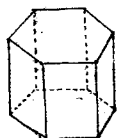
115. Troncature -



rhomboëdre

Les troncatures portant sur les trois angles **E** supérieure donnent une pyramide à trois faces - Les troncatures portant sur les trois angles **E** inférieure une autre pyramide à trois faces autrement tournée ; l'Ensemble est un

rhomboëdre. Parmi ces rhomboëdres il en est un qui est remarquable car ses sommets **A** sont situés à l'infini l'un par rapport à l'autre ; C'est donc un prisme hexagonal. Il dérive d'une troncature par un plan

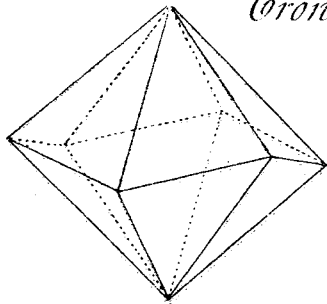
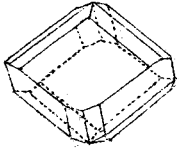


dirigé de manière à être parallèle à l'axe AA .

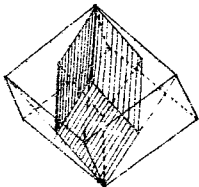
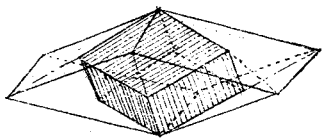
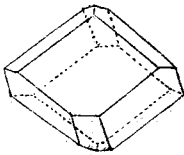
116. Modifications sur les arêtes - 1°. Sur les arêtes culminantes

Il peut y avoir biseau ou troncation.

Biseau - Les biseaux portant sur les trois arêtes culminantes supérieures donnent une pyramide à six faces. Les biseaux portant sur les arêtes culminantes inférieures une autre pyramide à six faces autrement tournée; La rencontre de ces faces détermine le solide dérivé qui est encore le Scalenoèdre.



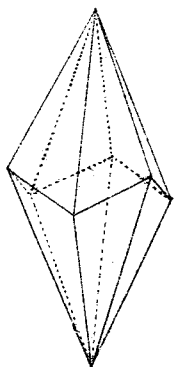
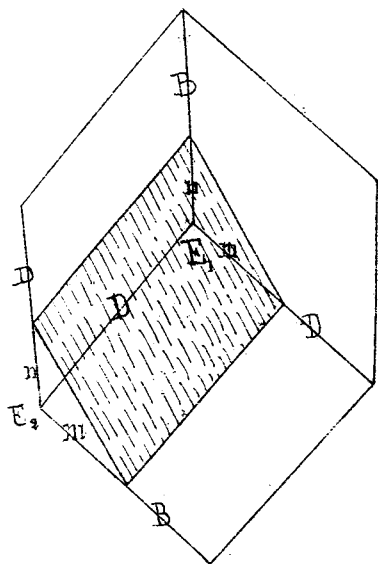
Troncation - Les troncatures portent sur les trois arêtes culminantes supérieures donnent une pyramide à trois faces. Les troncatures portant sur les trois arêtes inférieures une autre pyramide autrement tournée.



La rencontre de ces faces détermine un rhomboèdre. Le rhomboèdre ainsi déterminé est géométriquement semblable à celui que l'on obtiendrait en appuyant simplement six plans appliqués sur les six arêtes culminantes du rhomboèdre primitif avec la condition que chacun de ces plans soit également incliné sur les deux faces du primitif séparées par l'arête sur laquelle il repose. Ce rhomboèdre dérivé ainsi que le montre notre figure enveloppe parfaitement le primitif, il est dit rhomboèdre enveloppant ou rhomboèdre équaire - Remarquons que l'on peut construire un autre rhomboèdre par lequel le rhomboèdre primitif serait un rhomboèdre enveloppant. Ce troisième solide est dit rhomboèdre

enveloppé ou inscrit

118. 2°. Sur les arêtes en $\xi\eta$ - $\xi\eta$ - Il semble au premier



abord qu'une troncature simple puisse subsister seule pourvu qu'à partir de E_1 (voir la figure) le plan de troncature intercepte deux longueurs différentes sur deux arêtes d'espèces différentes.

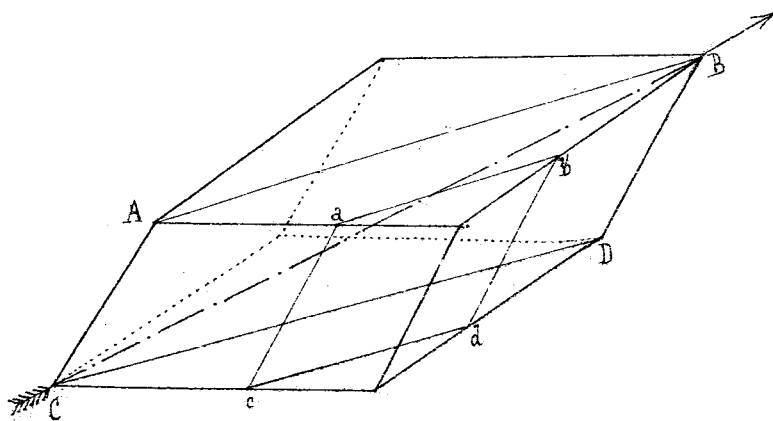
$$n \text{ sur } B \text{ — } m \text{ sur } D$$

mais à partir de E_2 le même plan intercepte

$$m \text{ sur } B \text{ — } n \text{ sur } D$$

Donc deux longueurs différentes n et m sur des arêtes de même espèce B

La loi de symétrie exige donc dans ce cas que les arêtes D soient modifiées par un biseau. On verra facilement en reproduisant un raisonnement tout semblable à celui que nous avons déjà fait plusieurs fois que le solide décrit est un scalénoèdre. Mais il peut y avoir troncature simple si $m = n$. Si les longueurs interceptées par le plan de troncature sur les arêtes culminantes et les arêtes en zig-zag sont égales. Dans ce cas le plan de troncature est parallèle à l'axe AA du rhombaoèdre primitif car a b est parallèle à AB



et c d à CD de plus a b est à la même distance AB que c d l'est de CD . Le plan a , b , c , d (plan de troncature) est donc parallèle au plan $ABCD$. Le plan

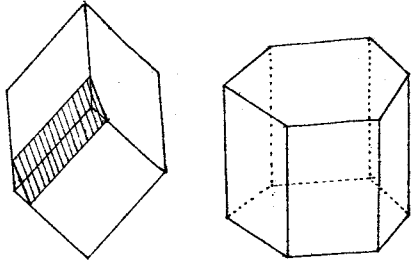
a b c d est donc parallèle à la droite AB (axe du rhomboïdre tracé dans ce plan.)

119. Nous avons donc six faces parallèles à une droite verticale -

Un prisme hexagonal.

Nous avons déjà rencontré un prisme hexagonal comme cas particulier des rhomboïdres obtenu par troncature sur les angles latéraux. On le désigne sous le nom de prisme hexagonal aux angles latéraux pour le distinguer de ce dernier qui

est appelé prisme hexagonal aux arêtes latérales.



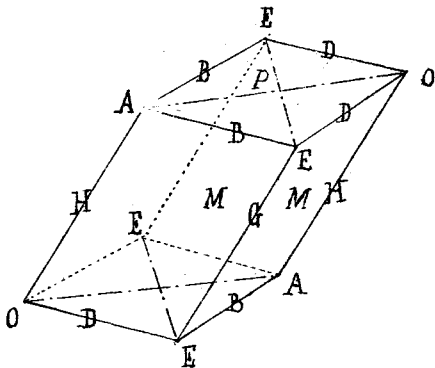
Cinquième système cristallin.

Prisme rhomboïdal oblique.

120

Faces 2 Espèces { Bases P
Faces des pans M

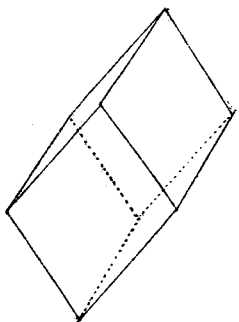
Angles 3 Espèces { Dans le plan diagonal per- } 2 Espèces } angles A
pendiculaire sur la base } angles O
Dans le plan diagonal } 1 Espèce } angles E
oblique à la base



Arêtes 4 Espèces { Arêtes basiques { 4 aboutissent aux } Arêtes B
sommet A }
4 aboutissent aux } Arêtes D
sommet O }
Arêtes des pans { 2 dans le plan diagonal } Arêtes H
perpendiculaire sur la base }
joignant A et O }
2 dans le plan diagonal } Arêtes G
oblique à la base }
joignant les sommets E }

Modifications sur les Angles - 1^o. Sur les Angles A - Il ne peut y avoir biseau ou troncation.

121. Biseau - Le biseau portant sur l'Angle A supérieur donne un dièdre à arête inclinée - Le biseau portant sur l'angle A inférieur donne un autre dièdre à arête inclinée. L'ensemble de ces quatre facettes donne un prisme à section rhomboïdale et à arêtes inclinées (Dôme)

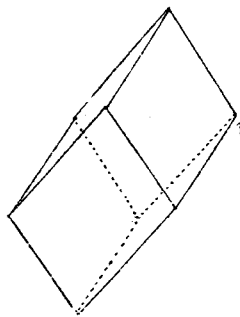


122. Troncation - Deux facettes viennent émousser les angles A de la forme primitive. Si la troncation est dirigée de manière à passer par les sommets EEO, même remarque que pour la troncation des sommets culminants du rhomboèdre le résidu de la forme primitive qui subsiste simule un octaèdre.

123. Sur les angles O - Mêmes modifications que pour les angles A

Biseau - Un dôme incliné en sens inverse du premier

124. Troncation: des facettes sur les sommets O ou un tronçon de cristal simulant un octaèdre



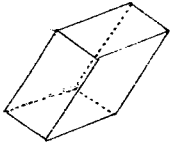
125. Sur les angles E - Il ne peut y avoir que troncation simple, le résultat de la modification est encore un dôme à arêtes situées dans le plan des diagonales basiques A.O.

126. Modifications sur les Arêtes -

1^o Les arêtes basiques B - La troncation sur les arêtes supérieures donne un dièdre à arête inclinée situé dans le plan des diagonales basiques A O sur les arêtes inférieures et l'ensemble constitue un dôme à arêtes inclinées

127. 2^o Sur les arêtes basiques D - Comme pour les arêtes B Les arêtes du dôme sont inclinées en sens inverse.

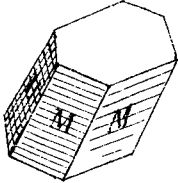
128. 3° Sur les arêtes H - Il peut y avoir biseau ou troncation.



Biseau - Le résultat de la modification est un prisme rhomboïdal oblique.

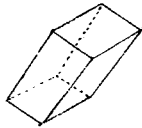
129. Troncation - La modification consiste en deux faces paral-

lèles qui surajoutées à la forme primitive la transforment en un prisme hexa-gonal oblique.



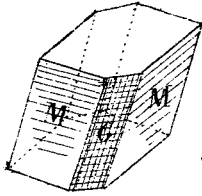
130. Sur les Arêtes G - Il semble qu'une troncation simple

puisse subsister seule mais en se rapportant à ce qui a été dit en parlant des modifications dont sont susceptibles les arêtes latérales du rhomboïdre on verra facilement qu'il peut y avoir biseau ou troncation. (§ 118)



Biseau - Le résultat de la modification est un prisme rhomboïdal droit.

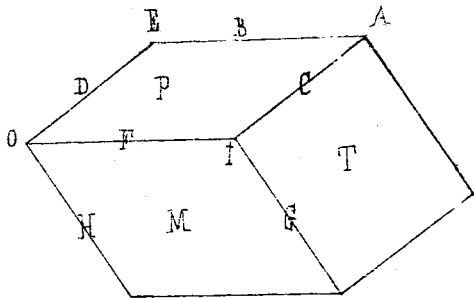
131. Troncation - Comme pour arêtes H.



Sixième système cristallin.

Prisme oblique à base parallélogramme.

132. Chaque face, chaque angle, chaque arête, en un mot chaque élément n'a que celui qui lui est diagonalement opposé qui doit avec lui de même espèce.



3 Espèces de Faces	}	P	}	
		M		
		T		
4 Espèces d'Angles	}	A	}	
		E		
		O		
		I		
6 Espèces d'Arêtes	}	B	}	Basiques
		C		
		D		des Faces.
		F		
		G		
		H		

Les modifications sur un angle ou une arête sont de simples truncatures qui se répètent sur l'angle ou l'arête opposée.

133. Celles sont les formes dérivées de complex développement que l'on rencontre dans la nature. Il est aisé de les reconnaître lorsqu'elles s'offrent ainsi.

Il faut au contraire une certaine habitude pour reconnaître à quel système cristallin appartiennent des formes données, si ces formes se présentent combinées entre elles et avec le prisme primitif. Cette habitude, il est vrai s'acquiert assez vite par la pratique. On peut pour faire cette détermination s'appuyer sur les principes suivants :

Les cristaux qui sont inscriptibles dans une sphère appartiennent au système cubique

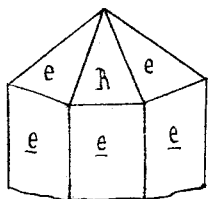
Les cristaux inscriptibles dans un ellipsoïde de révolution, appartiennent au système rhomboédrique. De plus on reconnaît le plus souvent que sur une moitié du cristal les faces de modification d'une certaine nature portent sur un angle de la forme primitive, et des faces de modification d'une autre nature sur trois autres.

Les cristaux appartenant au système du prisme droit à base carrée ont pour caractère de présenter au sommet du prisme des modifications portant à la fois sur quatre angles ou quatre arêtes. Les cristaux appartenant au système du prisme droit à base rhombe ont pour caractère de présenter au sommet du prisme des modifications portant sur deux angles seulement et sur les quatre arêtes.

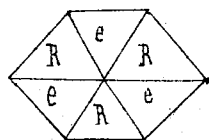
Les cristaux appartenant au système du prisme rhomboïdal oblique ont pour caractère de présenter au sommet du prisme des modifications portant sur un seul des angles situés à l'extrémité de l'une des diagonales basiques et à la fois sur les deux autres angles situés à l'extrémité de l'autre diagonale et aussi sur deux arêtes de la dite base, non sur deux arêtes diagonalement opposées mais sur deux arêtes formant deux côtés adjacents de la base.

Les cristaux appartenant au système du prisme oblique à base parallélogramme se reconnaissent facilement au caractère saisissable que les modifications sont uniques sur un élément du cristal primitif

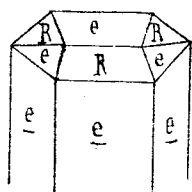
134. Il ne faudrait pas s'attendre à rencontrer dans les cristaux de la nature la régularité que nous leur avons supposée dans nos dessins. Les faces du cristal sont cependant toujours inclinées, les unes par rapport aux autres, d'un angle de valeur invariable, c'est là le seul élément constant. Prenons un cristal de quartz. Nous en trouverons d'extrêmement réguliers. Ils présentent un prisme hexagonal résultant de la truncature parallèle à l'axe des angles latéraux (E); le demi rhomboïdre primitif R un autre demi rhomboïdre e naissant encore par truncature sur ces mêmes angles E, rhomboïdre qui étant tout semblable au primitif quoique autrement



situé, forme par sa combinaison avec lui une pyramide hexagonale. Le cristal peut ne pas avoir une forme aussi régulière, cependant toutes les faces devant conserver leurs incidences mutuelles, il en résulte que le cristal moins régulier en apparence aura néanmoins



toutes ses faces parallèles aux faces homologues du précédent



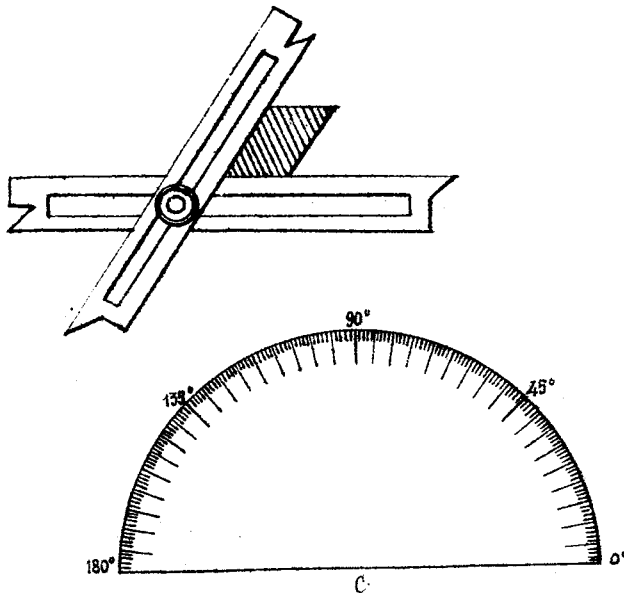
Par exemple une face R et la face opposée e de la pyramide terminale se développent plus que les autres. Il en résulte une arête tranchante R/e là où dans le cristal régulier l'on rencontrerait un point, le sommet de la pyramide. Mais les faces ainsi développées

présentent aussi bien que toutes les autres n'en demeurent pas moins parallèles à leurs homologues dans le cristal régulier. Les angles dièdres R/e , R/e sont demeurés invariables.

135. Puisque l'élément constant dans les cristaux est la valeur des angles dièdres des faces homologues, il faut apprendre à les mesurer. Cette mesure s'effectue au moyen de deux instruments qu'on appelle des

goniomètres.

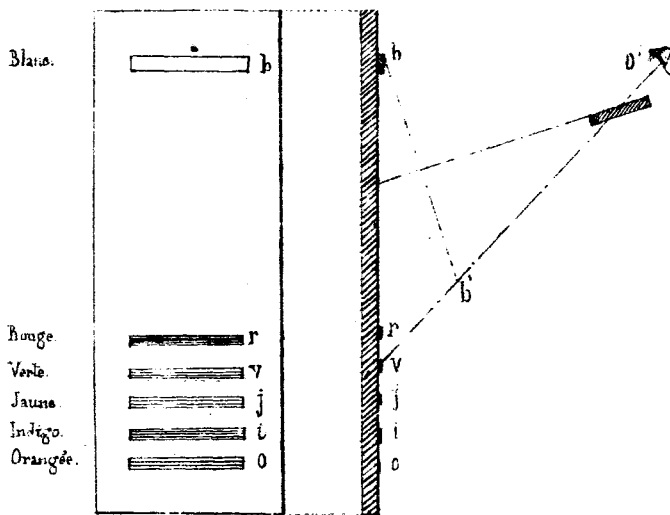
Le premier est très simple. C'est celui qui a suffi à Haüy pour fonder la Cristallographie. C'est le goniomètre d'application.



La partie principale de l'instrument consiste en deux alidades pouvant tourner autour d'un même axe et par conséquent donner tous les angles possibles. Plaçons l'arête du dièdre à mesurer à la hauteur de l'œil en fixant un doigt sur une alidade et avec l'autre main exerçons une pression sur l'autre alidade de manière à ce que toutes deux s'appliquent sur les deux faces du dièdre

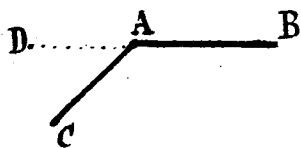
et qu'il ne reste aucun jour entre les règles et ces faces. Si on a dirigé l'arête du dièdre à mesurer bien perpendiculairement au plan des deux règles ou à une mesure exacte de l'angle plan du dièdre, qui est pour ainsi dire copié sur l'instrument. On reporte les alidades ouvertes de cet angle sur un cercle divisé en 180° de manière à ce que leur intersection passe par le centre du cercle et que le tranchant des alidades se confonde avec la ligne $0^\circ - 180^\circ$, la division par laquelle passe le tranchant de l'autre est l'angle recherché. Mais les deux conditions géométriques exigées pour obtenir une mesure exacte, à savoir, contact parfait des alidades avec les faces et perpendicularité parfaite de l'arête de ces faces sur le plan des alidades, ces conditions, disons-nous, sont difficiles à réaliser, on peut se tromper facilement d'un demi-degré et plus. Or, aujourd'hui l'on veut se mesurer d'angle approché à moins de une minute. Il faut faire usage alors de

l'autre goniomètre ou: à Réflexion.



Supposons que nous soyons placé devant un tableau vertical sur lequel sont collées des bandes horizontales très étroites de papier de différentes couleurs assimilables à des lignes; une ligne blanche dans la partie supérieure, des lignes rouges, vertes, jaunes, dans la partie inférieure. Plaçons devant

le tableau un miroir occupant une position telle que son plan coupe celui du tableau suivant une horizontale. Les principes élémentaires de l'optique nous apprennent que pour obtenir la position de l'image de la ligne blanche, il faut de chacun de ses points abaisser des perpendiculaires sur le plan du miroir (supposé prolongé dans l'hypothèse que traduit notre figure) et prolonger ces lignes au-dessous de la surface réfléchissante de quantités égales à elles-mêmes. L'image de la ligne b se fera en b' . Si l'œil est placé en O il verra l'image de b superposée à la ligne verte vue directement. Quand cette coïncidence existe la position du miroir est parfaitement déterminée car il ne peut incliner dans aucun sens sans que cette coïncidence soit détruite. Cette première explication étant nécessaire, une autre l'est encore



Soit à mesurer l'angle dièdre BAC . Faisons tourner le cristal autour de l'arête A demeurant parfaitement immobile. La face AC

veiniers. — Si l'on prend plusieurs mesures successives en tournant le cercle dans le même sens, d'après la méthode de Borda, mise en pratique dans les observations astronomiques, géodésiques et, en général, dans toutes les opérations où l'on a à mesurer des angles, on peut obtenir des valeurs angulaires exactes à 1' près.

137 La loi de la constance des angles dans une même espèce minérale ne subit aucune exception, quand on opère à la même température et que la substance est pure. La valeur des angles change un peu avec la température, mais ces variations sont si légères que nous n'avons pas à en tenir compte ici. Au contraire, si la substance n'est pas pure, s'il y a dans le cristal des matières étrangères mêlées aux molécules principales, la valeur des dièdres du cristal peut changer. Ces mélanges sont fréquents. Quand on fait cristalliser un sel par évaporation, si l'eau mère renferme des matières étrangères, une petite quantité de ces matières est entraînée dans le cristal. Mais il faut distinguer deux sortes de mélanges.

On trouve dans le Dabysshire des cristaux cubiques de Spath fluor dans lesquels il entre 40% d'Argile. Dans la forêt de Fontainebleau, où depuis fort long-temps l'on exploite des grès pour le pavage des villes, on a trouvé des grès quartzes cristallisés sous la forme de Rhomboèdres argus. Haiiy a fait voir le premier que ces prétendus cristaux quartzes n'étaient autre chose que de la chaux carbonatée qui en cristallisant au milieu des sables avait emprisonné dans son réseau cristallin des molécules de sable quartzes. On n'a pas remarqué que ces mélanges de particules tout-à-fait étrangères les unes aux autres, qui n'ont rien de commun entre-elles, au point de vue chimique, aient aucune influence sur la valeur des angles.

138 Quand, au contraire, il y a mélange de substances homophes, c'est-à-dire tout différents. Mais d'abord expliquons ce que c'est que l'homorphisme. (C'est un phénomène qu' Haiiy n'a pas connu.) Ce savant

minéralogiste croyait que tout cristal clivable devait être composé dans sa masse d'une seule espèce de molécules. — Cependant, il y a des cristaux composés de plusieurs sortes de molécules. — Soit à en deux molécules polyédriques élémentaires, elles peuvent concourir toutes les deux à la formation d'un réseau cristallin.

a b a b a

b a b a b

a b a b a

Quelles sont les substances dont les molécules élémentaires peuvent ainsi se remplacer dans un réseau cristallin, exercer les unes par rapport aux autres une espèce de lienténance ? Ce sont celles qui ont des formules chimiques de même type. Mais prenons un exemple. Il y a une série de substances isomorphes, dont le premier terme est la chaux carbonatée CaO, CO_2 . Cette formule nous apprend qu'il entre simultanément dans la molécule des atomes de Calcium, de Carbone et d'Oxygène en nombres qui sont entre eux : 1.1.3. La substance se laisse cliver avec la plus grande facilité suivant les faces d'un rhomboèdre de $105^\circ, 5'$, la molécule est donc de forme rhomboédrique. Mais dans cette molécule on peut soustraire les atomes de Calcium qui y entrent, à la place qu'ils occupaient, placer un même nombre d'atomes de Magnésium et l'équilibre de la molécule ne sera pas troublé. En effet, MgO, CO_2 existe dans la nature et sa molécule est rhomboédrique, car comme pour CaO, CO_2 , les clivages sont parallèles aux faces d'un rhomboèdre. Mais le rhomboèdre du carbonate de chaux est-il identique au rhomboèdre du carbonate de Magnésie ? Pas exactement, car ce dernier est caractérisé par un dièdre de $107^\circ, 25'$. — On connaît aussi dans la nature des carbonates de fer de manganèse et de Zinc ; ces substances sont toutes clivables parallèlement aux faces d'un rhomboèdre qui est de :

107° pour le carbonate de fer;

106°, 51' pour le carbonate de manganèse

107°, 40 pour le carbonate de zinc.

Donc dans le rhomboèdre moléculaire de la chaux carbonatée on pourra par la pensée remplacer le calcium par le Magnésium, celui-ci par le fer, celui-ci par le manganèse, enfin, ce dernier, par le zinc, l'équilibre de la molécule n'est pas troublé, elle conserve sa forme rhomboédrique quoique variant de quelques degrés dans la valeur de ses angles. Ces substances doivent-elles être considérées comme isomorphes? Si elles n'offraient que ce caractère: Evidemment non! car à vrai dire la forme de la molécule varie de l'une à l'autre d'une manière assez sensible, pour qu'un instrument de mesure puisse très facilement nous en rendre compte. Ces substances doivent être considérées comme isomorphes parce que toutes ces molécules de composition chimique, si différentes sont susceptibles d'entrer toutes à la fois dans un même réseau cristallin. C'est-à-dire de donner au cristal du système rhomboédrique parfaitement régulier, composé de toutes ces molécules hétérogènes. Ce cristal, quelque soit sa forme extérieure sera clivable parallèlement aux faces d'un rhomboèdre dont l'angle caractéristique se rapprochera de celui du rhomboèdre du sel prédominant. Cette dernière règle peut être même traduite en formule pour deux sels. Soit m et n deux nombres proportionnels à ceux des molécules de sel de nature différente qui entrent dans un sel mixte; a et b les valeurs des angles caractéristiques des cristaux de chacun des sels à l'état de pureté.

L'angle x° du cristal composé sera:

$$x^\circ = \frac{ma + nb}{m + n}$$

Il existe dans la nature une substance formée d'un même nombre de molécules de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie $m = n$

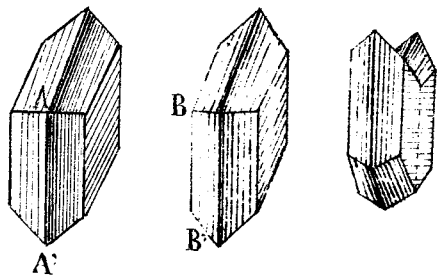
$$a = 105^{\circ}, 5'$$

$$b = 107^{\circ}, 25'$$

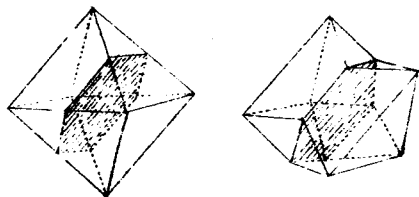
$$x^{\circ} = \frac{105^{\circ}, 5' + 107^{\circ}, 25'}{2} = 106^{\circ}, 15'$$

L'expérience nous apprend que c'est en effet la valeur de l'angle de la dolomie.

139 Nous avons défini les cristaux des polyèdres convexes. Cette définition est générale. Cependant quelquefois elle paraît en défaut; car on voit des cristaux qui semblent offrir des angles rentrants. Dans ce cas on peut être assuré de n'avoir point affaire à un cristal simple, mais à un ensemble de cristaux réunis entre-eux d'après une loi d'ordre. Le plus souvent les choses se passent comme si deux cristaux ou deux moitiés de cristaux se réunissaient par des parties analogues, l'un des individus ayant subi une inversion par rapport à l'autre. Nous nous bornerons à quelques exemples.

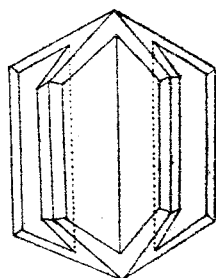


en résulte un cristal complexe qui présente un angle rentrant.

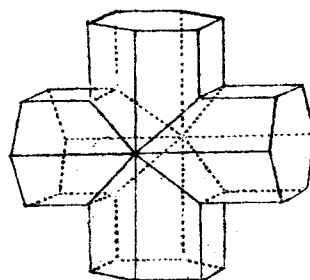


Coupons un octaèdre régulier par un plan parallèle à un couple de faces et passant par le milieu des arêtes, l'on obtient un hexagone régulier. Laissons la moitié supérieure de l'octaèdre immobile, faisons tourner l'autre de 180° dans le plan de section, de manière à faire coïncider les côtés de l'hexagone qui, avant la rotation, étaient opposés. On obtient la figure ci-contre qui présente un angle rentrant. (Spinelles).

140. Association de deux cristaux de Staurotide, de six cristaux de plomb carbonaté.



Plomb carbonaté



Staurotide

141. Il existe des minéraux qui apparaissent sous des formes cristallisées qui appartiennent à d'autres minéraux.

Un cristal étain noyé dans une gangue et s'en est détaché, il a laissé une cavité qui a pris exactement sa forme extérieure, une matière plastique vient se placer dans ce moule où elle se consolide. Si la gangue est détruite l'on peut rencontrer sur le sol le cristal dû à ce montage.

Autre exemple. — Un cristal déjà formé est plongé dans un milieu renfermant d'autres éléments que celui où il a pris naissance: il y a échange moléculaire entre les éléments en présence. Le cristal originel disparaît, mais chaque molécule de la substance dissoute venant prendre la place d'une molécule de cristal primitif, la forme de ce dernier subsiste. On trouve ainsi le quartz pour les formes de la chaux carbonatée; le fer carbonaté se convertit en fer peroxydé, sans perdre sa forme rhomboédrique. Vous disons sans perdre sa forme extérieure, car la molécule élémentaire a évidemment changé de forme. Le silicate de Zinc prend la forme de la galène, l'oxyde d'étain la forme de l'orthose.

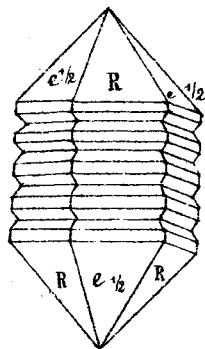
On distingue facilement les cristaux véritables de ces cristaux d'imitation, leurs faces sont ternes, mal planées et la structure

interne est terreuse ou au moins fibreuse.

Nous ne les avons mentionnés ici que pour mémoire et aussi parce que leur étude peut jeter un grand jour sur l'origine des minéraux. Le nombre des minéraux reconnus aujourd'hui par l'analyse sous ces formes d'emprunt s'élève au $\frac{1}{4}$ des espèces connues.

Stries.

142 Un grand nombre de cristaux présentent sur leur faces des stries, comparables à celles que l'on obtiendrait si on venait à les rayer, au moyen d'un burin, d'un diamant, traçant à leur surface des lignes parallèles. Le quartz offre des stries très remarquables. Nous savons qu'une face du prisme hexagonal régulier, des cristaux de quartz, est en relation par l'une de ses extrémités avec une face du rhomboèdre primitif,



par l'autre avec une face d'un rhomboèdre dérivé par voie de truncature sur les angles latéraux. Or, dans le quartz, ce sont les faces du prisme hexagonal régulier, qui présentent ces rayures, ces stries, et si on les examine avec une bonne loupe, on s'assurera qu'elles sont séparées par de petits espaces plans, tandis que les cavités, les rentrées, ont la forme cunéiformes, l'une des

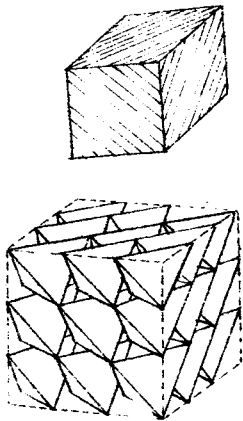
faces parallèle à une face du rhomboèdre primitif et l'autre à une face dérivée. Ces lignes qui semblaient constituer une irrégularité, nous révèlent, au contraire, d'une nouvelle manière, la structure régulière des cristaux; car, nous voyons que les cristaux de quartz qui présentent parfois des dimensions très considérables, puis qu'il s'en est rencontré qui n'ont pas moins de huit mètres de circonférence, résultent de l'agrégation de petits cristaux, visibles à la loupe, semblables à l'individu cristallin tout entier.

Mais, ce n'est pas là, la seule conclusion que l'on puisse tirer de l'observation du phénomène; il en est une autre plus importante encore, c'est que ces cannelures, ces stries, résultent de l'intersection de deux faces cristallines. Les stries ne sont donc pas un accident produit par des causes

extérieures, mais elles doivent toujours être parallèles à une arête cristalline, car une arête cristalline, c'est l'intersection de deux faces. La direction des stries est constante dans chaque espèce. Le phénomène est donc lié à la loi de symétrie. Si une face présente des stries, une face homologue doit présenter des stries identiques. Si, sur une face cubique des stries sont dirigées parallèlement à une diagonale, joignant deux angles opposés, il faudra nécessairement qu'il existe des stries parallèles à l'autre diagonale, joignant les deux autres angles, car les quatre angles sont de même espèce. Eh bien, cette règle subit des exceptions, et l'un des élèves d'Hauy, Monsieur Delafosse a tiré parti de ces observations pour rapprocher le phénomène des stries à celui de l'hémihédrie, c'était continuer l'œuvre du maître, et suivre sa méthode, qui était, quoi qu'en aient pu penser ses successeurs, la méthode du bon sens.

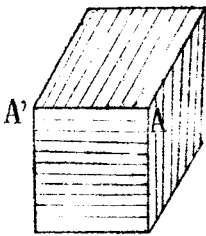
Il y a des cristaux cubiques de blende (ZnS) qui présentent des stries diagonales: ces diagonales aboutissent à quatre angles, et ne joignent pas les quatre autres. Il y a évidemment ici, altération de la symétrie dans la forme extérieure. Monsieur Delafosse en a tiré cette conclusion, pleine de sagacité et de logique, à savoir, que l'hypothèse la plus naturelle à faire était de tenir compte dans la molécule elle-même du changement de symétrie de la forme extérieure.

En effet, imaginons que ces cubes de blende, soient composés de molécules de forme tétraédrique, rangées comme le représente la figure ci-jointe. On voit: 1° que les intervalles moléculaires dessinent d'eux-mêmes, les stries observées sur les cristaux; 2° que deux angles du cube diagonalement opposés ne sont plus semblables, car l'un offre un sommet trièdre tandis que l'autre présente une face plane.



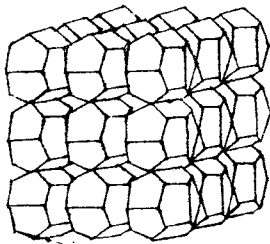
Il en résulte que si ce cube vient à être modifié sur ses angles, la moitié seulement d'entre eux présentera des modifications, des troncutures, par exemple, et que le solide passera à un tétraèdre régulier. Or, l'expérience confirme cette conclusion, car entre toutes les formes cristallines qu'on rencontre dans la blende, c'est le tétraèdre qui est la forme dominante.

On rencontre pareillement des cubes de pyrite jaune de fer, qui offrent des stries sur toutes leurs faces; ces stries parallèles à deux côtés



d'une même face. S'en ne rencontre pas de stries dans le sens transversal. Cependant si deux arêtes d'une face sont ainsi réunies par des stries, il n'y a pas de raison, pour que les deux autres qui sont de même espèce que les premières, ne soient pas encore reliées par des stries de même nature. Ce sont là, pour ainsi dire des stries hémihédres. Sur 3 faces

formant un angle solide A, les stries sont disposées de manière à être parallèles à l'une des trois arêtes qui concourent au sommet A. Si on suppose que le cube de pyrite de fer soit composé de molécules ayant la forme d'un dodécaèdre pentagonal, rangées comme dans le solide que repré-



sente notre figure, on voit que les intervalles entre les arêtes moléculaires culminantes dessinent, en effet, sur les faces du cube, des stries dirigées comme celles que nous avons observées. Si un pareil cube vient à être modifié sur ses arêtes, il le sera sur chacune par des plans inégalement inclinés sur les deux faces, séparées par cette arête; car, sur la face horizontale supérieure,

par exemple, les stries aboutissent à l'arête AA', tandis que

sur la face verticale antérieure les arêtes ne joignent pas AA' . Cette arête n'est donc pas de même nature, si on la considère comme appartenant à la face horizontale supérieure, ou si on la considère comme appartenant à la face verticale antérieure. Le plan qui viendra la modifier sera donc inégalement incliné aux deux faces qu'elle sépare. Ce plan est dirigé comme l'un quelconque des plans d'un biseau qui reposerait sur cette arête. Or, nous avons vu, que si l'on fait un biseau (p. 93) sur toutes les arêtes du cube, puis que l'on supprime la moitié des plans du biseau, dans un certain ordre, bien entendu, le solide compris dans les plans conservés, est un dodécaèdre pentagonal. L'expérience confirme toute notre déduction, car le dodécaèdre pentagonal, est la forme la plus habituelle sous laquelle se présente le pyrite jaune de fer.

Clivage.

143. Nous nous sommes déjà entretenus de la propriété si remarquable que possèdent les minéraux de se laisser diviser suivant certaines directions, plus facilement que suivant toutes autres. Cette propriété, avons-nous dit, est la conséquence de la structure réticulaire des milieux cristallisés. Les cristaux offrent des vides de dimension finie, compris sous des plans parallèles, qui les traversent dans toute leur étendue. Ces vides séparent les couches planes où sont rangées les molécules. Si dans la direction de ces fissures, on appuie la lame d'un couteau que l'on choque vivement, il en résultera dans toute la masse un ébranlement qui tendra à écarter les unes des autres, les couches de molécules déjà isolées. Si, en vertu de ces ébranlements, la limite d'élasticité n'est pas dépassée, il ne se produira rien; mais, s'il en est autrement, c'est-à-dire si deux lames moléculaires voisines sont portées au-delà de cette limite, il y a rupture, séparation définitive.

Le minéralogiste qui clive un minéral pratique sur lui une véritable troncature. Le clivage est donc soumis à la loi de symétrie, qui fixe la position des faces cristallisées. Les clivages doivent se répéter avec la même facilité, parallèlement à toutes les faces du cristal qui sont de même espèce, c'est-à-dire cristallographiquement semblables. La galène (PbS) possède trois clivages rectangulaires entre eux. Cette substance cristallise dans le système cubique; or, si un clivage est parallèle à une face cubique, il n'y a pas de raison pour qu'il n'en existe pas d'autres parallèles aux autres faces du cube. Le diamant (C) et le Spath fluor (CaFl) possèdent quatre clivages parallèles aux faces d'un octaèdre régulier; la blende (ZnS) offre six directions de clivage parallèles aux faces d'un dodécaèdre rhomboïdal. Les clivages sont toujours parallèles aux faces de l'une des formes qui appartiennent au système cristallin de la substance.

Dans le système cubique, on ne pourrait trouver, un, deux, cinq, sept clivages, parce qu'il n'y a pas de forme dérivée du cube, dont les faces terminales possèdent un, deux, cinq, sept directions. Mais on a trouvé ainsi qu'il vient d'être dit, des substances cubiques qui offrent quatre, six clivages. On pourrait en trouver même qui en offrent douze et vingt quatre. Il est vrai qu'un si grand nombre de clivages impliquerait une molécule minérale de forme très complexe, ce qui n'est pas. Quand il existe plusieurs clivages et qu'on vient à les produire avec la même facilité, ils découvrent des faces d'un même éclat, possédant des propriétés physiques identiques. Il en résulte des formes comprises sous des groupes de clivage de même facilité. Et ces formes on peut remonter au système cristallin.

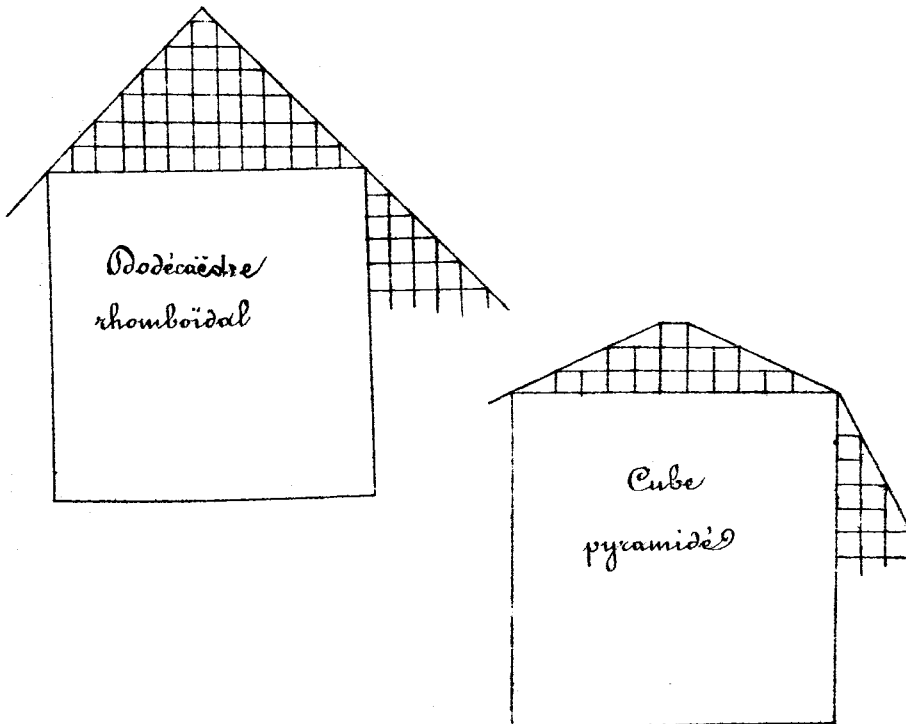
Le clivage est aussi bien un caractère géométrique qu'un caractère physique, puisqu'il se répète avec le même éclat, parallèlement aux faces identiques, il constitue une propriété géométrique qui met en lumière la forme interne des cristaux. Mais c'est aussi une propriété

physique, car l'on agit avec un marteau, on cherche à vaincre l'adhérence des lames dont le cristal est composé, adhérence, cohésion, qui diffèrent suivant les directions qui ne sont pas cristallographiquement identiques.

144 On produit le clivage en frappant directement la substance cristalline avec un marteau, ou bien en frappant sur une lame tranchante appuyée sur le minéral et dirigée dans le sens du clivage. Quand le corps cristallisé résiste à ces épreuves, il faut le chauffer à haute température et le plonger dans un liquide (l'étoumer), c'est par ce dernier procédé que l'on fait apparaître les clivages de la substance qui entre toutes est peut être la plus rebelle, le quartz.

Hauy prenait toujours la forme de clivage pour forme primitive et, en cela, il agissait très logiquement, puisque la forme de clivage est la forme moléculaire et que c'est à l'aggrégation de ces formes élémentaires qu'est due la forme extérieure. J'avais montré, en effet, qu'en comparant

les unes avec les autres des lames composées de molécules possédant la forme de clivage de manière à ce que ces lames soient disposées en retraite les unes par rapport aux autres on pouvait toujours reproduire tous les cristaux naturels de la substance. La galène ou le sel gemme ou trois



divager rectangulaires également faciles. Haüy en concluait que la molécule est cubique. Il supposait qu'il se formait d'abord par la juxtaposition de ces molécules un noyau cubique, puis que des lames complètes les une sur les autres, mais de dimensions décroissantes se disposaient sur ce noyau. Les figures ci-contre montrent clairement que l'on peut ainsi expliquer la formation du décaèdre rhomboïdal et du cube pyramide

Caractères Physiques.

Durété.

145 Dans le langage ordinaire, ce mot désigne la résistance qu'oppose un corps à certaines actions mécaniques, aux efforts que l'on fait pour le briser avec un marteau, pour le comprimer, l'allonger, etc. En minéralogie, on entend seulement par durété la résistance qu'oppose un corps quand on vient à le frotter avec une pointe. Si un minéral présente une face plane et qu'au moyen d'une pointe d'acier on le frotte dans une direction linéaire, il se peut qu'il naisse sur cette face un sillon plus ou moins profond. Il en résultera toujours une traînée de poussière; il faudra l'enlever avec le doigt et regarder à la loupe, si vraiment la pointe frottante a fait naître une raie, une cannelure. S'il en est ainsi, on conclura que le corps frotté est moins dur que le frotteur. Au lieu d'une pointe d'acier, on pourra se servir, soit d'un éclat aigu de minéral, soit même d'un cristal terminé en pointe. Voulez-vous essayer, par exemple, quel est le plus dur du quartz ou de la chaux carbonatée, on prendra un cristal de quartz et la pyramide qui termine le prisme hexagonal, nous fournira une pointe naturelle. L'on s'assurera bien facilement que le quartz raye la chaux carbonatée, raye même les carreaux de vitre.

146 Comment définir ce caractère? Nous venons de voir comment

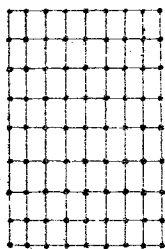
on pouvait s'assurer entre deux minéraux quel était le plus dur. Supposons que nous ayons essayé tous les minéraux deux à deux, on pourra les ranger dans l'ordre de dureté en mettant par exemple, en tête le plus mou, et terminant le tableau par les plus durs. Cette série comprendra les cinq cents ou six cents espèces minérales communes. On la divisera en dix parties contenant à peu près un même nombre de minéraux. On attribuera un numéro d'ordre à l'espèce ^{qui} placée à la tête de chacune de ces divisions, on en sera comme le chef de file. Ces espèces seront :

mises par l'acier	}	N ^o 1	Talc, silicate de magnésie hydraté cristallisé
		N ^o 2	Gypse, sulfate de chaux hydraté cristallisé
		N ^o 3	Spath d'Islande, chaux carbonatée cristallisée
		N ^o 4	Spath Fluor, calcium fluoruré cristallisé.
		N ^o 5	Apatite, chaux phosphatée cristallisée.
Divers de l'acier	}	N ^o 6	Orthose, silicate double d'alumine et de potasse cristallisée.
		N ^o 7	Quartz, silice cristallisée
Sous feu à l'acier.	}	N ^o 8	Topaze, Alumine fluo-silicatée cristallisée
		N ^o 9	Corindon, Alumine pure cristallisée
		N ^o 10	Diamant, Carbone pur cristallisé.

Soit à définir la dureté d'une substance, la Tourmaline, par exemple, on verra qu'elle est impuissante à rayer le Diamant, le Corindon, la Topaze, mais qu'elle rayer facilement le Quartz. Sa dureté est donc plus grande que celle du quartz, mais elle est moindre que celle de la Topaze. Au point de vue de la dureté, cette substance est donc comprise dans la division N^o 7, elle aura pour symbole un chiffre intermédiaire entre 7 et 8, soit 7,5. Au moyen de ce procédé le degré de dureté n'est pas mesuré, mais seulement indiqué. C'est Romé de L'Isle, qui le premier a proposé ce moyen de traduire en symboles numériques, les différences de dureté. Quand deux minéraux ont à peu près la même

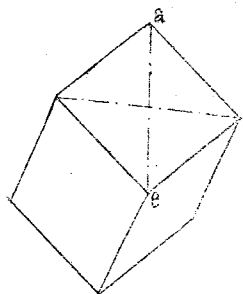
durété, les renseignements que l'on peut tirer de ce caractère, n'ont pas grande valeur. Il en est tout autrement, s'ils sont placés dans des divisions éloignées du tableau.

147 La durété dépend de la cohésion, non pas des lames cristallines, mais des files cristallines. Le clivage, avons-nous dit, sert à reconnaître



les différences entre la cohésion des lames, les essais auxquels donne lieu la recherche de la durété, met en lumière les différences de cohésion qui existent dans les files moléculaires. Soit une couche de molécules moins condensée dans le sens vertical, que dans le sens horizontal. La durété variera suivant ces deux sens, c'est là une propriété qui varie suivant

les directions, et qui par conséquent peut être inégale, sur les diverses faces des cristaux. Le Gypse a plusieurs clivages, dont l'un d'une netteté si parfaite qu'il l'emporte sur les autres. C'est sur cette face de clivage facile que la durété est la moindre, il en est ordinairement ainsi pour les autres minéraux. L'Antimoine sulfuré a un clivage tellement facile que le moindre choc tend à le produire. De larges surfaces très miroitantes sont mises à découvert, parallèles à l'un des plans diagonaux d'un prisme rhomboïdal droit; les faces de clivage sont rayables à l'ongle, les plans du prisme, au contraire, ne peuvent être rayés par ce moyen. Le Disthène ($Al_2O_3, 2SiO_3$) a une durété qui varie sur les trois faces formant un même angle solide.



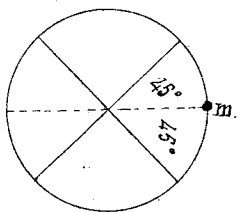
Sur une même face suivant les directions, la durété avons-nous dit, peut varier encore. Le Carbonate de chaux rhomboïdrique, offre des durétés différentes quand on le raye au moyen d'une pointe suivant la diagonale inclinée ou la diagonale horizontale. Hombgens

affirme que la dureté de la chaux carbonatée varie même suivant une direction constante, quand bien la raye dans un sens ou dans l'autre, sur notre figure de α en ϵ ou de ϵ en α ; Mais ces variations sont si petites qu'on peut les négliger, et l'on agit comme si la dureté était constante dans chaque ^{espèce} minérale. On considère, pour ainsi dire, ce caractère dans son état moyen; d'ailleurs, il le faut bien, car on n'a pas d'instrument bien propre à donner de ce caractère une mesure exacte, tous ceux que l'on a proposés jusqu'à ce jour sont très imparfaits.

Elasticité acoustique.

148. Savart s'est servi de ce caractère comme d'un moyen très propre à mettre en lumière certaines différences physiques, qui existent dans les parties diverses d'un même minéral. Il faisait tailler des plaques cristallines dans une direction bien connue, c'est à dire orientée d'une manière bien précise par rapport aux axes cristallographiques. Il donnait toujours à ces plaques la forme circulaire, et les faisait vibrer en fixant un point quelconque de leur surface, et frottant le bord avec un archet. Il en tirait ainsi des sons appréciables qu'il estimait fort bien, en excellent musicien qu'il était. La plaque en vibrant se divise en plusieurs segments, qui vibrent chacun pour leur compte, séparés par des lignes droites ou courbes qui restent en repos. Si l'on saupoudre la plaque de sable fin, les parties vibrantes le secouent, pour le rejeter sur les lignes en repos; chaque son correspondra donc à une figure acoustique, dessinée par le sable.

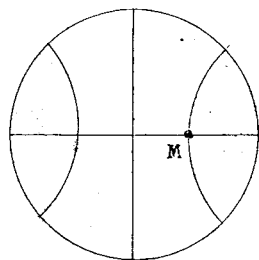
Si les plaques sont empreintes à une substance cubique, pour des formes de même dimension, elles rendront le même son et offriront les mêmes figures modales, quelle que soit l'orientation de ces plaques par rapport aux axes. Comme ces plaques ont donc même élasticité. Si on ébranle au moyen d'un archet un point m de la circonférence de la plaque, tandis que le centre est assujéti au moyen d'une pince



convenablement disposée, on obtiendra deux lignes nodales, d'équerre l'une sur l'autre placées toutes deux à 45° du point d'ébranlement. Si l'on ébranle de la même façon un autre point m , les lignes nodales se déplaceront pour se placer de nouveau à 45° de ce point. Les extrémités des lignes nodales se promèneront

donc sur toute la circonférence du disque, si le point d'attaque se promène lui-même sur cette circonférence.

Avec les lames cristallisées appartenant aux cinq derniers systèmes, il en est tout autrement. Tout point de la circonférence attaqué ne donnera pas un son, ce n'est que par tâtonnement, que l'on peut trouver ceux qui donnent une note appréciable. Si on obtient alors, pour une note donnée, des lignes nodales, des figures, que l'on peut tracer sur la plaque elle-même, au moyen d'encre de Chine par ces lignes nodales, sont fixées, on ne peut les faire voyager sur le disque. En fixant, soit avec le doigt, soit mieux avec une pince, un point M situé sur un rayon nodal, et en son milieu, on obtient un autre son et une autre figure acoustique. Dans le premier cas, celui où le centre était fixé, l'on avait obtenu



deux lignes nodales, suivant deux diamètres normaux. Dans le deuxième cas, l'on obtient deux branches, d'hyperbole, dont l'une passe évidemment par le point fixé, puisqu'il est nécessairement un point de repos. Mais qu'on remarque bien que la figure ne se produit, que s'il y a un son.

149 Nous avons déjà dit en parlant des irrégularités que présentent les cristaux, que la pyramide terminale du quartz offre alternativement

des faces qui appartiennent au rhomboëdre primitif de $94^{\circ} 15'$, et des faces qui appartiennent à un rhomboëdre dérivé du primitif par troncature sur les angles latéraux H . S'il en est vraiment ainsi des plaques taillées parallèlement à ces faces, et soumises à l'expérience de Savart, ne donneront pas le même son. En effet, pour une plaque parallèle aux faces du rhomboëdre primitif, faces que Savart appelle divables, bien que le clivage n'y soit qu'ébauché, l'on obtient en fixant le centre, deux lignes nodales, dirigées suivant deux diamètres perpendiculaires entre eux; et le son rendu est celui de U ; si l'on fixe, au contraire, le point milieu du rayon nodal, l'on obtient deux branches d'hyperbole, et le son rendu est le mi . Pour les plaques, parallèles aux faces du rhomboëdre dérivé, l'on obtient pour les lignes diamétrales le son du Sol [#]; le son correspondant aux lignes nodales hyperboliques, est le Re ^b.

Ces résultats, sont cependant aujourd'hui contestés, par quelques minéralogistes; qui croient y voir des contradictions avec certains principes cristallographiques. On a recommencé ces expériences en Italie, mais les résultats n'en sont pas encore aujourd'hui connus.

Densité.

150. La densité est un des caractères les plus précis, et les plus rapides pour déterminer les substances minérales. On sait que toutes les substances n'accusent pas un même poids quand on les pèse sur les mêmes volumes. Pour déterminer la densité, ou bien le poids spécifique d'une substance, il faut faire deux pesées, l'une dans l'air ou mieux dans le vide, l'autre dans l'eau, ou un liquide dont on connaît la densité par rapport à l'eau. Pour les corps solides, la densité est généralement représentée par un chiffre entier, suivi d'une fraction décimale, que l'on peut pousser jusqu'au millième. L'annuaire du bureau des longitudes, donne une table complète de la densité de tous

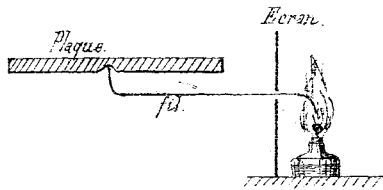
les minéraux communs. Toutes les densités sont comprises entre 0 et 22. Quant aux moyens de l'estimer, nous n'avons pas à en parler ici, car ces méthodes, sont enseignées dans le cours de Physique.

Conductibilité pour la Chaleur.

151. Nous avons dit que la valeur des angles dièdres des cristaux, variait avec la température. Mitscherlich, en portant à 100° au delà de la température ordinaire, un cristal de Spalh d'Islande, a relevé une différence dans les angles de $8'$ à $9'$. M.onsieur Fizeau a reconnu que dans ces circonstances l'axe principale (Ligne **A A** joignant les angles culminants) se dilate, tandis que le cristal se rétrécit dans des directions normales à cet axe. Il aurait pu se dilater dans ces directions, moins que suivant l'axe vertical; mais non, il se contracte. Le Quartz est aussi, on le sait, une substance dont les cristaux dérivent du rhomboëdre; par la chaleur, il y a aussi dilatation de l'axe principal; mais la dilatation est plus grande encore, exactement deux fois plus grande, dans des directions transversales.

Tous ces phénomènes intéressent plus les physiciens que nous.

M. de Sénarmont a reconnu que la conductibilité était la même dans des directions cristallographiquement identiques, différentes dans des directions cristallographiquement différentes. Il a généralisé le procédé d'Hyngenouse pour mesurer la conductibilité des solides.



Dans une lame cristalline à faces parallèles, on creuse un petit tron, on y fait arriver une tige métallique recourbée qui pénètre dans le tron; cette tige métallique est chauffée à l'autre extrémité au moyen d'une lampe, abritée derrière un écran, qui protège la

plaque contre son rayonnement. La plaque cristalline est recouverte d'une mince couche de cire vierge. Si la plaque conduit inégalement la chaleur dans différentes directions la cire fondra plus ou moins loin, du foyer de chaleur, c'est à dire, du point de contact, de la tige échauffée. Dans les substances cubiques, la cire fondue, donne un bourrelet, exactement circulaire, la conductibilité est donc la même dans toutes les directions. Dans les milieux cristallisés appartenant aux autres systèmes, la conductibilité est un maximum dans une direction, et un minimum dans la direction perpendiculaire. Le bourrelet de cire fondue dessine une ellipse dont les axes sont parallèles à ces directions de maximum, et de minimum de conductibilité.

Propriétés optiques.

152 L'on entend par propriétés optiques des cristaux, celles qui sont manifestées par la lumière qui se réfléchit à leur surface, ou est transmise à travers leur masse (Réfraction). Les phénomènes de réfraction sont les plus intéressants.

Au point de vue optique, les cristaux se partagent en trois classes.

1^{ère} Classe : Cristaux monoréfringents.... Système cubique ou substances amorphes

2^{ème} Classe : Cristaux biréfringents uniaxes { Système du prisme droit à base carrée
Système Rhomboédrique.

3^{ème} Classe : Cristaux biréfringents biaxes { Système du prisme rhomboïdal droit
Système du prisme rhomboïdal oblique
Système du prisme oblique dissymétrique.

153 1^{ère} Classe - La première classe comprend les milieux cristallisés qui appartiennent au système cubique. Rappelons quelques principes.

Si un rayon de lumière LO tombe obliquement sur la surface d'un corps transparent cubique ou amorphe, et qu'au point de contact

on élève une normale NN' à la surface d'incidence ; en général, ce rayon ne conserve pas dans l'intérieur de la substance, la direction qu'il possédait dans l'air avant d'y entrer ; Mais il sera brisé, de manière à s'approcher de la normale NN' . Si l'on appelle plan d'incidence le plan NOL qui renferme à la fois le rayon incident et la normale, le rayon OL' transmis dans la substance restera dans ce plan. C'est la première loi de Descartes, Mais l'angle $N'O L'$ sera plus petit que l'angle NOL . Ces deux angles n'ont entre eux aucune relation mais leurs sinus sont liés par une loi. En effet quelque soit l'angle d'incidence l'on aura toujours $LM = n L'M'$, ou si l'on appelle i l'angle de réfraction correspondant à l'angle d'incidence i' l'on aura toujours :

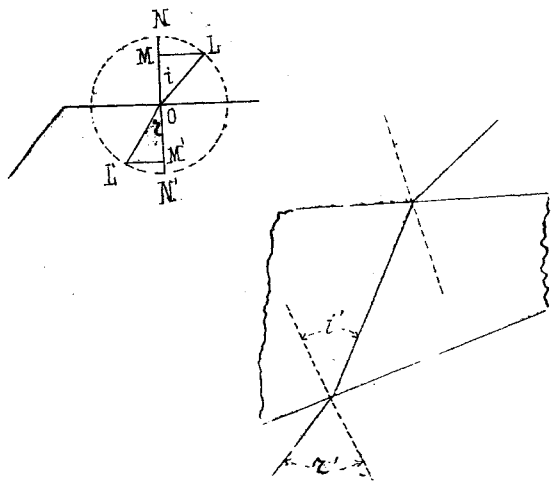
$$\frac{\sin . i}{\sin . i'} = n = \text{Constante dans chaque espèce minérale.}$$

C'est la deuxième loi de Descartes. Le nombre n est appelé indice de réfraction, il est constant dans une même substance minérale, variable d'une substance à l'autre. On trouve dans l'annuaire du Bureau des Longitudes les indices de réfraction de presque toutes les substances vitreuses. Quand le rayon lumineux passe de l'air dans un corps solide n est plus petit que 1, donc n est plus grand que 1, Ainsi pour le Diamant $n = \frac{3}{2}$, pour le verre $n = \frac{3}{2}$, pour la glace $n = \frac{4}{3}$ etc.

Mais le rayon après avoir été transmis dans toute l'épaisseur de la substance doit nécessairement en ressortir. Si i' est l'angle d'incidence sur la face de sortie, & i l'angle de réfraction, à la sortie dans l'air, l'on aura encore.

$$\frac{\sin . i'}{\sin . i} = K.$$

Et, cette valeur de K est précédemment égale



à $\frac{1}{n}$, c'est-à-dire une quantité plus petite que 1; Pour le diamant K est égal à $\frac{4}{3}$; pour le verre, K est égal à $\frac{3}{2}$, pour la glace K est égal à $\frac{3}{4}$.

154 Il résulte de ce fait que le rayon pour certaines incidences sur la face de sortie ne peut pas en réalité sortir de la substance. En effet, on peut toujours faire sinus $i' = \frac{1}{n}$; Car il est, avons-nous dit, plus grand que 1, et par conséquent $\frac{1}{n}$ est plus petit que 1. L'on aura :

$$\frac{\sin i'}{\sin r'} = K = \frac{1}{n}$$

ou :

$$\frac{\frac{1}{n}}{\sin r'} = \frac{1}{n}$$

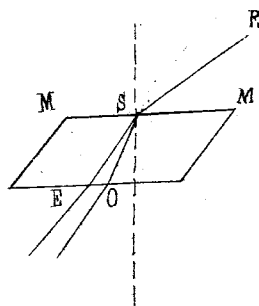
d'où :

$$\sin r' = \frac{\frac{1}{n}}{\frac{1}{n}} = 1$$

par conséquent r' est égal à 90° . Le rayon réfracté est donc parallèle à la face de sortie. La lumière s'étale en nappe parallèlement à cette face. Il y a des cristaux qui lorsqu'ils reçoivent la lumière sous certaines incidences, présentent un éclat métallique très vif, comme si des lames d'or ou d'argent étaient appliquées sous les faces observées. C'est à de la lumière ainsi emprisonnée dans la masse cristalline qu'il faut attribuer ces éclats.

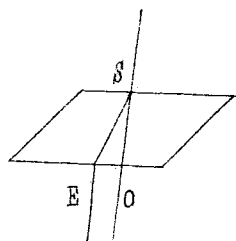
155. 2^{ème} Classe — La seconde classe comprend les milieux cristallins qui appartiennent au système du prisme droit à base carrée ou du rhomboèdre.

Ici les choses se passent d'une manière toute différente que dans les milieux amorphes ou enbiques. D'une manière générale quand un rayon



de lumière tombe sur une face naturelle ou artificielle, et dans ce dernier cas taillée au biseau, le rayon à partir du point d'incidence, ne se brise pas tout d'une pièce, mais en deux pièces; il y a deux rayons transmis pour un seul

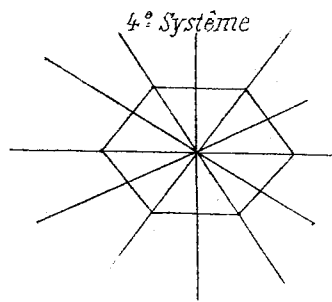
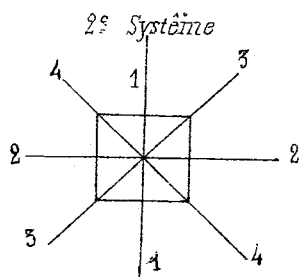
rayon incident. Soit un rayon incident $R.S.$ tombant obliquement sur la face naturelle ou artificielle $M.M$, le rayon se brisera en deux autres, dont l'un suivra les deux lois de Descartes, auxquelles obéissent les rayons transmis dans les milieux cubiques ou amorphes. C'est le rayon ordinaire $S.O.$ L'autre rayon, au contraire, ne suivra aucune des deux lois de Descartes, il sortira du plan d'incidence, et pour des incidences diverses, l'indice de refraction passera par une série de valeurs différentes.



Remarquons que les choses se passent ainsi quand bien même le rayon incident serait normal à la face d'incidence. (Par cette expression, il faut entendre tout simplement la face qui reçoit le rayon incident.) Dans le cas que nous supposons le rayon ordinaire entre et sort, sans se dévier; car si dans la formule $\frac{\sin. i}{\sin. r} = n$ on fait $i = 0^\circ$ l'on a

$0 = \sin. r \times n$ d'où $r = 0$, par conséquent, il n'y a pas déviation, pourvu bien entendu, que la face de sortie soit parallèle à la face d'entrée.

156 Cette règle générale subit des exceptions. Si nous appelons axe principal du prisme droit à base carrée, la droite qui joint les milieux des bases opposées; axe principal du rhomboëdre, celle qui joint les angles culminants A ; tout plan mené par l'axe principal perpendiculairement à une face donnée naturelle ou artificielle, coupe le cristal suivant une section dite Section principale par rapport à la face donnée.

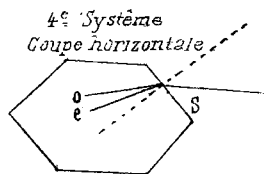
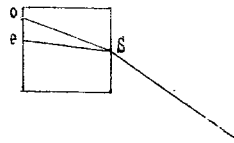


Les dessins ci-contre montrent les traces sur le plan horizontal de sections principales (2^e système), par rapport aux faces du prisme primitif; Comme par rapport aux faces de l'octaèdre sur les arêtes basiques (1,2) par rapport à l'octaèdre naissant sur les angles (3,4.) L'on voit aussi les traces horizontales des sections principales, par rapport aux faces du rhomboïdre et des prismes hexagonaux aux arêtes latérales et aux angles latéraux. (4^e Système)

157. 1^{re} Exception - Si le plan d'incidence sur une face se confond avec la section principale par rapport à cette même face, le rayon extraordinaire obéit à la première loi de Descartes, il demeure dans le plan d'incidence, mais son indice est toujours variable.

158. 2^e Exception - Si le plan d'incidence est perpendiculaire à l'axe principal, ce qui implique que la face d'incidence soit elle-même parallèle à l'axe, car le plan d'incidence est perpendiculaire à la face d'incidence et à l'axe principal. Dans ce cas, le rayon extraordinaire suit les deux lois de Descartes, il a donc un indice constant. Né,

2^e Système
Coupe horizontale

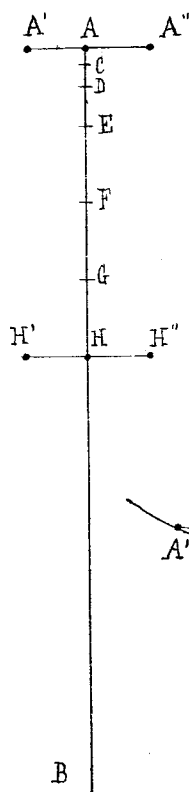


159. 3^e Exception - Si la face d'incidence est perpendiculaire à l'axe principal et que le rayon d'incidence tombe normalement à cette face, c'est-à-dire suivant la direction de l'axe principal, il n'y a pas de partage du rayon, il n'y a pas de bifurcation. Le rayon entre et sort sans se diviser, sans devier de sa direction originelle, que la face de sortie soit ou non parallèle à la face d'incidence.

Si l'on prend l'indice du rayon extraordinaire dans le cas où il est

constant, c'est-à-dire dire dans l'hypothèse de notre deuxième exception, l'on a, avons-nous dit l'indice n_e . Comparons la valeur de cet indice, avec celle du rayon ordinaire n_o . Si le rayon extraordinaire est celui qui est le plus près de la normale, c'est qu'il est le plus dévié, son indice est le plus grand. L'on a $n_e > n_o$, ou si l'on veut $n_e - n_o > 0$. Pour ces cristaux, la différence des valeurs de l'indice extraordinaire et ordinaire, est positive; ces cristaux sont dits positifs, si, au contraire, le rayon ordinaire est le plus dévié, l'on a $n_o - n_e > 0$, et par conséquent $n_e - n_o < 0$; ces cristaux sont dits negatifs.

161 Les deux rayons ordinaires et extraordinaires qui se propagent dans ces milieux cristallisés sont polarisés à l'angle droit; mais ce terme a besoin d'être défini, et pour le faire d'une manière un peu complète, il faut chercher à vous faire comprendre comment l'on doit entendre un rayon lumineux dans la théorie des ondulations. Nous avons déjà eu occasion de dire, en parlant de la constitution moléculaire des corps, que pour une foule de motifs, on est conduit à admettre, que dans tout l'univers, c'est-à-dire dans les espaces moléculaires, aussi bien que dans les espaces célestes, est répandu un fluide impondérable très élastique, appelé Éther. Dans la théorie moderne de l'optique la lumière n'est autre chose que le résultat de l'agitation de ce milieu étheré. Un rayon de lumière est un file rectiligne de particules étherées, entrant en vibration de la manière suivante. Soit un rayon de lumière se propageant suivant la direction AB , la molécule étherée A , va être dérangée de sa position originelle. Elle est entraînée de A vers A' où elle s'arrête. De A' elle revient en A et dépassant cette position d'équilibre, elle est rejetée vers A'' , puis revient encore en A pour recommencer de nouveau. La molécule dans ce trajet se comporte comme un pendule qui oscille autour de sa position d'équilibre, et les vitesses qu'elle possède dans ces positions diverses, sont égales aux vitesses que posséderait un certain pendule, occupant



successivement les mêmes positions. Ainsi la vitesse nulle en A' et A'' est maximum en A . Le temps employé par la molécule A , pour parcourir le chemin $A \cdot A' \cdot A \cdot A'' \cdot A$ est dit temps d'une oscillation complète. Soit après que la molécule A a commencé à se mouvoir, la molécule C voisine est entrée aussi en mouvement pour faire la même chose; puis la molécule D , et ainsi de suite à mesure que la molécule A passe par les différentes phases de son oscillation complète. Ainsi le départ de A a déterminé immédiatement après le départ de C , le départ de C a déterminé celui de D , et ainsi de suite dans le sens du rayon AB . Il faut bien remarquer que si le mouvement lumineux se propage suivant AB , c'est-à-dire si les molécules étherées, qui appartiennent à cette file rectiligne entrent seules en mouvement, ces molécules vibrent perpendiculairement à la direction de propagation AB . Quand la molécule A a accompli son oscillation com-

plète, le mouvement de propagation a eu le temps de se faire sentir jusqu'en H . La ligne AH est dite longueur d'onde. La longueur d'onde est donc égale à celle de la portion du rayon lumineux qui est entrée en mouvement, tandis que la particule étherée placée à l'origine du rayon a exécuté une oscillation complète. Au moment où H entre en vibration pour commencer sa première oscillation, A commence sa seconde. A et H seront donc constamment dans les mêmes positions par rapport à la position d'équilibre, et posséderont toujours des vitesses égales et de même sens. Deux particules étherées

distances d'une longueur d'onde sont toujours dans la même phase d'oscillation. Si l'on partage l'intervalle AH en quatre parties égales, on voit facilement que :

E	est entré en mouvement quand	A	était arrivé en	A'
F	" " " " "	A	" revenu en	A
G	" " " " "	A	" arrivé en	A''
H	" " " " "	A	" revenu en	A

Donc :

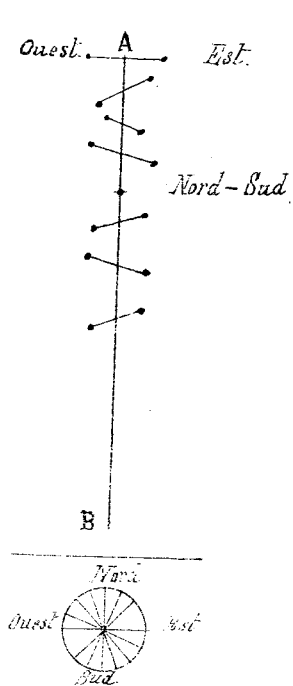
E est en retard sur A de $\frac{1}{4}$ d'oscillation

F " " " A " $\frac{1}{2}$ "

G " " " A " $\frac{3}{4}$ "

H " " " A d'une oscillation entière.

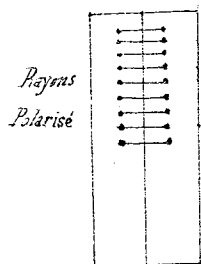
Ainsi, si H possède constamment une vitesse égale à celle de A et de même sens, F possède constamment une vitesse égale à celle de A et de sens contraire. Il en sera de même pour tout le reste du rayon lumineux. Mais il faut distinguer deux espèces de lumière, la lumière naturelle et la lumière polarisée.



162 Dans la lumière naturelle qui nous arrive du soleil, les particules d'éther oscillent, ainsi que nous l'avons dit, perpendiculairement à la direction de la propagation du mouvement lumineux, si l'on veut perpendiculairement à la direction du rayon lumineux, mais elles oscillent dans tous les plans possibles, passant par le rayon. Par la droite AB qui représente la file de molécules éthérées qui participent au mouvement vibratoire, on peut faire passer une infinité de plans, orientés dans tous les azimuts $N-S$, $E-O$, $N n^o S$, $E m^o O$, etc. Chaque particule éthérée tourne en vibrant

perpendiculairement au rayon, reste dans l'un de ces plans orientés d'une manière quelconque; De telle façon, que si nous supposons par exemple, notre rayon vertical, toutes les positions extrêmes de repos des particules vibrantes sont sur un cylindre droit, dont la file recuillie agitée est l'axe, et les différents diamètres du cercle ci joint, qui est la coupe de ce cylindre, nous montrent les projections en vraie grandeur des chemins parcourus dans ces directions diverses, par les particules d'éther.

163 La lumière polarisée est au contraire celle dans laquelle les particules éthérées vibrent toutes dans un même plan. Il y a entre



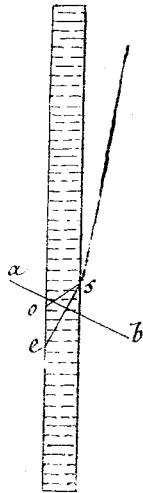
Rayon polarisé
dont le mouvement
vibratoire s'arrête
brusquement.

un rayon de lumière naturelle, et un rayon de lumière polarisée la différence qui existe entre un cylindre et un rectangle, entre une came et une règle plate. Si nous supposons que le mouvement vienne tout à coup à s'arrêter dans un rayon lumineux, chaque particule éthérée conservera la position qu'elle occupait au moment de s'arrêter; la figure ci jointe nous montre pour une longueur du rayon égale à deux longueurs d'onde, la position réciproque de ces particules.

164 On appelle plan de polarisation le plan passant par le rayon lumineux, perpendiculaire à tous les chemins parcourus par toutes les molécules vibrantes. Le plan de vibration est au contraire celui qui comprend tous les chemins vibratoires. On dit que deux rayons sont polarisés à angle droit, quand leurs plans de polarisation sont perpendiculaires entre eux. Dès lors le plan de vibration d'un des rayons, est parallèle au plan de polarisation de l'autre, et réciproquement, si ces rayons sont parallèles.

165. Les deux rayons qui traversent un cristal uniaxe sont polarisés à angle droit, c'est à dire que les vibrations des particules élastiques placées sur leur trajet, s'exécutent dans des plans rectangulaires entre eux. Si on suppose que le rayon incident, soit situé dans une section principale; les vibrations du rayon ordinaire s'exécutent dans un plan perpendiculairement à cette section, tandis, que les vibrations du rayon extraordinaire ont lieu dans le plan même de cette section. Ceci, va s'expliquer par un exemple.

La tourmaline est un cristal biréfringent uniaxe. Elle cristallise sous la forme de longs prismes droits hexagonaux, ou mi-hexagonaux, c'est à dire à base triangulaire. L'axe principal est parallèle aux spaux des prismes. Si on taille une lame à faces parallèles entre elles et à l'axe principal, un rayon de lumière naturelle compris dans un plan de section principale de la lame, se décomposera en deux rayons; l'un ordinaire, qui vibre dans la direction perpendiculaire au plan d'incidence, c'est à dire horizontalement dans l'hypothèse de notre figure; l'autre extraordinaire, dont la direction de vibration

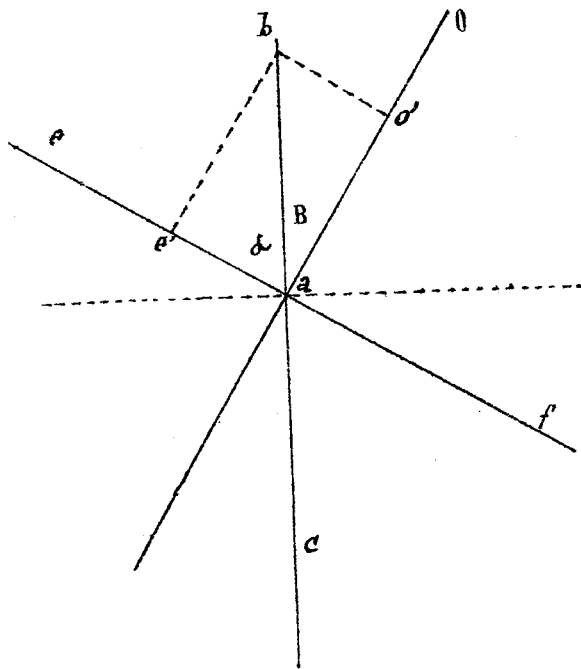


seront comprises dans le plan d'incidence lui même, et s'effectuent parallèlement à la ligne d'intersection de ce plan et d'un autre quelconque normal au rayon (Direction $a-b$)

Les tourmalines colorées ont la propriété d'absorber le rayon ordinaire et de ne laisser passer que le rayon extraordinaire. Il résulte de ce

fait que si l'on taille une seconde lame de tourmaline, à faces

parallèles à l'axe principal, comme on l'avait fait pour la première, et qu'on reçoit sur cette seconde lame, le rayon extraordinaire qui a traversé la première, celui-ci ne pourra pas toujours être transmis à travers la



à traversé la première tourmaline soit vertical et se projette horizontalement suivant un point α , ses vibrations s'effectuant parallèlement à l'horizontale $c. \alpha b$, leur intensité étant proportionnelle à αb . Soit $e f$, la direction de l'axe de la seconde tourmaline supposée horizontale, En y pénétrant, le rayon qui se projette en α , se divise en deux autres, l'un ordinaire, vibrant perpendiculairement à la nouvelle section principale dont la trace horizontale est $e f$, par conséquent suivant αo ; l'autre, dans la section principale, elle-même, parallèlement à la ligne

d'intersection de ce plan avec le plan normal au rayon, qui est la face d'incidence; cette ligne n'est autre chose que $e f$. Si de l'extrémité b , on abaisse sur αo et sur $e f$, des perpendiculaires; $\alpha o'$ et $\alpha e'$ nous représentent les intensités des deux rayons transmis dans la deuxième tourmaline.

$$\alpha e' = \alpha b \cdot \cos L$$

L étant l'angle compris entre la section principale de la deuxième tourmaline et le plan de vibration du rayon qu'elle reçoit, lequel se confond avec le plan de section principale de la première (à rapporter-

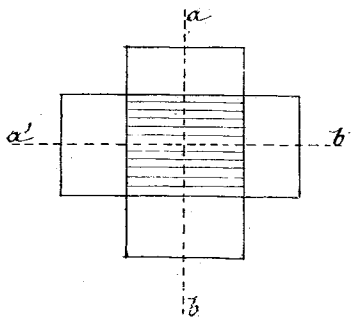
a ce qui a été dit plus haut). L'axe donne l'angle compris entre les deux plans de section principale des deux tourmalines.

$$\text{Si } \alpha = 90^\circ \quad \alpha' = 0$$

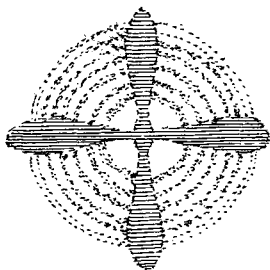
donc ce rayon, est éteint.

L'on a de même $\alpha' = \alpha \cdot b \cdot \cos \beta = \alpha \cdot b \cdot \sin \alpha$
 donc α' pour une valeur de α égale à 90° devient égale à $\alpha \cdot b$. Mais, nous avons dit que les tourmalines colorées, ne laissent pas passer le rayon, dont les vibrations sont normales au plan de section principale; parcequ'il y a absorption de ce rayon. Le premier rayon est éteint, le second absorbé, aucun des deux ne passe par conséquent. Si donc

α et α' nous représentent les directions des axes cristallographiques de deux lames de tourmaline, et que nous appliquons ces deux lames l'une sur l'autre, en croisant ces axes d'équerre, aucune lumière ne passera à travers les portions de lames en contact.



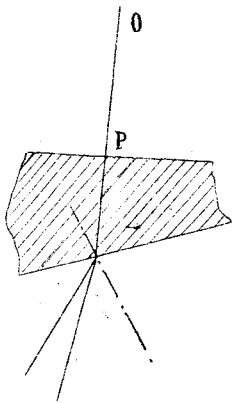
166 Et bien, taillons maintenant, dans un cristal uniaxe une lame épaisse de deux à trois millimètres à faces



parallèles, et perpendiculaires à l'axe cristallographique, une face parallèle à celle dont nous avons déjà indiqué la position, en examinant la troisième exception à la loi générale de la double réfraction dans les cristaux uniaxes. Intéposons cette lame entre les tourmalines croisées, l'obscurité disparaît aussitôt, le champ de l'instrument redevient clair, et l'on aperçoit le phénomène suivant; une série d'anneaux colorés parfaitement circulaires, traversés par une croix noire dont les branches vont

s'élargissant à mesure que l'on s'éloigne du centre. Plus la lame est épaisse, plus les anneaux sont serrés et nombreux; plus elle est mince, plus aussi les anneaux deviennent rares, et tendent à s'élargir. De là, un moyen de voir tout de suite si un cristallin est positif ou négatif. Il suffit de savoir d'avance que le spath d'Islande est négatif, et le quartz, positif. Si l'on a, à sa disposition des lames de chaux carbonatée et de quartz, taillées perpendiculairement à l'axe, et que l'on double de l'une d'elle la lame également perpendiculaire à l'axe à essayer, si les anneaux se resserrent, c'est que la lame est de même signe que celle qui la double, puisque toutes deux agissent ensemble comme une lame de même nature plus épaisse. Si les anneaux s'élargissent c'est que les lames sont de signe contraire.

167 Dans les cristaux biréfringents dont nous nous sommes occupés, il existe une direction telle, que si un rayon qui la suit, est normal à une face et entre dans le cristal par cette face, il en sortira sans se bifurquer, que la face de sortie soit ou non parallèle à la face d'entrée. Dans les cristaux biréfringents uniaxes il n'y a qu'une direction qui satisfasse à cette condition il n'y



à qu'un axe optique.

Il existe il y a une infinité d'axes d'élasticité.

Qu'est-ce qu'un axe d'élasticité?
 Soit OP
 L'un de ces axes. Coupons une face normale à cet axe, le rayon dirigé suivant OP entrera sans se bifurquer et sortira de même; si la face de sortie est parallèle à la face d'entrée; mais si ces faces sont inclinées l'une sur l'autre, le rayon transmis sera

bifurqué à la sortie.

Dans les cristaux uniaxes, il n'y a qu'un axe optique, mais une infinité d'axes d'élasticité, distribués dans toutes les directions, comprises dans toutes les sections, perpendiculaires à l'axe cristallographique.

168 Dans les milieux cristallisés qui appartiennent au troisième, cinquième et sixième système cristallin, on peut toujours trouver par le tâtonnement, deux directions de face pour lesquelles des rayons normaux traversent le cristal sans se bifurquer, que la face de sortie soit ou non parallèle à la face d'entrée. Il y a donc deux axes optiques, deux directions suivant lesquelles le rayon n'est pas bifurqué, directions déterminées par deux lignes que l'on peut toujours supposer menées par le centre de la forme primitive. Ces deux lignes déterminent un plan, que nous appellerons plan des axes optiques.

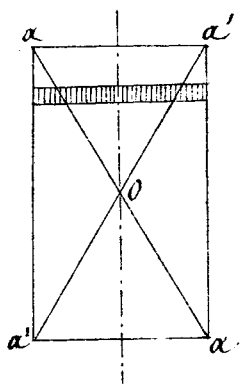
Dans ces milieux, on ne trouve jamais que trois axes d'élasticité perpendiculaires entre eux.

Dans le troisième système cristallin (Prisme rhomboïdal droit) le plan des axes optiques est, ou parallèle à la base, ou à l'un des deux plans diagonaux perpendiculaires sur la base.

Dans le cinquième système cristallin (Prisme rhomboïdal oblique) le plan des axes optiques se confond avec le plan diagonal unique perpendiculaire sur la base de la forme primitive, ou bien occupe une position quelconque tout en demeurant perpendiculaire à ce plan.

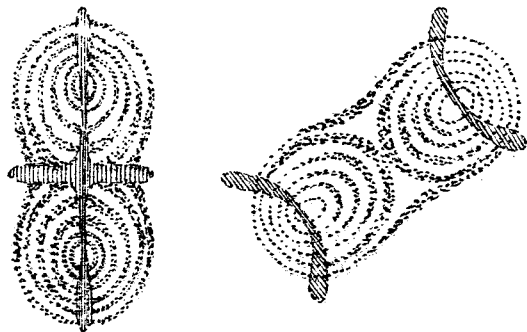
Dans le sixième système cristallin (Prisme doublement oblique) le plan des axes optiques, ne présente aucune relation de position, avec les faces ou les plans diagonaux de la forme primitive.

On peut, avons-nous dit, chercher par tâtonnement la direction des deux faces, pour lesquelles il n'y a pas bifurcation du rayon normal. Ces faces déterminées, la direction des axes optiques l'est aussi, et par conséquent, la position du plan \mathcal{O} qui les comprend. Soient $\alpha\alpha$, $\alpha'\alpha'$ les deux axes optiques.



Deux droites qui se coupent forment des angles aigus et obtus. Menons la bissectrice des angles aigus (Bissectrice aiguë). La position de cette bissectrice est encore connue, si la direction des axes est connue. Couillons enfin dans le cristal, une lame à faces parallèles, normale à cette bissectrice et plaçons la entre les tourmalines croisées. Le champ de vision, d'obscur

qu'il était, redeviendra clair, il y aura restitution de transparence, et pour une position de la lame, telle que le plan des axes se confonde avec la section principale d'une des tourmalines, l'œil apercevra le phénomène suivant: Deux systèmes de courbes ovales colorées de ténuité du spectre, dont les plus extérieures se sondent sous forme de lémniscates, le tout traversé par une croix noire.



Si on tourne la plaque dans son plan de manière à ce que le plan des axes optiques, soit incliné de 45° sur le plan de section principale de l'une des tourmalines, l'on ne voit

pas se modifier la forme des anneaux, mais l'on saisisse alors que dans la première image, ce que l'on avait pris pour une croix noire, n'était en réalité, que deux branches d'hyperbole serrées l'une contre l'autre; séparées, au contraire, et bien visibles, quand la plaque cristalline qui occupe cette seconde position (comme le montre la figure ci dessus). Voilà un moyen pratique de distinguer les cristaux uniaxes d'avec les biaxes.

169 Dans les cristaux biaxes, il n'y a plus de rayon ordinaire, plus de rayon qui obéisse aux lois de Descartes. Les indices de réfraction varient avec toutes les incidences, toutes les positions des faces et plans d'incidence, pour les deux rayons transmis. Cependant, il est un des deux rayons, pour le quel les variations de l'indice sont si faibles que l'on continue souvent à l'appeler rayon ordinaire.

170 Les deux lames de tourmaline dont on fait si souvent usage pour observer les phénomènes optiques des milieux cristallisés sont montées dans des rondelles de liège embrassées par un anneau.



Un gros fil de cuivre bouclé vers le milieu et croisé de manière à prendre la forme d'une pince vient se courber sur les anneaux de tourmaline. Les deux lames de tourmaline sont donc appliquées l'une sur l'autre par l'élasticité du fil de cuivre, et cette force de ressort retient

aussi les lames cristallisées interposées entre elles. C'est la pince à Tourmaline.

Polychromisme

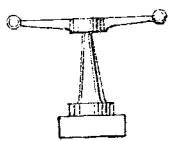
171 Il existe des cristaux qui vont par transmission dans un sens offrir une couleur, et vont dans un autre sens

une autre couleur: c'est le phénomène du polychromisme. Les deux directions suivant lesquelles la lumière offre ces teintes diverses sont toujours cristallographiquement différentes. L'on rencontre en Piémont des cristaux de Pyroxène verdâtre, offrant les formes d'un prisme rectangulaire oblique naissant par truncature des arêtes et est H du prisme rhomboïdal oblique qui est la forme primitive. Si l'on regarde à travers deux faces parallèles du prisme dérivé les rayons transmis sont verts, à travers les autres faces ils sont bruns. C'est encore un polychromisme de double réfraction; deux rayons polarisés à angle droit, l'un vert l'autre brun sont transmis dans ces deux cas, mais c'est tantôt l'un, tantôt l'autre, qui est absorbé. La lumière qui est transmise est comme brisée, certains rayons sont absorbés, d'autres passent.

La tourmaline présente souvent un polychromisme tout semblable. Les variétés de couleur verte, observées dans le sens de l'axe offrent une teinte feuille morte, et perpendiculairement à l'axe conservent leur couleur. Les variétés noires, dans le sens de l'axe paraissent colorées en bleu, perpendiculairement à l'axe colorées en violet-rougeâtre.

Propriétés électriques et magnétiques.

172 Plusieurs minéraux sont susceptibles de s'électriser par le frottement. Le Quartz, donne l'électricité positive ou vitreuse; l'ambre, donne l'électricité négative ou résineuse, etc. L'on peut



au moyen du petit instrument qui est sous vos yeux, observer ces traces d'électricité. Il consiste en une aiguille, supportée par un pivot isolant; à ses deux extrémités on a piqué deux balles de soufre. L'on sait que les corps électrisés ont la propriété d'attirer les

corps légers, ou si l'on veut de déplacer les objets très mobiles. Présentons à l'une des balles de surreau, un minéral électrisé, il y aura attraction. L'on peut même au moyen de ce petit instrument, apprendre de quelle nature est l'électricité dont est chargé le minéral. L'on sait, en effet, que les électricités de même nom se repoussent, tandis que les électricités de nom contraire, s'attirent. Communiquons à l'une des balles de surreau, une électricité de nom connu, positive ou négative, au moyen d'une baguette de verre, ou d'un gâteau de résine. présentons le minéral à la balle ainsi chargée, en cherchant à produire une réjoubition, et nous serons assurés que l'électricité du minéral, est de même nom que celle de la balle de surreau.

173 Mais, il existe encore des minéraux qui possèdent la pyroélectricité polaire. Ces minéraux ont la propriété de décomposer dans certaines conditions leur fluide neutre, pour accumuler tout le fluide positif vers une de leurs extrémités, tout le fluide négatif, vers l'autre.

Les substances cristallisées, où se manifeste ce phénomène, sont celles qui présentent des cas d'hémiedrie, et même pour être plus précis, nous pouvons dire, celles où l'observation des cas d'hémiedrie qui nous amènent à penser que la molécule est de forme tétraédrique; que le tétraèdre soit d'ailleurs régulier, isocèle, scalène, peu importe. Si l'on se rapporte à une figure que nous avons déjà donnée en parlant des stries (§ 142) l'on verra que dans les cristaux, ainsi composés de molécules tétraédriques, il y a des fils qui ont des extrémités dissimilaires, des pointes, et des plateaux. Il est donc tout naturel que ces extrémités, géométriquement différentes, deviennent des extrémités physiquement dissimilaires, c'est-à-dire des pôles.

Tom. porte à croire, par exemple, que dans la tourmaline la molécule a la forme tétraédrique, le tétraèdre composé de trois faces du rhomboèdre primitif, combinée avec la face de modification, que l'on obtient par troncature de l'un des angles A ; face qui sera aussi de base, aux prismes hexagonaux dérivés du rhomboèdre.

La tourmaline, soumise pendant quelque temps à la chaleur d'un bain de sable, attire l'aiguille à balle de sucre. Si cette balle reçoit une électricité de nom connu, l'une des extrémités de la tourmaline, l'attirera; l'autre extrémité, la repoussera. La tourmaline est donc douée de la pyroélectricité polaire. Pour que le phénomène soit bien visible, il faut laisser un instant refroidir la tourmaline, après l'avoir retirée du bain de sable. L'électricité ne se manifeste, en effet, que lorsque la tourmaline est pour ainsi dire en pleine période de refroidissement. Il faut attendre que le décroissement de la chaleur, soit bien établi.

On peut aussi l'électriser autrement, en sens tout inverse, en l'échauffant graduellement. L'électricité se manifeste aussi bien quand la chaleur va toujours croissant, que lorsqu'elle allait toujours en décroissant; mais alors les pôles sont inverses de ce qu'ils étaient tout à l'heure.

Les cubes de blende diagonalement rayés, offrent la pyroélectricité. Haüy l'avait aussi remarqué dans la Boracite. Cette substance cristallise sous forme de cubes, portant des facettes sur la moitié des angles seulement, modification impliquant une molécule tétraédrique. Les huit angles se partagent donc en deux groupes; les angles modifiés, les angles non modifiés. L'on constate facilement que les modifiés, présentent l'électricité positive, les non-modifiés, l'électricité négative. Il y a huit

poles physiques, présentent quatre à quatre des effets contraires. Les poles électriques résident à des extrémités d'axe terminées par des configurations dissimilaires.

On rencontre la pyroélectricité chez un très-petit nombre de minéraux. A ceux que nous avons déjà cités, nous ajouterons l'hydrosilicate de zinc, la topaze, la prehnite (etc)

Propriétés Magnétiques

174 C'est encore là une propriété que l'on ne peut observer que dans un petit nombre de substances. Elle se rencontre presque exclusivement dans le fer et ses composés. On trouve des traces de magnétisme dans le nickel, le cobalt, le chrome, mais d'ordinaire ces métaux se présentent dans la nature combinés avec le soufre, l'oxygène; en alors, les propriétés magnétiques sont masquées.

Il faut d'ailleurs distinguer entre le magnétisme simple, et le magnétisme polaire.

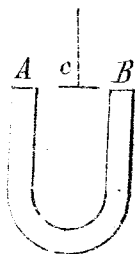
suspendons une aiguille de fer doux, sur un support quelconque, si l'on veut, celui qui nous a servi tout à l'heure à faire nos expériences d'électricité. Si on approche un barreau aimanté de cette aiguille, le fer devient magnétique à l'approche du barreau, mais il n'est que temporairement aimanté; Car par l'éloignement du barreau, il perd ses poles. Quelle que soit, l'extrémité du barreau que l'on présente, il y a toujours attraction.

Les substances qui jouissent du magnétisme simple, sont celles, qui, à l'approche d'un barreau aimanté, décomposent leur fluide magnétique neutre; accumulent vers le bord voisin du barreau le fluide de nom contraire à celle de l'extrémité de ce barreau lui-même pour refouler vers l'autre bord le fluide d'autre

nom. Mais le barreau s'éloignant, les deux fluides repassent aussitôt à l'état neutre.

175 Il y a des corps dont lesquels le fluide est toujours divisé dans une extrémité possède le fluide boréal; l'autre, le fluide austral; en un mot, à qui la nature a donné des pôles qu'ils ont ou conservent dans tous les temps. Suspendons sur notre pivot, un barreau aimanté, et présentons lui un pareil corps. Les choses ne se passeront point comme tout à l'heure, pour notre aiguille de fer dont, une extrémité de notre barreau sera attirée par une portion du minéral, repoussée par l'autre portion, d'égalemment opposée. Ces substances données de pôles, sont très justement appelées magnéti-polaires. Le fer oxydulé appelé pierre d'aimant, le fer oligiste, mais à un degré bien moindre que le précédent. Le fer titané des volcans. Enfin un sulfure de fer d'une couleur bronzée, cristallisant dans le système rhomboédrique (Pyrite

Magnétique) sont à peu près les seules substances, où l'on puisse reconnaître les traces de magnétisme polaire pour le procédé que nous avons indiqué. Mais les physiciens sont allés plus loin que nous. Quand on taille différentes substances sous forme d'aiguille, et qu'on les suspend par un fil sans torsion



dans le fer à cheval, d'un électro-aimant, on observe qu'il en est qui se placent après un certain nombre d'oscillations suivant ABC, c'est-à-dire, parallèlement à la ligne des pôles. Ce sont les substances dites para-magnétiques. C'est le fer, le Nickel, le cobalt, le chrome. Il existe, au contraire, des aiguilles

métalliques, qui se placent transversalement, c'est à dire normalement à la direction du courant. L'antimoine, l'arsenic, le bismuth, etc, prennent cette position. Ces substances sont dites diamagnétiques. Les premières, ou paramagnétiques offrent une foule d'analogies, dont la plus saillante est celle de la forme; elles cristallisent toutes dans le système cubique. Les secondes, au contraire, les diamagnétiques, cristallisent dans le système rhomboédrique, et offrent aussi de très nombreuses analogies.

Caractères extérieurs.

Il faut entendre par caractères extérieurs, ceux que l'on peut déterminer par la simple observation, par l'intermédiaire des sens, mais sans avoir recours à aucun instrument.

Transparence.

17. La transparence est un de ces caractères qui permettent de distinguer fort bien des substances chimiquement très différentes; ainsi, par exemple, les minéraux qui se rapprochent des pierres, possèdent assez souvent la transparence; au contraire, les minéraux, qui renferment un radical métallique, sont très rarement transparents. Ce caractère n'a donc pas, une très grande valeur, puisqu'il sépare des classes de minéraux qui nécessairement doivent offrir bien d'autres dissimilitudes.

La transparence peut d'ailleurs diminuer dans un minéral par plusieurs causes. D'abord, si l'épaisseur augmente; car la lumière qui traverse les corps, est toujours partiellement absorbée par eux. Aussi, en parlant des phénomènes de la double réfraction, avons-nous recommandé de tailler les lames cristallines sous de petites épaisseurs. L'intensité de la couleur, est encore un obstacle à la transmission de la lumière; des couleurs trop intenses

ne s'allient pas avec la transparence.

On dit qu'un minéral est transparent lorsqu'interposé entre l'œil et un objet, l'on peut à travers sa masse, reconnaître la forme de cet objet.

On dit qu'un minéral est translucide, lorsque interposé entre un jour vif et l'œil, il paraît, comme injecté de lumière, éclairé dans toute son épaisseur, sans qu'il soit possible cependant, de distinguer la forme des objets environnants.

Enfin, un minéral est opaque, lorsqu'il arrête complètement la lumière.

Ce caractère permet de tracer les limites des variétés dans une même espèce. Exemple: le quartz cristallisé est transparent, au moins quand ses couleurs ne sont pas trop intenses; le quartz, composé de l'accumulation de feuilletés, emboîtés les uns dans les autres, c'est-à-dire l'agate, est translucide dans toute sa masse, et sous de grandes épaisseurs; le quartz, où l'on ne reconnaît plus aucune configuration extérieure, le quartz massif, ou silex n'est plus translucide que sous des épaisseurs presque insignifiantes, sur les bords amincis, sur les rebords de ses contours; enfin le quartz très vivement coloré, massif, toujours allié à une petite quantité d'argile, c'est-à-dire le jaspé, est complètement opaque.

La transparence tend à disparaître, encore, quand l'éclat du minéral est trop vif; et aussi quand sa composition est hétérogène, quand il offre dans sa masse des vacuoles remplies de substances fluides; par exemple, des substances dont la densité diffère beaucoup de la sienne. Dans ce cas, il y a tendance à l'opacité.

L'on rencontre dans les environs de Paris, des opales presque complètement sèches. Les vacuoles de la pierre sont

remplir d'air; car, lorsque l'on met un fragment de ce minéral dans un verre d'eau, on voit sa surface se tapisser de petites bulles d'air.

Avant de l'introduire dans le verre d'eau, la pierre était complètement opaque, si on la retire au bout de quelques instants, elle est devenue translucide. C'est que l'air a été remplacé par l'eau dans les vides internes. L'ensemble de la masse est donc moins hétérogène qu'avant; car il y a moins de différence de densité entre la silice et l'eau, qu'entre la silice et l'air. Le minéral devenant plus homogène, la lumière éprouve à l'intérieur de la substance moins de réflexions, de réfractions, de déviations en un mot.

Couleur.

178. La couleur, est un caractère d'une très grande importance pour distinguer les uns des autres les substances métalliques. En effet, les différents composés où il entre des métaux, possèdent en général, non pas des couleurs, mais des teintes bien distinctes. Ces colorations sont en général, des moyens très prompts et très pratiques, pour apprendre à connaître presque immédiatement les composés métalliques. Mais pour les minéraux qui ne sont point proprement des composés métalliques, ce caractère est, au contraire, d'une très minime importance. Voici un cristal de quartz, complètement incolore, provenant du Bourg d'Osans en Dauphiné. En voici un autre d'un violet très intense, certes au point de vue de la couleur ce sont là, il semble des minéraux bien différents; Et bien, ils le sont en somme si peu, que le chimiste le plus exercé, aurait peine à trouver dans le cristal foncé, la matière colorante. Encore, n'ai-je pu être pas pris ici, le meilleur

exemple. En effet, il est un autre minéral, qui, comme la silice est un oxyde; je veux parler de l'alumine; qui, à l'état de pureté donne des pierres gemmes, souvent aussi colorées que le diamant lui-même, toute la série de substances précieuses que les joailliers appellent gemmes orientales: à savoir; le saphir d'Orient, le rubin d'Orient, la topaze d'Orient etc, etc. Plaçons le chimiste le plus habile en présence de ces gemmes, l'analyse lui donnera certainement de l'alumine; mais quand à saisir la substance colorante, il y parviendra si peu, que l'on discute aujourd'hui encore la question de savoir si ces colorations sont dues réellement à des molécules étrangères colorantes, emprisonnées dans le réseau cristallin, ou bien, si on ne doit pas plutôt les attribuer à divers états moléculaires; Permettez-moi même d'ajouter, que l'on rencontre en France dans le département de la H^{te} Loire, de véritables saphirs, dont la coloration est si intense qu'ils sont rejetés par les lapidaires parce que ils passent pour ainsi dire au noir.

La coloration d'un minéral pris à l'état massif, diffère parfois d'avec sa coloration quand il est réduit à l'état de poussière. Nous mettrons cette propriété à profit dans quelques circonstances. Nous remonterons par exemple deux minéraux d'aspect semblable, le mica vert et la chlorite. Ces deux minéraux sont d'autant plus voisins l'un de l'autre au point de vue de l'apparence extérieure, que tous deux peuvent se diviser en lames très minces, déterminées par un clivage très facile. Le mica vert réduit en poudre, conserve sa coloration; la chlorite, au contraire, passe au gris. Autre exemple, la Blonde, ou sulfure de zinc, est ordinairement alliée à une petite quantité de fer et de cadmium. A cet état, elle offre une coloration noire, tout en conservant un éclat presque entièrement métallique. Vous en trouvez un bloc de très grande dimension à l'Entrée de l'Ecole; à gauche du

porron. Cette substance, réduite en poudre, perd aussitôt son éclat métallique, prend l'aspect terrene et de noire qu'elle était, sa coloration devient d'un brun presque jaune.

La coloration est, avons-nous dit, un caractère excellent pour déterminer les différents espèces métalliques. Prenons un rés. de porcelaine non recouvert d'enduit céramique, offrons par conséquent une surface finement rugueuse. Nous sommes en présence de 3 oxydes de fer, qui, sur le continent, fournissent presque exclusivement ce métal si précieux à l'industrie; à savoir: l'oxyde de fer, ou fer magnétique, l'hématite de fer, ou fer oligiste; l'hydroxyde de fer, ou peroxyde hydraté. Il s'agit de distinguer ces trois minéraux. Le premier, frotté sur le rés rugueux de porcelaine, donnera une ligne d'un noir intense, le second, une ligne rouge sang. Le troisième, une ligne jaune rouille. Rien de plus facile, par conséquent, que de distinguer ces trois minéraux par leurs colorations.

179 Passons en revue les différentes colorations des minerais métalliques. La couleur blanche est rare, peu décisive; car la réunion de toutes les couleurs équivaut à leur absence. Disons cependant, que la couleur blanche implique d'ordinaire une très grande pureté dans le minéral et qu'alors, les autres caractères physiques, s'accusent d'une manière très nette, il ne sera jamais bien difficile de le reconnaître.

La couleur rouge, est au contraire assez fréquente; mais elle admet des teintes assez diverses. Le rouge sang, est caractéristique du peroxyde de fer. Le rouge vermillon, est caractéristique du mercure sulfuré. En effet, les arts empruntent cette couleur à ce minéral. L'arsenic sulfuré, possède une teinte rouge orangé; toute différente des précédentes. Dans une de ses variétés au moins. Le rouge rouille particulier du sucre d'orge, si commun des enfants,

est caractéristique par transmission d'un minéral qui par réflexion est au contraire presque noir. Je veux parler de l'argent-antimonie sulfuré, que les mineurs appellent l'argent-rouge.

La couleur rose appartient exclusivement au cobalt-arséniaté.

La couleur violette ; doit être attribuée à l'oxyde de manganèse

La couleur jaune, au fer peroxyde hydraté. Cependant, l'arsenic sulfuré, la possède aussi, dans une espèce différente de celle que nous avons signalé il y a un instant.

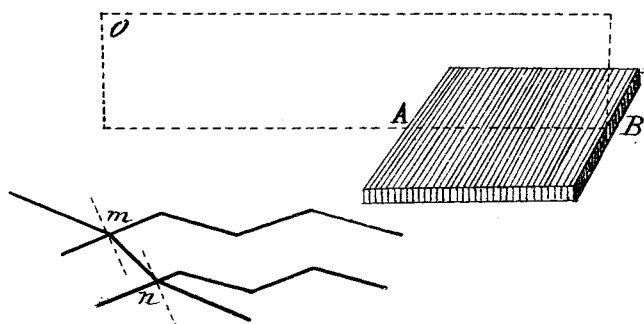
La couleur noire admet encore des dégradations de teintes que saisit très facilement un œil un peu exercé, et qui permettent même de distinguer parfois des minéraux non métalliques. Le combustible, mis à profit dans l'industrie, sont : l'anthracite, la houille et le lignite. Tous les trois sont noirs. Il s'agit de les distinguer, en nous appuyant sur le caractère de la couleur de leur poussière. Promenons l'anthracite sur notre tes de porcelaine, la ligne de poussière déterminée par la friction de ce corps, sera d'un noir presque métallique ; de ce noir qui presque identique à celui que laisserait la trace d'un crayon de jolombagine. Dans ces mêmes conditions la houille donnera une trace d'un noir, analogue au noir de fumée, ou l'œil le moins exercé, reconnaîtra déjà un commencement de teinte brune ; mais faiblement accusée. Le lignite, au contraire, donnera une ligne complètement brune ; et c'est certainement ce caractère qui a fait donner à ce combustible chez les Allemands, le nom de Braunkohle, qui signifie charbon brun.

180. Il est des minéraux qui regardés par réflexion, c'est-à-dire regardés de telle façon, que les rayons transmis à l'œil de l'observateur, soient réfléchis à la surface du minéral sans l'avoir traversé offrent une coloration ; tandis que ce même minéral interposé entre un jour vif et l'œil, de telle façon que la lumière

qui arrive à l'observateur en traversant toute sa masse (regardé par transmission) en offre un autre. Le fluorure de calcium du Cumberland est un de ces minéraux bicolores. Regardé par réflexion, il est violet, regardé par transmission, il est d'un vert pâle, analogue à celui des eaux de l'Océan.

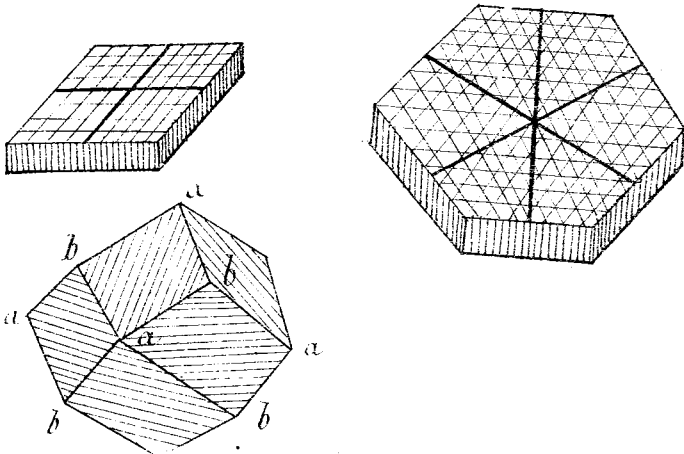
Asterie.

181. C'est là un phénomène qui n'est point dû à la double réfraction, puisqu'on l'obtient dans des substances cubiques. AB est une plaque mince cristalline présentant des stries, c'est



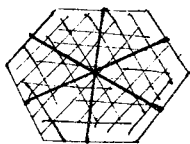
à dire une succession de crêtes et de creux en forme de petites plaques élémentaires qui forment cette

série de ressauts, une suite de rayons qui seront réfractés à l'intérieur de la loupe, suivant m n . Si la plaque est mince m n apparaît comme un point dans le plan d'incidence OAB . Mais les stries étant toujours dues à des surfaces inclinées très-étroites, tous ces points lumineux formeront une ligne brillante, continue, perpendiculaire à la direction des stries. Si la plaque admet deux directions de stries on aura deux lignes lumineuses croisées ces directions. S'il y a trois orientations de stries, il y aura trois lignes lumineuses dirigées perpendiculairement à ces trois orientations. Ainsi un système de stries, une ligne lumineuse; deux systèmes



de stries : une croix ; trois systèmes : une étoile. Le grenat, par exemple cristallise sous la forme d'un dodécèdre rhomboïdal ; dans ce solide il existe des angles tétraèdres tels que a , et des angles trièdres tels que b . Soignons, par la pensée b avec l'angle trièdre qui lui est diagonalement opposé, et taillons dans le cristal une lame mince normale à cette direction. Cette lame que l'on observe de stries dans trois directions, interposée entre l'œil et la flamme d'une bougie suffisamment éloignée laissera voir une étoile à trois branches inclinées entre elles de 60° .

Il y a une variété de corindon (alumine pure) que nous appellerons C . Adamantin. Cette variété se présente sous la forme d'un prisme hexagonal. Sur la base de ce prisme, on remarque des stries, parallèles aux trois directions des côtés de l'hexagone



. En projetant sur cette base la lumière qui émane d'un point brillant, on voit encore une étoile à six branches. Ici, le phénomène, est le résultat d'une simple réflexion. Dans le grenat, l'étoile lumineuse était produite par la lumière qui avait traversé le cristal ; ici, la lumière a été simplement réfléchie à la surface du cristal.

Phosphorescence

182. Encore un phénomène de coloration ; nous pourrions dire même de luire ; mais luire subite, fugitive, passagère. La phosphorescence est la propriété qu'ont certains minéraux d'émettre par eux-mêmes de la lumière. En général, cette propriété ne se rencontre que dans des composés binaires, chlorures, fluorures, sulfures. Si on la rencontre dans des sels, c'est qu'ils renferment accidentellement des traces de composés binaires. Le Diamant fait cependant exception. Il faut, pour que la phosphorescence se manifeste, que les minéraux aient été soumis à des actions physiques ou mécaniques.

Nous citons tout à l'heure le diamant, bien que ce soit un corps simple il offre cependant la phosphorescence. Exposé au soleil, puis porté brusquement dans l'obscurité, il conserve pendant assez longtemps une luire propre. On fait commodément cette expérience, en plaçant le diamant qui a reçu les rayons du soleil, au fond d'un canon de pistolet. C'est la phosphorescence par insolation.

La blende devient phosphorescente par le frottement. Le Spath fluor réduit en poudre, et jeté à cet état sur une pelle un peu échauffée, jette de la lueur très vive dans l'obscurité.

Il y avait très longtemps que l'on avait remarqué aux environs de Bologne, une pierre un peu verdâtre, affectant la forme de boule, à structure fibreuse et radiale. On l'appela le phosphore de Bologne. Cette pierre est une variété de sulfate de baryte. On remarqua qu'elle était parfois lumineuse dans l'obscurité ; mais l'on s'est aperçu depuis, que ce n'est pas un sulfate de baryte lui-même qu'il faut attribuer cette propriété, mais au sulfure de baryum qui l'accompagne toujours.

En broyant le sulfate de baryte, y ajoutant de l'eau et un peu de charbon, et roulant en boule, cette pâte grossière, si on obtient par la calcination des poudres qui laissent observer très facilement ce phénomène; mais il est évident que nous avons ici préparé du sulfure de baryum.

L'apatite ou phosphate de chaux, est susceptible de devenir phosphorescente. C'est qu'en effet, ce minéral n'a jamais, en aucun cas, cette composition simple; mais renferme toujours du chlorure et du fluorure de calcium.

Eclair.

183. Il y a des termes que l'on est bien embarrassé de définir. Je renonce pour ma part, à vous définir celui-ci. Il est en effet des choses, dont on a le sentiment sans pouvoir le traduire d'une manière exacte par le langage. Tout le monde sait ce qu'il faut entendre par éclat métallique, et cependant qui voudrait définir exactement ce terme? Essayons pourtant, d'assigner à ce mot un sens, au moins par comparaison. Un son arrive à notre oreille, nous y distinguons deux choses le ton et le timbre. Le ton; nous jugeons en effet si la note qui est arrivée à notre oreille est plus ou moins élevée dans l'échelle musicale, est une note aiguë ou grave. Mais le son nous est parvenu avec quelque chose de plus encore, avec un timbre spécial. Nous reconnaissons, en effet, pour une note donnée, si elle provient d'un instrument à cordes, à harpe, à piano, d'un instrument à vent en bois ou en cuivre. Et bien, il en est de même pour un rayon lumineux qui arrive à notre œil. Nous jugeons très facilement de sa coloration, de son ton lumineux, de la place qu'il faut assigner à cette couleur, dans l'échelle des couleurs du spectre, rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet; mais ce rayon a quelque chose

de plus encore qu'il a emprunté au corps qui nous l'envoie; cette qualité toute spéciale, variable avec les substances d'où proviennent les rayons lumineux. Correspond exactement au timbre dans les sons; **C'est l'Eclat.**

184. L'éclat se base à la division la plus générale de la Minéralogie. En effet, dans la plupart des combinaisons métalliques, où il entre des métaux lourds, (nous entendons par métaux lourds, ceux que la nature nous offre à l'état natif ou à l'état de minéral susceptible de donner facilement le métal par mélange avec du charbon) dans ces combinaisons métalliques, disons-nous, l'éclat reste ^{quasi} constamment métallique. Il existe en effet, d'autres métaux, dits légers, ce sont ceux que nous devons à Davy, les métaux alcalins et terreux. Ces derniers offrent toujours dans leurs combinaisons diverses l'éclat plus ou moins pierrecé. Il en est de même des métalloïdes et de leurs combinaisons. De là deux grandes divisions.

Minéraux dépourvus de l'éclat métallique.

Minéraux jouissant de l'éclat métallique.

L'on distingue plusieurs sortes d'éclat. L'éclat vitreux est caractéristique de quelques substances. Le Quartz cristallisé, par exemple. Le minéralogiste le plus habile, placé en présence d'un fragment de cristal, et d'un fragment de quartz cristallisé, ne saurait découvrir lequel des deux échantillons représente tel quartz, s'il lui était interdit d'y toucher. L'éclat naixé se rencontre dans le Sphéropath, l'éclat soyeux dans le gypse en fibres, l'éclat gras dans le plomb carbonaté, etc. L'éclat adamantin se rencontre dans d'autres minéraux encore que le Diamant. Enfin, certaines pierres, offrent l'éclat métalloïde; ou si l'on veut semi-métallique. Le mica, par exemple, offre des teintes jaune d'or (Or de char.) blanc d'argent (Argent

de char.) mais si l'on frotte avec un corbeau, on obtient une poussière grise, et l'on voit disparaître ce faux éclat métallique.

Configuration et Structure.

185. Pour que les molécules des minéraux, puissent se grouper de manière à produire des cristaux, il faut, avons-nous dit déjà, beaucoup de temps et du repos. D'il en est autrement la molécule seule, aura la forme cristalline; mais ces molécules confondues dans un ordre, donneront des masses de figure quelconque. Les molécules, ont cependant une telle tendance à se grouper régulièrement, que même, lorsque les circonstances nécessaires à la cristallisation n'ont pas été réalisées, l'on retrouve cependant, un certain ordre, dans la terminaison, dans les faces extérieures des minéraux. Ces formes encore ordonnées, constituent ce que nous appelons les configurations diverses des minéraux?

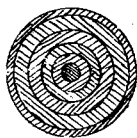
Nous trouvons très fréquemment, la configuration concrétionnée. Des couches successives s'enveloppent les unes les autres, et la surface extérieure se termine par des mamelons, des surfaces à plans diamétraux.

Le fer peroxydé, cristallise sous la forme rhomboédrique; quand il n'a pu le faire, il offre la configuration concrétionnée et constitue alors l'hématite rouge.

Certains minéraux semblent copier la forme des coraux, c'est la configuration coralloïde. La chaux carbonatée prismaticque, se présente souvent sous cette forme.

Dans les cavernes, on trouve souvent des espèces de colonnes attachées à la voûte et reposant sur le sol, avec renflement en ces deux points, rétrécissement, au contraire, dans la partie moyenne, de manière, à copier graduellement un hyperboloïde de révolution, l'axe imaginaire de l'hyperbole génératrice étant vertical. Ces colonnes sont dues au suintement

permanents de liquides tenant en dissolution du carbonate de chaux, du gypse, de la silice, du fer peroxydé hydraté, des sels de cuivre; et cela, grâce à la présence d'un corps étranger. déterminant la dissolution, lequel est éliminé au moment où le liquide arrive à l'air libre. Il se forme alors un cône suspendu à la voûte par sa base. Les eaux ruissellent sur ce cône, l'accroissent sans cesse; mais une partie du liquide retombe aussi sur le sol, il se forme un dépôt, à l'aplomb du sommet renversé du cône supérieur, un deuxième cône tend ainsi à se former sur le sol de la cavité. Ces deux cônes, ou même avec le suintement du liquide, se continuent ainsi, ils s'accroissent et leurs sommets marchent l'un vers l'autre, jusqu'à ce qu'ils se rejoignent pour reproduire la forme que nous avons indiquée.



Il existe une autre configuration qui mérite de nous arrêter un instant, parce qu'on la retrouve dans un étage tri-jurassien de la formation jurassique.

Nous voulons parler de la configuration oblique. Une molécule de chaux carbonatée dissoute dans des eaux agitées, tend à se séparer de sa dissolution; à raison de cette agitation du milieu, il ne peut se former de cristaux. Mais la molécule, ainsi isolée forme centre d'attraction; d'autres molécules sont attirées par elle, et tendent à former à sa surface une petite couche sphérique. La petite sphère ainsi déterminée, devient un centre d'attraction plus actif; il se dépose à sa surface une nouvelle enveloppe de molécules, et ainsi de suite jusqu'à ce que la petite boule ait acquis un poids suffisant pour se précipiter malgré l'agitation des eaux. Cette configuration indique un dépôt chimique autour de noyau

tenue assez longtemps en suspension.

On peut les observer aujourd'hui dans les dragées de Carlsbad et de Tivoli. Ces solites se forment en effet sous marine, dans des bassins ou tournois sans cesse de remous d'eau incessante. Quand on étudie la distribution des continents et des mers à l'époque jurassique, à laquelle, nous faisons tout à l'heure allusion, l'on reconnaît que les conditions de cette formation étaient en effet réalisées. L'on peut facilement s'assurer que là où l'on trouve ces dépôts, il existait de véritables courants maxima, se réfléchissant dans les contours très irréguliers d'îles sporadiques. Cette configuration caractérise par conséquent des formations, effectuées dans des eaux peu profondes, dans des golfes et non dans un océan ouvert.

186. Mais il faut aussi considérer la configuration interne des minéraux, c'est-à-dire la structure. Ici, une distinction toute naturelle, structure cristalline, structure massive?

Prenez un minéral. Par le choc, nous obtenons des clivages nombreux, ou même un seul clivage. La masse du minéral nous apparaît comme divisée à l'avance par des fissures planes naturelles, nous verrons donc apparaître des lamelles planes continues, sur un ou plusieurs de ses côtés. C'est la structure lamellaire. Quelquefois, au contraire, les cristaux au lieu de se déposer dans des plans étagés, se déposent sous forme de longues prismes, groupés autour d'un ou plusieurs centres. L'intérieur du minéral, présente alors un aspect rayonné, chacun de ces prismes, s'offre à nous, sous la forme d'une ligne plus ou moins déliée, toutes ces lignes convergent vers un certain nombre de centres. C'est la structure prismatique, ou fibreuse; prismatique, si les dimensions de ces prismes élémentaires sont appréciables; fibreuse, s'ils sont très déliés.

Enfin la cristallinité constitutive peuvent être très petite et observée d'une manière confuse. L'intérieur du minéral se présente à nous, comme une masse graine. C'est la structure saccharoïde. Dans la structure lamellaire, les molécules sont disposées dans des couches planes, la structure fibreuse est linéaire; la structure saccharoïde, n'offre plus qu'un agrégat de points: Plans, lignes, points, tels sont les modes divers de groupement.

Il est encore d'autres structures, que l'on retrouve non seulement dans les minéraux, mais dans les agrégats de minéraux que nous désignerons plus tard sous le nom de rochers. Nous y reviendrons plus tard quand nous ferons l'histoire des rochers.

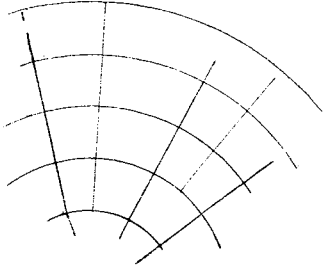
La structure massive est celle des minéraux où l'on ne peut observer aucune trace de cristallisation. Ces minéraux ont l'aspect d'une pâte uniforme, solidifiée. Chaque point que l'on considère ressemble à ses voisins, et l'on ne remarque dans toute la masse, aucune division naturelle, mais une homogénéité complète, dans toutes les parties.

Cassure.

187 La cassure ne constitue pas, à vrai dire, un caractère des minéraux. C'est plutôt un moyen de mettre en lumière leur configuration interne, leur structure. Nous avons dit, en effet, que les rochers superficiels sont constamment altérés par les actions atmosphériques. Pour juger de leur structure, il faut donc mettre à nu des surfaces assez profondément situées, pour que ces actions n'aient pu s'y faire sentir. Si la structure interne est cristalline, la cassure nous permettra de nous assurer si elle est lamellaire, fibreuse ou saccharoïde.

Dans le cas d'une structure massive, la cassure nous fournira des renseignements très précieux sur la nature des

applications auxquelles le minéral pourra se prêter. Si la cassure met à nu, une surface où l'on observe des stries courbes, concentri-



ques, traversées par d'autres stries plus fines, de manière à nous rappeler l'aspect du test, d'une coquille bivalve, ou comme l'on disait dans le vieux français d'une conque, on dit que la cassure est conchoïdale. Cette cassure

nous apprend que le minéral est très homogène. Si on le trouve en masse, on pourra donc le mettre à profit comme pierre de construction. Cette pierre sera très résistante & pourra supporter de lourdes charges. Mais ces surfaces conchoïdales nous apprennent aussi que la pierre est dépourvue de ténacité; nous éviterons donc de l'employer, dans des ouvrages destinés à subir des trépidations, ou qui nécessitent de la portée à flanc,

Le choc fait naître aussi sur la surface de certains minéraux ainsi mis à nu, des écailles fixées à la masse par une de leurs extrémités, détachées vers l'autre. Les extrémités libres, ainsi amincies, sont assez souvent translucides. Cette surface dite coquilleuse, caractère des minéraux à la fois très homogènes et très tenaces.

Enfin, la cassure peut être terreuse, les surfaces découvertes sont inégales, raboteuses, rappellent l'aspect d'un morceau d'argile ou d'une motte de terre.

188. Le choc est un des procédés qu'emploie tous les jours l'ingénieur sur les chantiers pour juger de la qualité de la pierre qu'il se propose d'employer. Les défauts de la pierre à base sont au nombre de deux, les moirés et les filés. Les moirés

sont des cavités intérieures remplies de sable ou d'argile. On peut sans grand danger utiliser les pierres on se rencontre ces accidents, quand la cavité n'est pas trop étendue. La moie fait voir, et la pierre peut fort bien résister. Il n'en est pas de même pour les fils. Les fils sont des fentes planes, très étroites, s'étendant sur des blocs considérables, qui coupent par conséquent la pierre dans toute son étendue, et la divisent en deux fragments simplement rapprochés par des faces planes. La fente est d'ordinaire remplie d'une couche d'argile. Mais l'on sait que l'argile est une matière assez peu agglutinative. Il se peut que si l'une des parties de la pierre reçoit une pression, et l'autre pas, le fragment chargé se sépare de celui qui ne l'est pas, entraînant avec lui toute la charge qu'il supporte. La fente constitue par conséquent, l'un des vices les plus dangereux de la pierre. Il est cependant très difficile, pour ainsi dire impossible de constater à l'avance, l'existence d'un fil, si la pierre n'a pas été dressée dans une direction récomposée par le plan de la fente. Il est alors pénible de rebouter une pierre qui a ainsi subi une taille; il est bien préférable de trouver un procédé qui puisse nous faire connaître, si la pierre est saine ou non. Et bien, rien de plus simple. En moment, où elle arrive dans le chantier, traînée sur ses rouleaux, on la frappe dans toutes les directions au moyen d'un marteau. Or, le son se propage, suivant la même loi de vitesse; dans les corps solides homogènes, avec des vitesses différentes dans des substances de nature différente, dans des sables, des argiles, des gaz. Si la pierre est homogène, elle donnera par le choc, un son clair, une note musicale bien déterminée. Si la pierre est, au contraire, coupée par des vides, remplis de gaz ou de matières meubles, ces matières joueront à l'égard du son,

le rôle que joue une pédale dans un instrument à cordes, une soudeuse, dans un instrument à vent. Le son est étouffé. L'ingénieur sera donc sûr que la pierre n'est pas saine, et il pourra en cherchant avec attention découvrir facilement, la nature du défaut qu'elle présente.

Action sur les sens.

189. Ces caractères sont très peu généraux; mais ils n'en sont que plus spécifiques. Au toucher, certains minéraux, sont onctueux; on croirait en les palpant tenir entre les mains un morceau de savon. Le talc, la Stréatite (variété compacte du talc); en général, les minéraux très riches en magnésie sont très onctueux.

La saveur, est un de ces caractères, qui ne s'appliquent qu'aux minéraux solubles. L'on rencontre des praticiens qui reconnaissent par ce procédé, une multitude de sels. Le sel gemme, a un goût particulier; l'alun, a une saveur astringente; le salpêtre, une saveur fraîche; le carbonate de soude, une saveur caustique, etc.

Très peu de minéraux offrent des odeurs propres. Mais par le frottement, ou la percussion ^{il en est qui} développent des odeurs particulières. Le bitume, donne par le choc une odeur sui generis; le Quartz, de même. Les sulfures et les arseniures, se reconnaissent par la percussion aux odeurs caractéristiques qu'ils dégagent. Certains calcaires, donnent par la percussion une odeur fétide, due au bitume; les argiles, une odeur terreuse, par insufflation. Enfin, par la chaleur, les minéraux développent d'autres odeurs; mais nous en parlerons dans un instant, quand nous nous occuperons de l'usage du chalumeau.

Caractères Chimiques.

Action des Acides.

190. On ne fait usage en Minéralogie que des acides chlorhydrique, nitrique, sulfurique; Encore, ne faut-il jamais porter sur soi que le premier dans les excursions géologiques; les deux autres sont, en effet, d'un emploi dangereux.

On peut constater par l'action des acides, s'il y a ou non effervescence.

L'effervescence est-elle vive? l'on a affaire au calcaire. Est-elle lente? l'on a affaire au carbonate métallique; ou à la dolomie. Pour cette dernière substance, l'effervescence est si lente, qu'il faut la loucher pour apercevoir les bulles délicates de gaz, qui traversent le liquide.

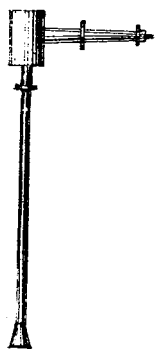
S'il n'y a pas effervescence, il peut y avoir attaque. L'on choisira un fragment du minéral, offrant une surface bien nette, et même s'il est possible, polie. On déposera sur cette surface, une goutte d'acide; et l'on jugera après quelque temps, par l'aspect de la portion de surface où l'acide a séjourné, s'il y a eu ou non attaque.

Il se peut, que dans ces conditions, l'expérience ne réussisse pas, et que cependant le minéral soit attaqué par les acides. En effet, voici ce qui arrive bien souvent. Une substance A est attaquable par une autre B, mais à une condition, c'est que B soit en grande masse, par rapport à A. Si au contraire, la masse de A est égale ou inférieure à celle de B, il n'y a pas attaque de la part de B. Prenons donc, un petit fragment du minéral, et plaçons le au fond d'un verre, où nous versons abondamment de l'acide, il se

se pourra que dans ces conditions, il y ait attaque, quand lors des premiers essais, le minéral était resté inaltéré. Le Labrador, minéral très abondant dans les laves, est un silicate double, d'alumine et de chaux, attaqué par ce dernier procédé seulement, attaqué ainsi qu'on le dit, par longue digestion dans les acides.

Essai au Chalumeau.

191. Le chalumeau est un petit instrument destiné à fournir



un courant d'air constant injecté dans l'intérieur d'une flamme. Il consiste en deux tubes de laiton, l'un court, terminé par une petite tuyère, en platine, ou en cuivre rouge, l'autre long, terminé par une embouchure en ivoire ou en os. Les deux tubes sont implantés d'équerre, l'un sur

l'autre, dans une partie renflée destinée à former réservoir d'air. On souffle dans cet instrument de la manière suivante. On gonfle les joues pour y amasser une certaine provision d'air, puis après avoir placé l'embouchure du chalumeau entre les dents, on chasse cet air en contractant les muscles des joues, sans faire en rien intervenir dans cette action expulsive, les muscles de la poitrine. On renouvelle sans cesse la provision d'air accumulée dans la bouche, à mesure qu'elle s'épuise, en respirant par les narines.

Si l'on souffle de cette façon, en engageant la tuyère dans une flamme, la flamme se couche et si elle est bien soutenue, elle ne se relève point.

L'on fait usage de la flamme d'une bougie, de la

flamme d'une lampe à alcool mélangé d'essence de térébenthine, même encore de la flamme du gaz d'éclairage).

192. L'on peut au moyen du chalumeau faire une série d'expériences. 1^o S'assurer si un corps est hydraté ou non. Broyez la substance et placez-la au fond d'un tube fermé par le bouchon; chauffez au chalumeau. Si il existe de l'eau dans le minéral, elle sera éliminée par évaporation, et viendra se condenser à la partie supérieure du tube sur les parties froides.

2^o S'assurer si la substance renferme des principes volatiles ou susceptibles de devenir volatils par oxydation. Un minéral renfermant du soufre ou de l'arsenic chauffé au chalumeau, par le bord extrême de la flamme, laissera dégager une odeur pénétrante d'acide sulfureux ou d'acide arsénieux. (attaché)

3^o L'on pourra reconnaître si un minéral est fusible ou non. Quand la flamme se courbe sous l'action du courant d'air injecté par le chalumeau, l'on y distingue deux parties; l'une extérieure, brillante, l'autre intérieure, ^{d'un bleu} obscur; toutes deux de forme conique. Dans la partie brillante, le carbone est brûlé, par suite du voisinage de l'air extérieur. C'est donc un espace essentiellement chaud et oxydant. Le cône bleu intérieur, est rempli de particules charbonneuses non brûlées, en suspension, qui jouissent d'un pouvoir réducteur considérable. C'est un espace désoxydant ou réducteur. La partie brillante de la flamme est appelée par cette raison feu d'oxydation, la partie obscure, feu de réduction. C'est à la pointe du cône bleu qu'est développé le maximum de chaleur.

C'est donc là que nous placerons le fragment de la substance que nous voulons essayer. Nous saisirons un mince éclat, au moyen d'une pince à bout de platine; nous verrons bientôt, s'il entre en fusion; si la fusion est aqueuse.

ignée, s'il y a bouffonnement, décapitation, etc. On peut faire mille observations de détail, très caractéristiques. Si il n'y a pas fusion, il ne faut pas conclure cependant que le minéral soit infusible. En effet, entre tous les fragments du minéral choisis sous un terminé par une pointe très fine, il se peut que cette pointe sous l'action de la flamme dégénère en une petite boule; suivant la grosseur de cette petite sphère terminale, l'on jugera si le minéral est difficilement ou très difficilement fusible. Il est bon de constater aussi l'état de la partie fondue, si elle est vitreuse, scoriacée, opaque, etc.

4^e. L'on peut aussi reconnaître dans un minéral la présence des oxydes métalliques au moyen des flux. Les flux sont des substances susceptibles de fondre facilement, et de dissoudre à cet état, toutes les substances métalliques, comme l'eau dissout le sucre. Ces fondants sont:

Le borax (borate de soude)

Le sel de phosphore (phosphate double de soude et d'ammoniac)

Le carbonate de soude.

Il nous avont à reconnaître une substance métallique.

Il nous la grillera d'abord au chalumeau dans le feu d'oxydation pour déplacer le soufre, l'arsenic, l'antimoine etc; et

l'amener à l'état d'oxyde. La particule la plus délicate est suffisante pour l'expérience. L'on prend alors un fil de platine que l'on courbe vers son extrémité de manière à lui donner la forme d'un crochet; l'on engage entre les deux branches du crochet, une petite boule pulvérisée de borax, ou un petit fragment de sel de phosphore. On porte alors le crochet dans la flamme du chalumeau, le flux entre en fusion, et donne



un verre qui lorsqu'il est échauffé pendant quelque temps, devient parfaitement transparent, incolore, et complètement dépourvu de bulles. On fait adhérez alors à ce verre un grain de la poussière métallique, à essayer. L'on porte de nouveau le crochet dans la flamme oxydante du chalumeau. Supposons que nous obtenions une perle d'un verre émeraude. Plaçons cette perle ainsi colorée dans la flamme de réduction, elle prendra une teinte rouge brique. Environ les tables de Berzelius, et nous verrons que c'est là un caractère qui nous annonce la présence du cuivre. Une perle violet améthyste, au feu d'oxydation, incolore au feu de réduction, indique un minéral de manganèse, etc.

5° L'on peut aussi au moyen du chalumeau produire des réductions; mettre à un le radical métallique lui-même. Pour cela, on creuse dans un morceau de charbon de bois, un trou conique; on se sert avec avantage pour pratiquer une



cavité bien nette, d'un outil en fer, terminé par un cône, portant en saillie une arête coupante. On mélange ensemble la poudre minérale à essayer avec cinq ou six fois son poids de carbonate de soude; on détrempe cette poudre d'une goutte d'eau, et l'on en fait une pâte que l'on place dans la cavité conique; on chauffe à la flamme de réduction, le carbonate de soude brunit, se gonfle et se répand sur les bords de la cavité; l'on voit apparaître sur les parois du cône creusé des parties brillantes métalliques; en continuant à chauffer, mais en dirigeant le courant d'air avec un peu d'air, on réunit toutes ces petites sphères en une seule, et l'on obtient un culot de métal, cuivre, étain, etc. La théorie de cette réaction n'est pas connue.

6° La magnésie et l'alumine se reconnaissent au chalumeau, un minéral qui renferme l'une de ces deux bases, humecté d'une goutte de nitrate de cobalt prend une couleur :

Bleue s'il renferme de l'alumine.

Rose s'il renferme de la magnésie.

7° L'on peut aussi juger de la nature d'une substance par la coloration qu'elle communique à la flamme. Il suffit de la réduire en poussière et d'en faire adhérer quelques grains au fil de platine après lui avoir mouillé d'une goutte d'acide chlorhydrique :

La soude et la soude de soude colorent la flamme en jaune.

La potasse et la soude de potasse bien pure, en violet.

La soude strontienne en rouge pourpre, et les sels de chaux en rouge pâle.

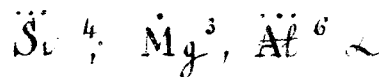
Les sels de baryte en vert pâle ; les borates exempts de soude en vert intense ; les sels de cuivre en vert émeraude (employés sans acide chlorhydrique)

Les chlorures et bromures de cuivre exempts d'arsène ; d'Antimoine et de plomb, en bleu.

Formules Chimiques.

193. L'usage de représenter l'oxygène des oxydes par des points placés au dessus du radical oxydé, comme le faisait Berzelius, après avoir été un instant abandonné a été réadopté. Ainsi, nous écrirons Acide silicique. Si un symbole barré indiquera un atôme double du radical exprimé par le symbole. Ex : Alumine $\overline{\text{Al}}$. Pour exprimer qu'il entre dans le composé plusieurs équivalents d'un oxyde on place à sa droite et en exposant, un chiffre qui exprime ce nombre d'équivalents.

Exemple :



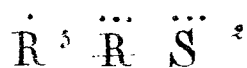
Cette manière d'écrire les formules peut paraître plus compliquée que celle qui est d'ordinaire mise en pratique dans les cours de chimie ; mais pour se convaincre qu'elle est au contraire plus simple, il suffit de chercher à traduire en formule ordinaire celle qui ont été écrites d'après cette méthode.

194. L'on a souvent besoin en minéralogie de généraliser les formules, en effet, les bases isomorphes se remplacent très souvent les unes les autres, dans une même espèce, sans que la forme cristalline vienne à changer. Exemple. Il existe un grenat de couleur claire, qui répond à la formule.



Et bien, sans que la forme cristalline change, la base monoatomique la chaux, pourra être remplacée par du protoxyde de fer, du protoxyde de manganèse. La base sesquioxyde, l'alumine pourra être remplacée par d'autres bases de même formule chimique, le sesquioxyde de fer, le sesquioxyde de manganèse, le sesquioxyde de chrome. Toutes ces bases diverses monoxydes et sesquioxydes peuvent même se rencontrer toutes à la fois dans un même réseau cristallin dans un même cristal. Les premiers chimistes ne pouvaient comprendre qu'à une composition si variable, pût correspondre une forme si constante, car, le dodécaèdre rhomboïdal est la forme pour ainsi dire unique de tous les grenats. Mais l'on ne tarda pas à voir que la variation

n'était qu'apparente, et que l'introduction de ce molécule diverse dans un même réseau, était limitée par une loi très simple; à savoir, que la quantité d'oxygène des bases monoxydées, des bases sesquioxides et, la quantité d'oxygène unie au radical qui donne l'acide, forment trois quantités dont les proportions sont constantes dans une même espèce. Si nous exprimons par $\dot{\text{R}}$ - la base monoxydée isomorphe, par $\ddot{\text{R}}$ la base sesquioxide, par $\ddot{\text{Si}}$ l'acide silicique, la formule du grenat sera:

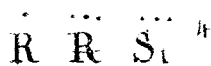


Quantité d'oxygène correspondant à chaque terme 3 3 6

nombre qui sont entre eux comme 1:1:2; par conséquent, cette série de nombres rangés dans cet ordre, 1,1,2 interprétée dans le sens de nos conventions expriment fort bien la composition du grenat.

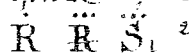
Il existe dans la nature plusieurs minéraux auxquels on donne le nom de feldspaths. L'un d'entre eux porte le nom d'Orthose; il renferme un équivalent de potasse, un équivalent d'alumine, quatre équivalents de silice; Mais la potasse ou l'alumine peuvent être remplacées par des bases isomorphes, pourvu qu'au moins, sans que la forme cristalline change.

La formule sera:



1 3 12

Il existe un autre feldspath à base de chaux, le Labrador, renfermant 1 eq. de chaux, 1 eq. d'alumine, 2 eq. de silice. La chaux pouvant être accompagnée d'une petite quantité d'autres bases isomorphes. Formule:



1 3 6

Ces deux séries de nombres (1, 3, 12) et (1, 3, 6) interprétées comme il a été dit sont caractéristiques; la première de l'Orthose, la seconde du Labrador.

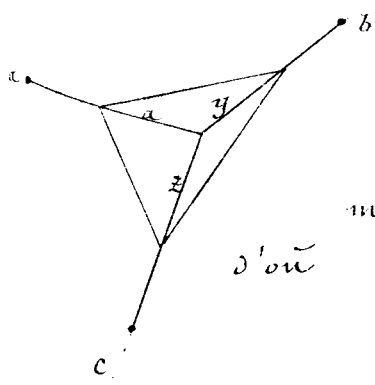
Voici tout ce que nous avons à dire des propriétés générales des minéraux. Il semble que ce soit là une bien longue suite de caractères, dont quelques uns paraissent inutiles, et que le plus simple soit de s'en tenir à la composition chimique; mais nous avons cherché à montrer § 67. 68. 69. 70 qu'il n'en était pas ainsi.

195. Le caractère de la composition chimique serait suffisant par lui-même, si l'on connaissait la composition moléculaire réelle; c'est-à-dire, le nombre absolu d'atomes qui entrent dans une molécule, et leur mode de groupement. Or, l'analyse chimique ne nous fait rien connaître sur ces deux points. Il faut donc, à la composition chimique ajouter un autre caractère: celui de la forme cristalline. La forme cristalline, en effet, n'est quelquefois pas la forme moléculaire, mais elle la représente toujours. La forme cristalline et la forme moléculaire, ont en effet, toujours même symétrie. Composition chimique et forme cristalline, tels sont les caractères fondamentaux des minéraux, car, quand ils s'accordent, tous les autres caractères, densité, dureté, propriétés optiques, s'accordent aussi.

196. Avant d'aborder la description des espèces, il conviendrait de faire connaître les bases d'une classification naturelle des minéraux. Nous le ferions si nous avions l'intention d'étudier la minéralogie en elle-même; mais tel n'est pas notre but. Nous ne voulons apprendre à connaître que les substances, qui entrent assez abondamment dans l'écorce terrestre, pour pouvoir être considérées comme une portion importante de son volume, et celle qui ont une application dans les arts et l'industrie.

De sorte, puisque nous abandonnons toute préférence particulière, nous n'avons pas à nous préoccuper de classification. Nous considérons ^{les} faces cristallines qui ont l'éclat pyroélectrique, et nous réunissons dans quelques corps simples, des oxydes et des sels, que nous réunissons dans cette classe. Parmi les sels, nous rencontrons la grande famille des silicates, que nous étudierons à part. Pour tous les autres sels au contraire, nous réunissons ceux qui ont même base; et cela, pour une raison toute pratique, c'est que la nature réunit toujours dans les mêmes gîtes, les composés qui ont même base. Nous passerons ensuite aux minéraux qui ont l'éclat métallique, leur réunissant quelques minéraux métalliques dépendant de ces éclats.

197. Remarque: Notation des faces cristallines. ———— Toute face cristalline est une troncature. Quand elle porte sur un angle, elle intercepte trois longueurs proportionnelles à des segments entiers de trois arêtes de la forme primitive qu'elle rencontre. Soit a, b, c les trois longueurs d'arêtes de la forme primitive aboutissant au sommet modifié; x, y, z les longueurs correspondantes interceptées par la face de troncature sur ces arêtes. L'observation a montré que l'on avait toujours.



$$x = \frac{1}{m} a$$

$$y = \frac{1}{n} b$$

$$z = \frac{1}{p} c$$

m, n, p étant toujours entiers, jamais irrationnels

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b} = \frac{z}{c} = 1$$

$$\frac{1}{m} a = \frac{y}{n} = \frac{z}{p} = \frac{1}{m n c}$$

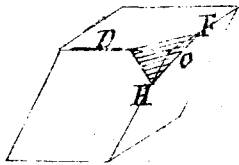
L'on voit parfaitement sous cette forme que les trois longueurs

interceptée par la face de tronçonnage sur les trois arêtes primitives, sont toujours proportionnelles à des multiples entiers de ces arêtes des mêmes.

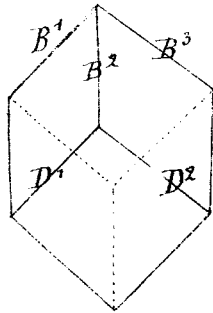
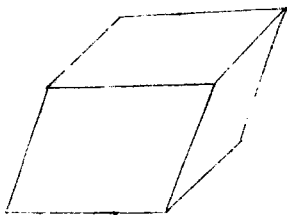
Si la tronçonnage porte sur une arête, la face de modification est parallèle à cette arête. Elle ne compte donc plus en réalité que deux autres arêtes, mais elle peut être considérée comme tronçonnant à l'infini celle à laquelle elle est parallèle.

La notation d'une face est un symbole quelconque qui indique d'une manière précise la position de cette face par rapport aux éléments de la forme primitive. Exemple: Tronçons l'angle O d'un prisme dissymétrique oblique. Les trois arêtes tronçonnées sont D, F, H . La face de tronçonnage sera parfaitement déterminée si à côté de chaque lettre qui exprime la longueur d'une arête de la forme primitive, nous écrivons la fraction de cette longueur, interceptée par la face modifiante.

$$a \frac{1}{m} \quad f \frac{1}{n} \quad h \frac{1}{p}$$



Les conventions qui permettent de faire connaître sur quelle arête de la forme primitive sont comptées les longueurs qui définissent la position d'une face secondaire reposent sur les principes suivants 1° Le cristal primitif est supposé



reposer sur une de ces bases, et l'observer varier faire le tour du cristal de gauche à droite. Les fractions qui expriment les longueurs d'arêtes interceptées, sont écrites dans un ordre constant. La première exprime

la longueur interceptée sur l'arête basique à gauche ; la seconde sur l'arête basique à droite ; la troisième, sur l'arête des pans.

Lors le rhomboédre qui est toujours placé de manière à avoir son axe principal vertical, si la modification atteint les arêtes culminantes B seulement, on supposera que l'on fait face à une arête B₂, et on écrira les fractions en commençant par celle qui se rapporte à l'arête à gauche B₁, puis celle qui se rapporte à l'arête de face B₂ ; enfin, celle qui exprime la longueur comprise sur l'arête à droite B₃. Si les arêtes latérales sont atteintes, il y aura toujours une arête culminante qui sera atteinte aussi : la première fraction s'appliquera à l'arête latérale à gauche D₁, la seconde à l'arête latérale à droite D₂, la troisième à l'arête culminante B₂.

Exemple. Angle A d'un cube modifié par une troncation, on aura :

$$b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{n}} \quad b^{\frac{1}{p}} \quad \text{ce qui implique :}$$

$$b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{p}} \quad b^{\frac{1}{n}} \quad - \quad b^{\frac{1}{n}} \quad b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{p}} \quad - \quad b^{\frac{1}{n}} \quad b^{\frac{1}{p}} \quad b^{\frac{1}{m}} \quad - \quad b^{\frac{1}{p}} \quad b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{n}} \quad - \quad b^{\frac{1}{p}} \quad b^{\frac{1}{n}} \quad b^{\frac{1}{m}}$$

(Voir § 79 a) Ce sont les six troncatures d'un pointement sextuple. La première notation impliquant toutes les autres elle représente un solide à 48 faces.

La même notation représenterait pour le rhomboédre un scalénoédre.

2^o Mais admettons que $\frac{1}{m} = \frac{1}{n}$ c'est-à-dire que les longueurs interceptées par le plan de troncation sur les arêtes basiques soient égales, dans ce cas nous donnerons à la face le nom de l'angle modifié et nous écrirons en exposant à côté de la lettre qui exprime l'angle. Le rapport de la fraction basique à la fraction des pans.

$b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{m}} \quad b^{\frac{1}{p}}$ s'écrira pour le cube et le rhomboédre à $\frac{1}{p}$
ou pour simplifier à $\frac{p}{m}$. De même dans le système du

prisme droit à base carrée.

$b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{p}}$ s'écrira $\alpha^{\frac{p}{m}}$ (Double pyramide à base octogonale)

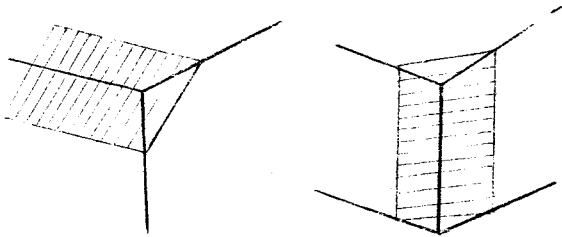
Dans le système du prisme droit à base rhombe:

$b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{p}}$ s'écrira $\alpha^{\frac{p}{m}}$: octaèdre et $b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{m}} y^{\frac{1}{p}}$ s'écrira $e^{\frac{p}{m}}$: octaèdre.

3° Si $\frac{1}{m} = \frac{1}{n} = \frac{1}{p}$ même notation mais alors $\frac{p}{m} = 1$

Cube α^1 ; octaèdre ^{régulier}; Prisme droit à base carrée α^1 ; Octaèdre à base carrée. Prisme rhomboïdal droit α^1 , dôme e^1 ; dôme Rhomboïdre α^1 - deux faces parallèles, e^1 rhomboïdre α .

4° Si la modification porte sur une arête, la face résultante portera le nom de l'arête modifiée.



Si l'arête modifiée est basique l'on écrira en exposant à côté du nom de l'arête le rapport de la fraction basique à la fraction des pans.

Cube $b^{\frac{1}{\infty}} b^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{p}}$ (cube pyramide) s'écrira $b^{\frac{1}{n}}$ ou plus simplement $b^{\frac{p}{n}}$. Dans le système du rhom-

boïdre $b^{\frac{p}{n}}$ sera un scalinoïdre.

Dans le système du prisme rhomboïdal droit $b^{\frac{p}{n}}$ sera un octaèdre etc.

Si l'on a $\frac{1}{n} = \frac{1}{p}$ même notation mais $\frac{p}{n} = 1$

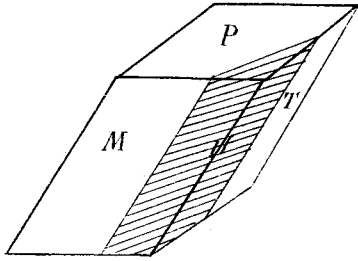
Cube b^1 dodécaèdre rhomboïdal; Rhomboïdre b^1 , rhomboïdre équiaxe etc.

5° Si l'arête modifiée est une arête des pans, on écrira le nom de l'arête modifiée et en exposant le rapport de la plus petite fraction basique à la plus grande.

Prisme droit à base carrée $b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{\infty}}$ (Prisme droit

(à base octogone) soit $\frac{1}{m} > \frac{1}{n}$ on écrira $b \frac{\frac{1}{n}}{m}$ ou plus simplement $b \frac{m}{n}$.

Dans le système du prisme doublement-oblique, cette notation serait vicieuse, car les arêtes de la base n'étant



pas égales entre elles, on ne saurait en écrivant le symbole sous cette forme quelle est l'arête basique la plus entamée et par conséquent de quel côté M ou I penche la face à droite ou à gauche.

M^r de Choiseaux a proposé très ingénieusement d'écrire le rapport du côté ou penche la face.

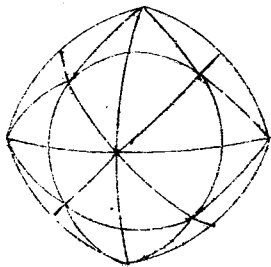
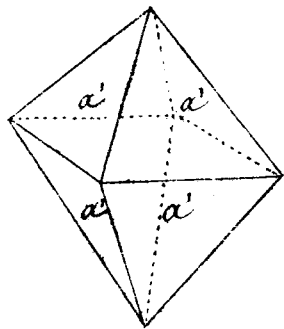
face s'inclinant à droite $h \frac{m}{n}$

face s'inclinant à gauche $\frac{m}{n} h$.

Description des Espèces

Carbone.

198. Diamant. L'origine de ce nom vient d'un mot grec qui signifie intraitable. L'on a voulu probablement faire allusion à son extrême dureté. Mais en tout cas, ce mot a été mal entendu par Pline, qui semble définir la dureté du diamant, comme une faculté qu'il aurait de résister aux chocs, et en particulier de ne point se laisser écorcher par le marteau.



Le diamant cristallise dans le système cubique. Comme les corps simples ont comme une tendance à ce système, on a celui qui s'en rapproche le plus par sa grande symétrie, le système rhomboédrique. On rencontre l'Octaèdre, le solide à 48 faces, ou un solide binnédre de ce dernier; les arêtes de ces deux solides ainsi que les faces sont arrondies. Les cristaux qui se forment dans des milieux visqueux, offrent souvent ce forme conber.

Le clivage sont en tout cas parallèles aux faces de l'Octaèdre régulier.

Il offre plusieurs couleurs, le jaune, le rouge, le vert.

le noir, Les diamants noirs sont mis à profit dans l'extraction de la poudre par friction du trou cylindrique, ou l'on engage des cartouches destinées à faire éclater la roche.

Le diamant, est un des corps les plus réfringents, c'est-à-dire l'un de ceux qui devient le plus de sa direction originelle, un rayon lumineux qui y pénètre. Il faut admirer ici le génie de Newton, qui s'appuyant sur ce seul fait en avait conclu que le diamant doit être combustible; en cela, à une époque où ce fait était loin, non pas d'être connu, mais au moins d'être admis dans la science. Il n'est guère, que le charbon de plomb qui possède à un plus haut degré cette propriété réfringente (qui n'est pas l'origine de son feu.)

Sa densité est considérable 3,5.

Sa dureté surpasse celle de tous les corps connus qui sont tombés sous le rayon par lui, sans qu'il se laisse entamer par aucun. Depuis dans ces dernières années on a beaucoup parlé d'un corps cristallisé qui posséderait une dureté égale et l'on a dit même expérience à celle du diamant; le Bore adamantin; mais l'analyse a toujours démontré qu'il y existait 3 à 5% de carbone. En général, si l'on introduit du carbone amorphe dans une masse vitreuse, elle devient opaque; dans le Bore adamantin, plus il y a de carbone plus la substance devient transparente; le carbone y est donc évidemment à l'état cristallisé, et il est probable, qu'il faut restituer au diamant répandu dans la masse, la dureté attribuée au Bore. Le diamant est insoluble dans les acides, et infusible au chalumeau. Chauffé au contact de l'air, il brûle sans flamme, et donne de l'acide carbonique. Cette opinion aujourd'hui universellement admise, que le diamant est un véritable combustible, un charbon parfaitement épuré, est une de celles qui s'est fait jour dans la science, avec le plus de lenteur.

199. En 1604, Cosme III grand duc de Toscane, fin à Florence, une première expérience, ayant pour but de s'assurer comment le diamant se comportait au feu. On plaça un diamant au foyer d'un miroir concave. Il disparut sans laisser de trace.

L'empereur François 1^{er} d'Autriche, renouvela cette expérience dans un four à réverbère; le diamant fin de nouveau gaspillé.

En 1771, d'Arcis et d'autres savants français, reprirent de nouveau cette étude; car il faut le dire, la mode s'en était mêlée à tout Paris à cette époque, s'occupait avec passion de cette question. Un diamant fut brûlé intégralement; on dut même l'on joignit s'assurer que ce qui n'avait pas été consommé s'était réduit en particules impalpables. Malgré cette expérience, Paris resta divisé en deux camps. Les uns admettaient que le diamant brûle réellement, les autres, prétendaient qu'il n'y a pas combustion; mais qu'il se brise seulement sous l'influence de la chaleur en petits éclats invisibles. Le chef de cette école d'incrédulité, était un célèbre bijoutier de Paris, nommé Leblanc, qui prétendait en savoir sur ce point beaucoup plus long que l'académie, et il s'appuyait sur ce fait, que lorsqu'il voulait purifier un diamant, c'est-à-dire lui enlever ses taches, il le soumettait à une température très élevée. D'ailleurs, il proposa un programme d'expériences qui devaient confondre tout ses contradicteurs: On plongerait un diamant fourni par lui dans un mélange de poussière de charbon et de craie, et on l'exposerait à un feu de plus intense, que devaient conduire ses adversaires eux-mêmes, les académiciens d'Arcis et Ronelle. Le défi fut accepté et quand on découvrit la capsule, le diamant de Leblanc avait cessé d'exister. Je ne sais si Leblanc demeura convaincu, ce qui est certain, c'est qu'un de ses confrères

(194)

nommé Maillard, ne le fût point, car nous raconte Lavoisier, il vint offrir avec un zèle, vraiment digne ^{de la reconnaissance} des savants, trois diamants destinés à renouveler encore l'expérience. On plaça les diamants au milieu de poussière de charbon, bien tassée, dans un fourneau de gypse, dont l'orifice avait été tamponné avec soin au moyen de terre réfractaire. Ce fut au tour de l'académie d'être prise en défaut, car l'air n'ayant pu se glisser au contact des diamants, ceux-ci n'eurent pas à souffrir de la chaleur. Les découvertes de Lavoisier permirent bientôt de se rendre compte de tout ce fait, et l'on apprit que le diamant brûlait bien réellement, mais seulement au contact de l'oxygène avec lequel il se combine pour donner l'acide carbonique gazeux.

200. Les gîtes propres du diamant ne sont pas exploités. On va le chercher, comme l'or, le platine et le minerai d'étain, dans les sables des rivières, qui offrent les débris de la roche en place roulée et transportée par les eaux. Les plus riches carrières de diamant sont placées dans l'Indonésie. Les centres d'exploitation sont Koaloude, Galeoude, Wisayou. Cette industrie occupe plusieurs milliers de travailleurs.

Dans le Brésil, les recherches de diamant remontent à 1728. C'est le hasard qui l'y a fait découvrir. Dans les sables où on le rencontre l'on avait déjà à d'autres dates exploité l'or, et rejeté sans s'en donner le diamant; cependant les habitants du pays en possédaient quelques uns, dont ils se servaient comme de jetons. Un portugais ayant remarqué cela, en acheta un très grand nombre à vil prix, et acquit une fortune considérable. Le gouvernement informé de cette fortune si rapide, fit une enquête et rendit une ordonnance, qui lui attribuait le monopole de ce commerce. On prétend que dans le Trésor de Portugal il y a un diamant qui pèse une demi livre et vaut 535 000 000. Sa grosseur serait

celle d'un aigle ; mais ce récit, ressemble assez à une légende ; car pourquoi, tandis que les souverains ont tant à honneur de faire paraître leurs diamants aux différentes expositions, le Portugal, serait-il seul resté en arrière ? C'est sans doute une topaze blanche. Les joailliers européens, effrayés de la découverte du diamant au Brésil, firent croire le bruit que les pierres qui en provenaient, n'étaient que les rebuts des pierres des Indes que l'on expédierait ailleurs pour leur donner une origine quelconque, étrangère au pays. Mais les Portugais qui sont de véritables commerçants, s'envenimèrent la difficulté. Ils firent transporter les diamants extraits au Brésil à Goa et de là dans les Indes.

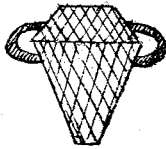
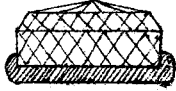
On exploite le diamant au Brésil, dans le district de Cejaco, le long du fleuve Paro, dans la province de Minas-Gérais. Dans la province de Bahia, une exploitation a fourni en 1852 un diamant de 87 carats. Un nègre l'acheta 3000 francs, le revendit aussitôt 27000. Un joaillier très peu de temps après l'acheta 90000 francs ; depuis lors, on en a offert jusqu'à 130.000 francs.

Le plus grand diamant qu'on ait trouvé au Brésil, est du poids de 254 $\frac{1}{2}$ Carats. C'est l'Étoile du Sud.

Des indices de diamant, ont été signalés dans la Caroline du Nord. Depuis 40 ans, l'on fouille les couches alluviales de l'Oréal, pour y rechercher le diamant. L'on a guère trouvé depuis lors que 100 pierres ^{deux}. Il existe également, quelques gîtes de diamant, mais très pauvres, dans la province de Constantinople. Le Brésil fournit annuellement à l'Europe 90 kilos de diamants.

On a trouvé au Brésil des mélanges de diamant cristallisé et de charbon. Ce sont des masses informes de couleur noire ; mais sous la dureté, reste égale à celle du diamant ordinaire. Nous ne pourrions pas de l'évaluation du prix du

diamant. Un mot seulement de sa taille. On le taille en rose ou en brillant. Les diamants de bas prix, reçoivent la taille en



rose. La partie supérieure seule est visible, et reçoit des facettes qui lui donnent une forme plus ou moins arrondie, bâblé ou pyramide au sommet. La face inférieure est plane et cachée par la monture. Dans la taille en brillant, le diamant a la forme d'un cône dont la pointe est dirigée vers le

bas, et qui supporte un tronc de cône, dont la base se confond avec la sienne. Les facettes taillées sur le tronc de cône, sont plus petites, que celles que porte le cône. La garniture est placée de manière à laisser visibles les deux extrémités du diamant. Elle l'entoure comme d'une ceinture à la hauteur de la base commune du cône et du tronc de cône. Les anciens ne faisaient pas tailler les diamants. C'est à Louis de Berquem, citoyen de la Ville de Bruges, que l'on doit les méthodes de taille, mises en pratique, encore aujourd'hui.

201. Le plus gros diamant connu, celui du Rajah de Mattan, à Bornéo. Il pèse 75 grammes.

Celui du Sultan pèse 62 g. 4. Il provient de Golconde.

Le diamant qui orne le sceptre du tsar, ne pèse que 40 grammes. Il a cependant un ponce de diamètre et dix lignes de hauteur. C'est l'impératrice Catherine II qui le fit acheter à Amsterdam. Il a été payé 1.926.000 francs et le vendeur exigea qu'on lui servis une pension annuelle de 17000 francs.

Le plus gros diamant des couronnes de France est

c'est un poids de 28 grammes environ.

Le plus parfait peut être de tous les diamants connus, pour la pureté de son eau, son feu, le goût qui a présidé à sa taille, est le Régem. Il provient aussi de Golconde. Il fut acheté pour le roi Louis XV à un anglais nommé Pitt. Il a été payé 2 millions et demi de francs. Aujourd'hui il doit être estimé au moins à 10,000,000 fr.

Il y a un diamant qui a appartenu très longtemps à la couronne de France, dont la taille était de plus remarquable. C'est le Sancy. Il a appartenu à l'origine à Charles le Comte qui le portait sur lui quand il fut tué devant Nancy en 1477. Un suisse le trouva, et le vendit à bas prix. Il fut acheté plus tard par un français du nom de Sancy. En 1538, M^r de Sancy se trouvait à Solence, pour livrer des recensements. Le roi Henri III de France ayant en dans le même moment besoin d'un gage pour contracter un emprunt, M^r de Sancy lui offrit son diamant et expédia aussitôt un messager qui en était porteur. En traversant un col du Jura, ce dernier fut arrêté par des brigands, pillé et mis à mort. M^r de Sancy n'entendant plus parler de son diamant ni de son messager, parti aussitôt pour Paris, mais il apprit en route ce qui était arrivé à son domestique. Sachant que c'était un homme très fidèle, et d'un esprit très grossier, il soupçonna qu'avant de se laisser dépaniller il avait avalé le diamant. On fit l'autopsie du cadavre et on le retrouva en effet. Il a été porté par Louis XIV, il a disparu un instant pendant la révolution, puis il est revenu à la couronne. Depuis lors, il a été vendu à la Russie, pour une somme de 500,000 francs.

Un des plus gros diamants connus, appartient à

la Couronne d'Angleterre. C'est le Koh-i-Noor, ou montaque de lumière. Sa taille manque de goût. Il provient aussi de Goteowde. Peut-être n'est-il même qu'un fragment d'un plus grand diamant, probablement celui que signala autrefois Tavernier, voyageur français, qui l'un des premiers a parcouru les districts diamantifères de l'Inde. Tavernier estimait son poids à 156 grammes.

Combustibles minéraux

202. À côté du diamant se placent naturellement les combustibles minéraux et les autres composés charbonneux qui ont leur application dans l'industrie. Les combustibles minéraux, sont des composés de carbone pur, associé à des carbures d'hydrogène. C'est à la présence de ces carbures d'hydrogène, que les combustibles doivent tout leur prix; car s'ils ne renfermaient pas de gaz, susceptibles de distiller à basse température, ils ne pourraient être que très difficilement allumés et ne produiraient pas de flamme.

203. Il faut distinguer trois variétés de combustibles minéraux.

- 1^o L'Anthracite,
- 2^o Le Houille,
- 3^o Le Lignite.

Ces variétés qui diffèrent notablement par leur aspect extérieur et leur manière de se comporter au feu, ne diffèrent cependant au point de vue chimique, que par des quantités presque insignifiantes de carbone d'hydrogène.

Le Tableau suivant renferme les différentes dénominations de combustibles mis à profit dans l'industrie, ainsi que leur composition chimique. On jugera facilement de la richesse plus ou moins grande en carbone d'hydrogène de telle ou telle variété, par la proportion d'hydrogène inscrite au Tableau :

	Densité.	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et Azote.
Anthracite	1.46	95.00	2.55	2.45
Houille maigre anthraciteuse..	1.34	92.00	4.28	3.72
Houille grasse.....	1.28	85.00	5.35	9.65
Canal croal.....	1.30	85.00	5.70	9.30
Houille maigre à longue flamme	1.25	78.00	5.30	16.70
Lignite parfait	1.20	74.00	5.10	21.60
Lignite ligneux.....	1.00	62.00	5.00	33.00

Ce Tableau résume d'une manière complète, tout ce que l'on peut dire des Combustibles minéraux.

Par Houille grasse, il faut entendre une houille qui se gonfle beaucoup en brûlant, de telle façon que les morceaux, d'abord isolés dans le foyer se rapprochent. La houille est dite Collante, et les fragments ainsi rapprochés se soudent entre eux. Le coke qui provient d'un pareil combustible est évidemment très boufflé et par conséquent très léger.

La houille maigre est celle qui en brûlant se contracte, de telle façon que les fragments isolés dans le foyer restent isolés, et que chacun d'eux se divise à son tour en plus petits morceaux. Le coke qui en provient est évidemment très dense et parfois pulvéulent.

204. Le tableau nous enseigne encore 1° que de l'anthracite au lignite, la proportion de carbone diminue ainsi que la densité, 2° que de l'anthracite au lignite la proportion des gaz à savoir la carbone d'hydrogène et l'oxygène pris ensemble va en augmentant : qu'il en est même ainsi de l'oxygène pris isolément ; mais que l'hydrogène passe pour une valeur maximum qui correspond à la houille à gaz. 3° Qu'une très petite variation dans la proportion d'hydrogène $3,15\frac{1}{2}$ suffit à réaliser les types de combustibles les plus éloignés, à savoir : l'anthracite, les types nombreux de la houille et le lignite.

205. L'anthracite est noire avec des reflets gris ou bronzés. Sa cassure est conchoïdale. Elle ne brûle qu'en grande masse, sur de grandes grilles ; sous l'influence d'un tirage violent. Les morceaux en se consumant, conservent leur forme ; restent géométriquement semblables à eux-mêmes. Elle ne donne point de coke. La couleur de sa poussière est d'un noir de plombagine.

La houille est d'un noir luisant. Sa cassure est fibreuse ou feuilletée, elle s'enflamme facilement et se comporte au feu d'une manière très variable suivant qu'elle est maigre ou grasse, donnant, ainsi qu'il a déjà été dit, selon ces cas, un coke pulvérulent ou caverneux. La couleur de sa poussière est d'un noir de fumée.

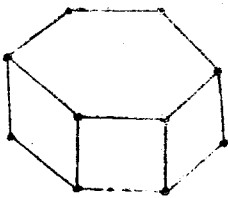
Le lignite est d'une couleur plus ou moins brune. Il conserve la texture plus ou moins fibreuse des végétaux dont il se forme. Il brûle avec une flamme longue, qui répand une odeur désagréable d'acide pyroligneux, et laisse dégager beaucoup de substances volatiles. La couleur de sa poussière est brune. Dans son plus grand état de pureté, il constitue le gayet, substance susceptible d'être travaillée au tour et mise à profit pour la fabrication de bijoux de dent.

Un petit essai au chalumeau permet de reconnaître en un instant, à quel type: anthracine, houille, ou lignite, se rattache un combustible donné. En effet, si l'on détache de l'échantillon un petit fragment, que l'on expose un instant à la flamme du chalumeau, si l'on a affaire à de l'anthracite l'échantillon d'essai s'allumera sans donner aucune flamme, comme le ferait une matière non combustible. Si l'essai porte au contraire sur un échantillon de houille, il s'enflammera mais s'éteindra aussitôt qu'on le retirera de la flamme. Dans les mêmes circonstances, le lignite, retiré de la flamme continuera à brûler.

Graphite.

206 Le carbone est une substance dimorphe, c'est à dire que les atomes qui constituent la molécule carbonée, la plus élémentaire, sont susceptibles de se grouper de différentes façons et en différents nombres.

Six atomes sont nécessaires pour constituer une molécule de diamant. Ces six atomes seront placés aux sommets d'un octaèdre. Mais il peut y avoir un autre groupement de douze atomes occupant les sommets d'un prisme hexagonal régulier. C'est alors la molécule de graphite.



Cette substance cristallise dans le système rhomboédrique; sa cassure est finement graine; sa couleur d'un noir gris, son éclat presque métallique. Sa dureté est à peu près égale à celle du talc. Lorsqu'elle se présente en masses bien homogènes, bien cohérentes, on la trouve sous la forme de longs prismes

à section carrée que l'on achève dans le bois pour la fabrication des crayons ; Si au contraire, elle se présente en masse incohérente elle est mise à profit pour le nettoyage des fontes, et même parfois mélangée à la graisse pour lubrifier les pièces frottantes des machines. Les principales gîtes sont : Borovdale (Cumberland) La Bohême (Tête buste de l'Empereur François Joseph offerte au graphite figurant à l'Exposition universelle de 1867) L'Oréal.

Bien souvent le graphite doit être considéré comme un combustible minéral presque complètement dépourvu de gaz. Il y a dans les Alpes des anthracites, qui à la suite de bouleversements qu'a subi le sol, ont été soumis à de fortes pressions très considérables. L'on remarque en ces points qu'il y a passage de l'Anthracite au graphite. Près des grands massifs des Alpes constitués par les terrains anciens, on voit de amas de combustibles renfermés dans des couches très bouleversées de l'âge tertiary (terrain nummulitique) arriver à l'état de graphite.

Bitumes, Asphaltes Huiles minérales.

207. Le tableau qui résume la composition chimique des combustibles minéraux nous apprend qu'il y entre à la fois 1^o du Carbone, 2^o un ou plusieurs carbures d'hydrogène 3^o de l'oxygène. Si de ces trois termes on élimine le dernier, l'on obtient, avons-nous dit, le graphite. Si l'on élimine le carbone fixe, pour ne conserver que les carbures et l'oxygène l'on obtient les bitumes ; si l'on ne conserve que les carbures d'hydrogène on obtient des substances que la nature nous offre le plus souvent à l'état liquide : Les huiles minérales.

$C + C^m H^n + O$ combustible

$C^m H^n + O$ Bitume

$C^m H^n$ Huile minérale

Le bitume se rencontre bien rarement en masse un peu continue, le plus souvent il imprègne du sable. Dans le Bas Rhin, on exploite depuis des siècles du sable ainsi pénétré de bitume. Pour séparer le bitume de l'élément arenacé, il suffit de jeter le sable dans l'eau bouillante, sa pierre tombe au fond de la chaudière, tandis que le bitume vient sur nager à la surface de l'eau.

208. On désigne (en Français) sous le nom d'asphalte, des calcaires pénétrés de bitume. L'eau bouillante, serait impuissante ici à produire le départ du bitume, et si l'on veut lui l'extraire, il faudrait recourir à des dissolvants, mais la roche est mise à profit en nature : sous l'action solaire ou en la soumettant à une douce chaleur, elle tombe d'elle-même en poussière. Cette poudre est étendue sur la surface que l'on veut étancher, on la bat, au moyen de pilon à surface plane portée à une température élevée. Le bitume fond, puis se refroidissant, fixe les grains calcaires, il en résulte un massif, complètement imperméable à l'eau. Une proportion de 7 à 10% de bitume dans une roche calcaire, la rend propre à cet usage; d'ailleurs, si elle n'est point assez riche en bitume, on peut lui ajouter ce qui lui manque.

On trouve des bitumes et des asphaltes près de Bâton (Kivages de la mer Caspienne) en Sicile, dans le Tyrol, près de Neufchâtel, à Seyssel, Volam, (D. de l'Alpe) à Lobann (B. Rhin) près de Clermont. L'on en trouve une si grande

quantité sur les bords de la mer Morte, que l'on a donné à cette mer intérieure le nom de lac Asphaltique. Dans l'île Crémée, placée en face du bouchon de l'Orénoque, il existe un lac de bitume, qui mesure en longueur mille pas sur cent vingt de largeur. Sur les bords du lac, le bitume est dur et froid. Quand on avance vers le centre, il devient de plus en plus chaud, et le pied y laisse son empreinte. Dans la région centrale il est fondue. Cependant la contrée ne laisse apercevoir aucun indice de volcanisme. Les jours de pluie l'on peut traverser le lac dans toute son étendue.

209. Les huiles minérales, sont le naphthé et le pétrole. Le pétrole, si est-il est vrai, lui-même, qu'une huile de naphthé qui retient en dissolution une petite quantité de bitume. La composition normale de l'huile de naphthé est :

Carbone 88

Hydrogène 12.

C'est encore près de Baku, sur les bords de la mer Caspienne, que sont placées les exploitations les plus importantes d'Europe. On rencontre encore ces substances minérales, en Toscane, en Alsace, en Anvers, mais les gîtes les plus considérables, sont situés en Amérique, en Pennsylvanie. Pour exploiter ces liquides carbonés, il suffit d'ouvrir des puits et galeries, dans les conches qui en sont baignées, en défendant les parois de ces excavations par des boisages; l'huile minérale suinte et rien d'elle-même se rassemble dans les dépressions les plus profondes.

Les huiles minérales pénètrent encore des roches fossilifères. Ces roches deviennent alors de véritables combustibles, très riches en cendre, il est vrai, mais qui brûlent cependant fort bien sur les grilles. Le Boothhead d'Écosse, en est un exemple. Il ressemble presque complètement à la houille à gaz. Cependant

une pointe d'acier, le rayon en donne une poncée bonne.

L'on peut en extraire aussi bien du gaz d'éclairage que de l'huile de naphthé. Le terrain ancien d'Autun, est constitué par des couches feuilletées, imprégnées de carbone d'hydrogène.

210 L'origine de toutes ces substances : bitume et huile minérale a donné lieu à bien des controverses. Que dans certaines circonstances elles aient eu une origine organique, on n'en saurait douter. On trouve parfois de petites quantités de bitume associées à des lignites et il est évident que le bitume est résulté d'une altération de la matière organique; mais les gites si puissants de bitume et d'huile minérale de l'île Crinité, de Cuba, de Bakhon etc. ne peuvent avoir cette origine. Ces substances sont évidemment des produits de distillation venue de profondeur. La position des gites est dans la plupart des cas coordonnée aux axes de volcanicité dont nous avons indiqué la position sur la surface terrestre; et quand il en est autrement, on constate aisément par l'observation détaillée du relief, que ces gisements sont en relation, avec des fractures du sol qui nous représentent comme les cheminées où s'est opérée la distillation. D'ailleurs d'ailleurs que les volcans dégagent du carbone d'hydrogène, l'origine profonde de ces substances est comme démontrée.

Succin.

211. et nous terminerons l'étude des composés charbonnés par celle du Succin ou Ambré. C'est encore un carbone d'Hydrogène

$C^{10} H^8 O$. Les anciens connaissaient cette substance, ils l'appelaient Electrum. C'est en effet, en observant les attractions qu'elle exerce sur les corps légers, quand on la frotte sur la manche de son habit que l'on a été mis sur la voie de la phénomènes électrostatiques.

C'est en la résine fossile d'un point de temps géologique.
Le frottement s'électrise donc positivement.

De couleur jaune, sa densité précédemment égale à celle de l'eau, son éclat résineux, sa transparence, et par dessus tout sa propriété électrique, la font aisément reconnaître. L'on en trouve des échantillons de la grosseur du poing près de Lemberg (Pologne) dans des couches tertiaires, ils sont plus beaux et plus gros que ceux de Teybe; Cependant c'est la côte de la mer Baltique, qui fournit l'ambre au monde entier. Le flot, en battant la côte détache des nodules de succin, qui sont en partie rejetés sur le littoral, à cause de leur grande légèreté. On exploite aussi les couches elles-mêmes. Depuis 1811, l'exploitation et la pêche du succin dans les environs de Königsberg a été affermée à un nommé Douglas, pour la somme de 37,500⁺ par an. C'est à cette somme que s'élèvent aussi les frais de recherches. Les pêcheurs, qui ne dépendent pas du fermier de l'exploitation sont soumis quand ils abordent à une visite de plus sévère, ce dont ils se plaignent amèrement. Le plus grand échantillon connu se trouve au Musée minéralogique de Berlin. Il a 14 pouces de long sur plus de 8 de large et près de 6 d'épaisseur. Son poids est de 18 livres; il doit être estimé 37,500⁺ car aux termes de la loi, il est dû à celui qui trouve un tel échantillon, le dixième de sa valeur, et pour celui qui nous occupe, il a été compté 37,500⁺. Les Grecs achetaient l'ambre des Phéniciens, qui n'ont probablement atteint le chersob sur les rives de la Baltique. Au temps de la guerre de Troie, on en fabriquait déjà des colliers. Un écrivain grec du deuxième siècle, qui s'était fixé à Rome, Pandanus, nous apprend qu'il existait à Rome un buste en succin, représentant et nommée. Cet échantillon d'après lui aurait été trouvé dans les sables

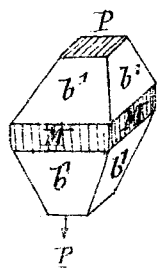
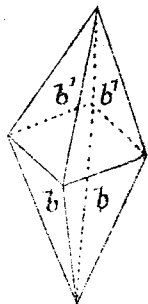
ou Po.

212. La annelée qui habitem aujourd'hui nos forêts de pins, sont souvent retenus par la résine qui s'en écoule, comme des oiseaux se seroient par de la glue. Une fois prisonniers ils sont reconvertis de nouvelles colées, et se conservent ainsi indéfiniment, parce que la résine les met à l'abri du contact de l'air. Il en a été de même dans les temps géologiques et le succin renferme très fréquemment des insectes et des jouvencs de l'époque tertiaire. L'on a trouvé des coléoptères; des vers luisants. A Radobog en Croatie, on a trouvé 40 espèces de fourmis, de lépidoptères, de papillons de jour et de nuit, des araignées; l'on a pu même établir 123 espèces d'arachnides. Cette circonstance a été d'autant plus favorable aux études paléontologiques, que ces animaux délicats sont tout parfaitement conservés.

Soufre.

213. Le soufre est une substance très répandue dans la nature tant à l'état libre qu'à l'état de combinaison. Ses applications sont innombrables.

Il cristallise sous des formes qui dérivent d'un prisme droit à base rhomboïdale et dont les pans sont inclinés entre eux de $101^{\circ} 58'$ (prisme du soufre cristallisé par voie humide.) On rencontre l'octaèdre b' naissant par truncature sur les arêtes basiques B du prisme primitif, puis ce même octaèdre combiné avec les faces du prisme primitif, les bases P les pans M .



Sa couleur jaune et la propriété qu'il possède de brûler avec une flamme bleue.

en dégageant l'odeur pénétrante de l'acide sulfurique le caractérisent si nettement que l'on ne saurait le confondre avec aucun autre minéral.

Les gîtes les plus importants de soufre sont en Sicile (Caltanissetta & Girgenti) et en Espagne (Comilla près de Orfalgar). On pourrait l'exploiter encore en Bologne, en Hongrie et même en Islande où il apparaît à la surface sous forme de grains de poussière.

214. Si le gaz acide sulfhydrique qui se dégage des volcans, traverse des fissures ouvertes dans du calcaire, et offrant un accès à l'air extérieur, ce gaz subit une combustion complète ou incomplète suivant son état de température. Si la température est basse, l'hydrogène seul est brûlé, et il se dépose du soufre. Mais si la température est élevée, il y a combustion complète de l'hydrogène et de l'acide sulfurique et de l'eau et par conséquent en présence des calcaires, il y aura formation de gypse. C'est ce qui explique pourquoi ces deux substances soufre et gypse sont toujours associées.

Le soufre provient encore de la décomposition des sulfates. En effet les sulfates, en présence de l'eau et des matières organiques, donnent du sulfure qui probablement sous l'influence de l'acide carbonique dissout dans l'eau, abandonnent leur soufre. Les eaux de blanchisserie, du bassin où l'on dépose le chanvre pour le rouir, sont souvent laiteuses, lorsqu'elle s'écoulent dans des canaux ouverts dans du conchre de gypse; et il est facile d'y constater la présence du soufre libre. Le sulfate de chaux dissout est transformé en sulfure de calcium qui en présence de l'eau et de l'acide carbonique donne du soufre libre. L'on peut même de l'acide sulfhydrique. C'est là l'origine

du sulfate de Calcium et de l'acide sulfurique qui existe dans les eaux d'Engbium. En effet le fond du lac est tombé, et cette couche d'origine organique repose sur le gypse. On peut observer un phénomène tout semblable sur le bord de la mer. Les sulfates dissout, en présence des matières végétales et animales, que la mer renferme en si grande abondance, se transforment en sulfure, et l'on s'en aperçoit aisément en remarquant que les clous de bateaux qui dans les rivières s'oxydent si facilement, ici au contraire, se recouvrent de pyrites de fer. La nature nous offre du soufre qui a cette origine, sous forme d'une poudre d'un jaune presque blanc, emprisonnée dans des cailloux siliceux calcés à l'intérieur. Ce silice sous la forme de fossiles de spongiaires. Quand on a transféré dans les catacombes les anciens cimetières de Paris, l'on a trouvé dans les ouvertures des cimetières placés sur les plateaux gypseux, du soufre très nettement cristallisé. Tout autant de preuve de cette même origine.

Le soufre est connu depuis la plus haute antiquité. Homère nous apprend qu'il était brûlé en guise de sacrifice dans certaines cérémonies religieuses. Cet hommage s'adressait à des divinités infernales. Les Romains fabriquaient déjà des allumettes enroulées de soufre à leur extrémité. Le soufre est la matière première de la fabrication de l'acide sulfurique et il entre dans la composition de la poudre de guerre. Chauffé à 260° , il affecte une consistance sirupeuse, plastique, qui permet d'en façonner des modèles; par le refroidissement, il prend peu à peu sa consistance normale. Les anciens paraissent avoir connu cette propriété du soufre. En 1830, le monopole de l'exploitation de Sicile fut donné à une société française, le prix s'étant un instant élevé, l'Angleterre prit une allure menaçante. L'on se

préoccupé alors en France de tirer cet élément de notre sol. La pyrite de fer distillée en vase clos, nous fournirait au besoin cette substance. C'est à cette source que puisent la Silésie, la Bohême et la Saxe.

Acide Borique.

215. En 1778, Köfer, pharmacien du Grand Duc de Toscane publia un mémoire dans lequel il établit que l'acide borique se déposait sur les bords des petits Lacs, déterminés par la condensation des vapeurs émanées des soufflars qui s'échappent du sol dans le district de Sasso, près de Sienne en Toscane. Klaproth fut connaître le caractère qui permet de reconnaître très facilement cette substance, à savoir: la belle coloration verte qu'elle communique à la flamme de l'alcool. Elle se présente sous forme d'écaillés cristallines douces d'éclair très vif. Son toucher est un peu gras. L'on voit un clivage bien net, mais ce seul caractère ne nous permet pas d'établir la forme cristalline (Prisme oblique à base parallélogramme).

C'est essentiellement un produit volcanique. L'on aperçoit sur les flancs du Cratère de Vulcano, des écaillés blanchâtres d'un éclair nacré qui recouvrent le soufre. C'est l'acide borique. En Toscane, il est apporté des profondeurs par des vapeurs d'une température de 100° et plus, qui s'élèvent dans les airs en décrivant d'immenses spirales. Il y a des soufflars riches en acides, d'autres au contraire, très pauvres. Les soufflars pauvres sont appliqués à la vaporisation, des eaux de condensation des soufflars riches. C'est un français, M^e de Larderel qui a doté la Toscane de cette industrie.

L'acide borique est employé pour obtenir l'émail des faïences

un des proclames. Il est aussi mis à profit dans la cristallisation de l'axe à base de zinc. Il permet de fabriquer de toutes pièces le Borax, ou Borate de soude, ce fondant dont vous nous souvenez déjà entretenir, qui a lui-même son emploi dans la bijouterie pour la soudure, et dans la petite serrurerie pour braser, c'est-à-dire pour souder le fer avec le laiton.

Silice Si

216. La silice est de toutes les substances solides de la nature la plus abondamment répandue. On trouve dans l'écorce terrestre, des masses minérales qui appartiennent à quatre classes distinctes. Dans le voisinage de la surface des terrains de transport, que l'on peut observer dans toutes les plaines, et dans le plus grand nombre de vallées, à un niveau très supérieur à celui des cours d'eau qui y circulent. Au dessous, sont les couches sédimentaires. Ce sont des dépôts effectués dans des eaux nivelées, qui se partagent en assises, composées entre deux plans parallèles loin et une, comme disent les ouvriers mineurs. Les éléments qui entrent dans les roches qui composent ces couches ne sont pas cristallisés. Au dessous, l'on trouve une série de couches dites schisteuses, qui ont une tendance à se diviser, non plus en assises, ou en bancs, mais en minces feuilletés; des roches qui possèdent un véritable clivage; tout cet ensemble, repose sur des roches massives. A diverses époques ces roches massives ont été injectées dans des déchirures, ouvertes à travers toute la série du terrain supérieur. Ces roches appelées aussi éruptives, ne se divisent pas en bancs à surfaces terminales parallèles; mais tous leurs éléments sont cristallisés. Voilà les quatre grandes termes de la série des couches terrestres.

Le quartz en fait partie, dans les terrains de transport, aussi bien que dans les terrains de sédiments; dans les assises schisteuses, aussi bien que dans les roches massives. La silice fait tellement partie de ces dernières, que l'on peut juger de l'âge d'apparition de l'une de ces roches, d'après la quantité de silice qu'elle renferme. Cet élément qui abonde dans les roches anciennes, va toujours diminuant à mesure qu'elles deviennent plus récentes. C'est un minéral très léger; car sa densité est de 2.65 seulement. Or, la densité des roches, s'accroît à mesure que la silice fait place à d'autres minéraux. De là, cette loi bien remarquable, qu'une roche massive, une roche d'injection ou pour employer l'expression nouvelle, une roche éruptive, est de date d'autant plus récente qu'elle contient moins de silice. La silice entre comme élément essentiel, dans tous les minéraux du granite, où il figure même à l'état libre. Je ne crois pas que l'on aille trop loin en disant que tant à l'état libre qu'à celui de combinaison, elle entre pour les $\frac{2}{3}$ dans la composition de l'écorce minérale du globe. Si l'oxygène est la substance gazeuse la plus abondamment répandue, le silicium est de tous les éléments solides le plus commun.

217. Le mot de silice est un nom de genre. Il faut en effet distinguer deux espèces.

- 1^o - Le Quartz
- 2^o - L'Opale.

L'opale, il faut entendre non pas, ainsi qu'on l'a fait jusqu'à ce jour, de la silice hydratée, mais un état allotropique de la même substance, ou l'eau n'existe qu'à l'état de fluide d'imbibition.

Ces deux espèces se distinguent par trois caractères fondamentaux.

1^o Caractère géométrique - Le Quartz dans toutes ses variétés doit être considéré comme cristallisé car dans d'une elle agit sur la lumière polarisée; et entre toutes il

il y a des passages continus. Dans l'opale au contraire, l'on ne trouve jamais aucun indice de cristallisation.

2^o Caractère physique. — La densité du quartz est dans toutes ses variétés de 2,6. La densité de l'opale est de 2,2.

3^o Caractère chimique. — Les différentes variétés de quartz sont insolubles dans les dissolutions alcalines bouillantes. L'opale est soluble dans ces mêmes dissolutions.

Quartz

218. Cette espèce admet elle-même bien des variétés fondées sur les degrés de transparence.

1^o Quartz transparent, même s'il est coloré (sauf le cas accidentel où la couleur est trop intense) . . . Quartz cristallisé

2^o Quartz translucide en masse . . . Quartz agate

3^o Quartz translucide sur les bords minces Silex

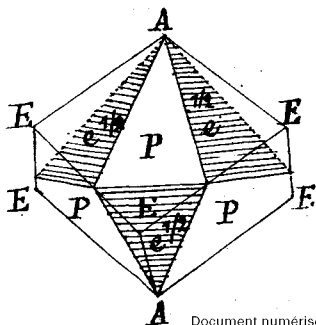
4^o Quartz opaque

Jaspe.

219. Variété cristallisée. — Le Rhomboèdre primitif est presque un cube; car le dièdre des arêtes culminantes est de $94^{\circ} 15'$.

Les clivages sont très difficiles. Pour les produire, il faut chauffer le cristal et l'immerger dans le mercure. On trouve alors des indices de clivage parallèles aux faces du rhomboèdre primitif.

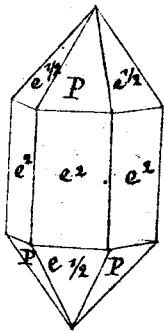
La forme dominante est celle du prisme hexagonal aux angles latéraux e^2 , surmonté d'une pyramide hexagonale pointue. C'est la combinaison de deux rhomboèdres, le primitif P en son inverse $e^{\frac{1}{2}}$, naissant par troncature de l'angle E.



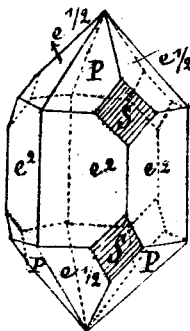
Remarquons que deux rhomboèdres égaux ayant leur sommet culminant confondu ainsi que toutes les autres parties donneront une double pyramide hexagonale, ayant base commune, et l'im-

D'une rotation immobile, l'autre vient à tourner autour de l'axe principal d'un angle de 60° . Si l'on examine la figure ci-jointe, l'on verra facilement que c'est bien là, la forme que l'on obtient, si l'on retranche des deux rhomboédres les parties qui ne leur sont pas communes. — La figure, ainsi qu'on le voit est un dodécaèdre à triangle isocèle. Si les faces de deux rhomboédres approuvoient sur un cristal, combinées de manière à ce que, si on les prolonge, elles donnent un dodécaèdre à triangle isocèle, l'un des deux rhomboédres étant appelé direct, l'autre sera son inverse.

Je ne sache pas que le rhomboèdre primitif isolé ait jamais été rencontré. La forme dominante du quartz, résulte donc de la combinaison du prisme hexagonal e^2 du rhomboèdre primitif P et de son inverse $e^{1/2}$. C'est ce que l'on appelle la forme prismatique pyramidée. Elle est tellement dominante que toutes les autres modifications, demeurent à l'état de petites facettes, qui n'altèrent que d'une manière insensible, l'aspect général du cristal.



220. Il est cependant quelques unes de ces facettes qui sont intéressantes à connaître. Ce sont d'abord des faces rhombes inclinées sur les faces P , $e^{1/2}$, e^2 , de manière à dessiner des losanges. Elles se trouvent aux deux extrémités de trois arêtes alternatives du prisme hexagonal. Prolongeons ces faces, elles nous conduisent à un solide que nous n'avons pas rencontré, parmi ceux qui découlent du rhomboèdre, c'est une double pyramide, à base triangulaire. On trouve aussi des facettes, placées de manière à donner



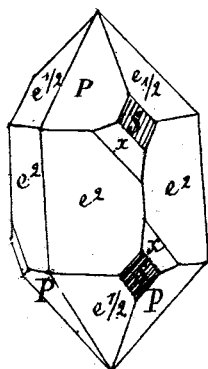
des rhomboédres (si on vient à les prolonger) Une tendance du quartz est d'offrir alors, d'autres facettes, qui combinées avec les premières, donneront, si on les prolonge toutes

à la fois, un dodécaèdre, à triangle isocèle; c'est-à-dire deux rhomboèdres à la fois un direct et son inverse. Le quartz a une tendance au redoublement des faces rhomboédriques.

Le quartz a une tendance non moins marquée au dédoublement des faces scalénoédriques.

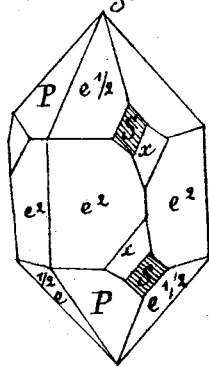
On trouve en effet des facettes telles que α toujours situées sous les faces P jamais sous les faces $e^{1/2}$. Ce sont des faces de

Cristal droit



N°1.

Cristal gauche



N°2.

scalénoédres. On devrait donc trouver six facettes semblables à la partie supérieure du prisme; six facettes à la partie inférieure. Eh bien, l'on n'en trouve jamais que trois à la partie inférieure et trois à la partie supérieure. Et ce qu'il y a de remarquable, c'est que ces six facettes sont telles, que sur un même cristal

elles sont toutes tangentes à une même hélice.

Sur certains individus (N°1) cette hélice tourne de gauche à droite; sur d'autres (N°2) de droite à gauche. Ces facettes sont toujours placées sous les faces P, mais elles peuvent occuper les positions indiquées sur nos deux figures. Le cristal (N°1) est dit droit, par ce que l'hélice qui touche les faces α , tourne de gauche à droite dans le sens dont on tourne les aiguilles d'une montre, pour la mettre à l'avance.

Les caractères cristallographiques, sont donc nettement définis; tendance au redoublement des faces rhomboédriques, au dédoublement des faces scalénoédriques. Un des anciens répétiteurs de cette école M^r des Cloixeaux, aujourd'hui Membre de l'Institut a donné une description très complète de tout le

cristaux connus de quartz. Ce travail constitue l'un des monuments les plus remarquables de la Cristallographie.

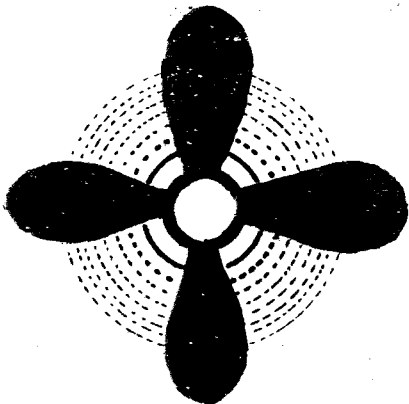
Il a déjà été parlé des stries que l'on trouve sur les faces C^2 . Si l'on était embarrassé pour placer convenablement un cristal, que nous supposons très déformé, il suffirait de l'orienter de façon à ce que ses stries soient horizontales. L'on reconnaîtra alors sans peine qu'elles sont les faces P et C^1 .

La densité du quartz est très faible. C'est un des éléments essentiels des roches anciennes $D = 2.65$.

La dureté est très considérable. Dans notre échelle, elle est représentée par le nombre 7. Il n'y a pas dans tout le règne minéral dix espèces plus dures que le quartz; et comme, elle diffère par un grand nombre de caractères, la dureté nous fournit un moyen très simple pour la distinguer d'avec une foule d'autres substances.

Nous avons déjà signalé la propriété singulière que possèdent les cristaux de quartz, de se dilater deux fois plus dans le sens transversal à l'axe principal, que dans la direction de cet axe lui-même.

221. Les propriétés optiques du quartz sont très intéressantes. Si l'on taille une lame perpendiculaire à l'axe, et qu'on la place dans les pincettes à tourmaline, l'on aperçoit un phénomène que l'on n'observe que dans cette espèce et dans le Cinabre (Des Cloizeaux)



La croix noire ne pénètre pas dans l'anneau central. L'intérieur de cet anneau offre une teinte uniforme. Rappelons ici que la couleur du spectre est distribuée dans l'ordre suivant:

Rouge, Orange, Jaune, Vert, bleu Indigo, Violet.

Une plaque d'épaisseur déterminée, donnera, par exemple, dans les tourmalines croisées, une teinte bleue uniforme dans tout l'anneau central. Si l'on tourne la tourmaline qui touche l'œil, la tourmaline oculaire, de gauche à droite, l'anneau central changera de teinte et l'on observera la succession de couleurs suivante :

Bleu, Violet, Rouge, Jaune.

C'est l'ordre descendant.

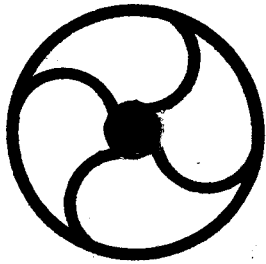
Observons l'individu dont la plaque a été détachée, et qui a donné cette succession de couleurs, nous verrons que l'individu en droit, c'est à dire que ses faces α (plagiédres) sont tangentes à une béliée tournant à droite, dans le sens dans lequel on tourne les aiguilles d'une montre pour l'avancer. Si l'on détache une lame perpendiculaire à l'axe d'un cristal gauche, dont les faces plagiédres sont tangentes à une béliée tournant à gauche, c'est à dire dans le sens dans lequel on tourne les aiguilles d'une montre pour la retarder, l'on n'obtiendra la même succession de couleurs, bleu, violet, rouge, jaune, qu'à la condition de tourner la tourmaline oculaire, de droite à gauche ; si on la tourne en sens inverse, l'on obtiendrait la succession de couleurs, inverse de la première, et par conséquent dans l'ordre ascendant, bleu, jaune, rouge.

Agissons maintenant avec de la lumière simple, c'est à dire d'une couleur déterminée, verte par exemple. Intéposons entre les tourmalines croisées une plaque extraite d'un individu droit, la transparence est rétablie, dans le champ de vision ; mais l'on pourra ramener l'obscurité, en tournant la tourmaline oculaire, d'un certain angle vers la droite. Une plaque de même épaisseur, extraite d'un individu gauche, changera pour ramener l'obscurité dans le champ de vision, que l'on tourne la tourmaline oculaire d'un même angle vers la gauche.

De tout ceci, il faut conclure que dans le quartz, il y a

deux sortes d'individus, offrant des structures semblables, mais inversement semblable.

Si l'on interpose dans les tourmalines croisées, deux lames tirées de deux individus différents, l'un gauche, l'autre droit, l'on aperçoit dans le champ de vision, une croix noire dont les bras sont contournés en S. C'est le phénomène des spirales d'Étyr. Le

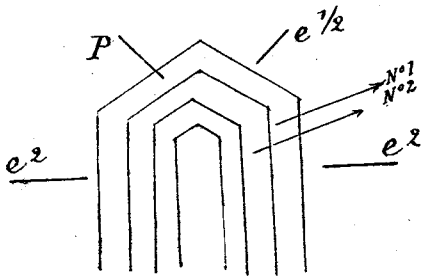


quartz est un cristal uniaxe positif. C'est donc le rayon extraordinaire qui est le plus dévié.

222. L'éclat du quartz est essentiellement vitreux, quand on casse un gros cristal, de manière à faire disparaître ses faces terminales; il est très difficile de distinguer ces masses informes

d'avec des morceaux de verre cassés.

223. Les couleurs sont très variables; il y a du quartz complètement incolore, appelé quartz hyalin, cristal de roche.



L'on rencontre aussi fréquemment la couleur violette, c'est le quartz améthyste; cette teinte est due probablement à la présence de l'oxyde de manganèse. Cette variété présente des propriétés optiques singulières. Elle résulte de plusieurs individus emboîtés les uns dans les autres, et si l'on

détache, des lames parallèles aux faces P, les lames N°1 et N°2 par exemple, elles agissent dans les tourmalines croisées, l'une comme une plaque droite, l'autre comme une plaque gauche. L'on rencontre aussi du quartz rose. Cette coloration est due à une petite quantité d'oxyde de titane. On recueille du quartz rouge dans des argiles, coloré par du peroxyde de fer. Ce

cristaux de teinte très-foncée, se rencontrent en très-grand nombre près de St. Jacques de Compostelle. Les pèlerins en rapportaient autrefois beaucoup; on les a appelés pour cette raison Hyacinthe de Compostelle.

On en trouve également en France. Quand les argiles colorées par le peroxyde de fer passent au jaune, par suite de l'hydratation de l'oxyde métallique, le quartz devient jaunâtre. C'est la fausse topaze. L'on rencontre enfin des cristaux de couleur sombre, bruns foncés ou noirs; C'est le quartz enfumé. Sa coloration est ici due à des matières organiques. Le quartz est inattaquable aux acides usuels, il l'est au contraire, sous l'action de l'acide fluorhydrique. L'on met à profit cette réaction pour graver sur le cristal de roche.

Il est infusible au chalumeau, mais il fond au chalumeau d'oxygène & d'hydrogène. On peut alors l'étirer sous forme de longs filaments vitreux. Ce n'est plus du quartz, mais de l'opale; car sa densité s'est abaissée à 2,2. Il fond au chalumeau ordinaire si l'on ajoute du carbonate de soude. L'on obtient alors une perle vitreuse, qui broyée et traitée par l'acide chlorhydrique abandonne la silice à l'état de gelée ou de poudre à grains dilués: on dessèche et on chauffe le résidu pour rendre toute la silice insoluble. Après refroidissement on reprend par l'eau et on filtre, on doit trouver sur ce filtre 100% de silice (même méthode s'il s'agissait d'un silicate indécomposable par les acides minéraux; il faudrait seulement après calcination reprendre par l'acide chlorhydrique pour restituer au Fer, à l'Aluminium et au Magnésium de l'acide que la désoxidation leur avait enlevé, on ajoute de l'eau et on filtre.)

224. Le quartz coloré, violet-jaune, etc. a son emploi dans l'ornement. Le quartz hyalin; a été travaillé par les anciens; et recherché par eux; nous trouvons des sares, des coffrets, de cristal de roche, qui remontent à la période romaine. Ils

étaient très habiles à graver sur les pierres dures. Aujourd'hui, on le remplace avec avantage par le cristal artificiel. Dans le trésor impérial à Vienne, on trouve une très riche collection d'objets d'ornement en cristal de roche. La chasse de St Charles Borromée à Milan, est composée de grandes plaques de cristal de roche, montées sur argent. Les cristaux de quartz hyalin, ont leur application dans l'art militaire; en les taillant dans certaines directions, sous forme de prismes, que l'on engage dans de longues lunettes, un officier peut juger à une très grande distance, des dimensions des ouvrages avancés d'un camp, aussi bien que des côtes principales d'une fortresse. Les lames de quartz sont journellement employées, dans l'analyse optique des liquides sucrés.

225. Cette substance, se rencontre parfois, sous forme de cristaux gigantesques. A la montagne de Béfour (Madagascar) on a trouvé des cristaux de quartz, dont la section droite était de 60 de tonne. En Suisse on exploite des forêts à cristaux, où parfois s'isolent quelques individus de grande taille. En 1725, l'on a extrait de l'un de ces forêts, situé près de l'hospice du Günsel, deux $\frac{1}{2}$ tonnes de cristaux de quartz, parmi lesquels il s'en trouvait dont le poids atteignait 200, 300, 400 Kilos. En 1770, près de Fischbach, une cave à cristaux en a donné un du poids de 350 Kilos; un autre de 200 Kilos; un troisième de 150 Kilos. Le cristal de quartz qui est à l'entrée de la galerie du Muséum, provient du Flam. Valain. Il n'a que la pyramide supérieure, et pèse cependant 400 Kilos. Au Muséum de Berne, on trouve six ou sept cristaux, de la plus grande taille, appartenant à la variété dite enfumée. Le plus grand de tous (Der König) est d'une hauteur de 0.87; il a un mètre de tour et pèse 255 K.

226. Le quartz renferme souvent des matières étrangères. Quand on l'agit, on voit se mouvoir à l'intérieur du cristal, des gouttes

liquide. C'est d'ordinaire une huile minérale, beaucoup plus expansible que l'eau. Et Madagascar on voit des plaques de quartz sur dans un pouce carré de moulem des milliers de ces bulles. En frottant l'une sur l'autre, deux de ces plaques, la chaleur engendrée par cette friction, détermine une série de précipitations. Ceci nous apprend que le quartz n'a pas une origine ignée, mais a été précipité d'une dissolution à une température relativement assez basse. S'on est arrivé à reproduire par voie humide des cristaux de quartz très nets, en faisant usage de l'eau surchauffée à 150° environ. Le quartz renferme aussi souvent des cristaux d'autres substances, de la pyrite, de l'amiantite, du rutile (titane oxyde) et une substance fusible, l'antimoine sulfuré.

227. Variété translucide en masse ou Agate.

Le caractère principal de cette variété, c'est la translucidité. Tout le monde a vu des vases en agate, et a pu certainement remarquer que dans cette variété la translucidité est complète, tandis qu'elle diminue dans le silex et s'évanouit dans le jaspe. Quand on brise un morceau d'agate, les surfaces détachées offrent l'apparence d'un morceau de cuir rompu. La surface de la cassure est inégale et laisse voir des petites écailles en partie soulevées par une extrémité, adhérentes par l'autre. C'est le type de la cassure que nous avons appelée coquilleuse. Ses couleurs sont très variables et très vives, elles sont toutes susceptibles d'un très beau poli. On peut les distinguer en agates unicolores et en agates rubannées.

Ses principales agates unicolores, sont : la Calcédoine qui est d'un blanc un peu blennâtre, la saphirine qui est d'une couleur bleu foncé (en minéralogie, l'expression de saphir désigne en général une pierre bleue). Ses agates de teinte jaune orangé, sont les sardoines. La cornaline est d'un rouge vif, d'un rouge cerise, ces deux dernières variétés ont été très recherchées par les anciens qui les faisaient venir

de l'Inde. On voit à la bibliothèque impériale de très belles sardoines gravées qui nous viennent de l'antiquité. C'est encore de l'Orient: l'Inde, la Chine, le Japon que nous viennent les plus belles agates. L'agate verte pâle est la chrysoprase. Celle d'un vert très foncé obscur est l'héliotrope.

Il y a des agates qui, comme le quartz cristallisé renferment des liquides et des gaz. Quand on agite la pierre, on voit des bulles qui s'y déplacent comme dans les niveaux d'eau.

228. Les agates rubannées sont celles qui ont été déposées par les eaux dans des cavités à peu près sphéroïdales, les couches les plus extérieures ayant été formées les premières. À la loupe, on voit ces minces feuillets embêtés les uns dans les autres. M. Brewster prétend avoir compté 17,000 feuillets dans un ponce d'épaisseur. L'intérieur de la cavité est souvent tapissé de cristaux de quartz dont les pointes sont tournées vers le centre. Les couches sont d'ordinaire de couleurs différentes, elles sont quelquefois infléchies circulairement, d'autres fois linéaires, et alors assez souvent polygonalement plées. Werner avait donné à cette dernière variété le nom d'agate à fortification parce que leur dessin rappelle en effet assez bien, le tracé d'un ouvrage militaire. Les agates sont recherchées comme pierres à camées quand les couches qui se font suite sont d'une couleur vive et disposées parallèlement. L'artiste peut alors en fouillant ces différentes couches, exprimer les cheveux par l'une, les chairs par l'autre, les vêtements par une troisième, tout cet ensemble reposant parfois sur un fond d'une quatrième couleur.

229. On a cherché à produire artificiellement les pierres à camées. On fait usage pour cela d'agates poreuses qui paraissent avoir subi un commencement d'altération. En les plongeant dans des liqueurs organiques, quelques couches en sont imbibées et d'autres par, en brûlant alors la matière organique au moyen d'un acide, on communique

à telle ou telle couche de colorations différentes. Ce procédé a été vaguement décrit par Pline. C'est dans la petite principauté de Birkenfeld (Oldenbourg) que l'on travaille presque toutes les agates du monde. Les ateliers de polissage remontent encore au temps de Pline.

Les agates se rencontrent à peu près exclusivement dans les rochers éruptifs ou volcaniques. Ces rochers ont été consolidés en présence d'une très grande quantité d'eau mêlée à leur pâte. Exceptionnellement, l'agate se trouve sous des formes organiques.

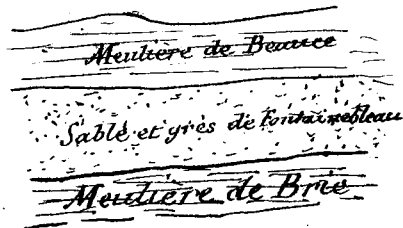
Les agates agissent sur la lumière polarisée, ce qui indique que leur tissu est cristallin. On la trouve en Hongrie sous forme stalactite, suspendue à des cristaux d'antimoine sulfuré, fusibles à la flamme de la bougie; ce qui nous apprend que comme le quartz cristallisé, son origine doit être attribuée à la voie humide.

Variété translucide sur les bords minces du silex.

230. Les silex sont des agates plus grossières à teintes sales ou ternes et que l'on ne cherche pas à polir. L'on ne trouve plus ici trace de cristallisation, mais comme il existe des passages ménagés entre l'agate et le silex, et que la densité reste toujours invariable et égale à 2,6, cette variété doit incontestablement être regardée comme l'état amorphe de l'espèce quartz.

Le silex n'est pas translucide en masse comme l'agate, mais seulement sur les bords amincis. Il affecte d'ordinaire des formes bizarres; ces formes dites en rognons. Ces rognons sont disposés en files, alignés dans les terrains sédimentaires. L'examen microscopique de plaques siliceuses polies, y laisse voir des traces d'organisme. Ce sont probablement des spongiaires, qui ont fixé ces sucs siliceux. La couleur du silex est d'ordinaire blonde ou noire. La matière colorante est une substance organique. On voit ces rognons siliceux en très grand nombre dans la craie des environs de Paris. Ils ont été

long-temps exploités comme pierre à feu. Les hommes primitifs ont taillé le silex sous des formes assez peu nombreuses mais bien définies pour en façonner des outils destinés à remplacer les instruments métalliques qui leur faisaient défaut. Le silex se substitue assez souvent à des organismes vivants. A Meudon, par exemple, on voit des oursins moulés en silex. A Pierrelay, les fossiles du calcaire grossier qui, d'ordinaire, sont en carbonate de chaux, ont été convertis en silex.



231. Le silex est susceptible de prendre un autre état, de se creuser d'un grand nombre de cavités, d'affecter même une apparence scoriacée; C'est la Pierre meulière qui aux environs de Paris forme deux étages bien distincts, séparés par les sables en grès de Fontainebleau. Les meulières de la Brie occupent le sommet du terrain

ocène. Les meulières de la Beauce constituent le terme moyen du miocène. La pierre meulière fournit des matériaux de premier choix pour la construction. Elle est très légère, à raison des vides nombreux qu'elle présente, très résistante cependant, à cause de la résistance exceptionnelle de ses parties pleines. Le mortier qui pénètre dans ses cavités forme comme autant de tenons qui assemblent deux assises successives. L'Administration en prescrit l'emploi dans un certain nombre d'ouvrages hydrauliques; à Paris, par exemple, les égouts sont construits en meulière et mortier de ciment romain. Une ordonnance royale de 1819 prescrit l'emploi de la meulière pour la construction des voûtes et même des murs des fossés d'aisances. Les parements extérieurs des fortifications sont également élevés en meulière. Sous le choc des projectiles, cette pierre cède sans se briser.

Variété

Variété opaque, ou jaspé.

232. Le jaspé a l'apparence du silex, mais la translucidité a disparu, même sur les bords les plus minces. Tout est opaque. Sa densité de 2,6 relie cette variété au quartz cristallisé. Ses couleurs sont beaucoup plus vives que dans le silex. Il y en a de colorés par du peroxyde de fer. Ils affectent des couleurs rouge brique. A certaines places, la coloration s'accroît d'une manière plus nette, ce qui donne à la pierre un aspect marbré. Il y a des jaspés de couleur brun-marron. L'on en voit un très grand nombre dans le lit du Nil, que pour cette raison on appelle Cailloux du Nil. Au Caire, ces cailloux reliés par une matière plastique y forment des masses rocheuses considérables. Il y a d'autres jaspés colorés en vert avec des taches rouges semées de place en place sur le fond. C'est le jaspé sanguin. La pierre de touche est un jaspé noir.

Ses jaspés sont d'ailleurs d'ordinaire assez impurs. A côté de la silice, l'analyse y montre presque toujours une certaine quantité d'argile.

Opale.

233. L'opale est un état allotropique de la silice, elle n'est jamais cristallisée. Sa densité est seulement de 2,2. Elle est soluble dans les liquens alcalines chaudes. Elle renferme toujours de l'eau. On croyait autrefois que cette eau était un élément essentiel de la substance, et devait être considéré comme de l'eau de constitution; mais l'on a renoncé à cette opinion, quand on a vu qu'on pouvait l'éliminer complètement sans que l'opale vienne à perdre ses propriétés physiques ou chimiques. L'eau n'entre donc dans l'opale que comme liquide d'imbibition.

Dans son plus grand état de pureté, l'opale est caractérisée par ses feux irisés où dominent le vert, le rouge et le bleu. Mais

pour que les teintes apparaissent, il faut que la pierre soit baignée d'eau; si cette eau vient à disparaître elle perd aussitôt son feu. Autres caractères: élastique résineux, cassure unie.

Il y a une opale qui est restée célèbre dans l'antiquité. Elle appartenait à un citoyen romain nommé Nonius qui fut banni à son occasion par le triumvir. Marc-Antoine désireux de se l'approprier. Elle était de la grosseur d'une noisette, et cependant estimée 3 millions. Il paraît qu'elle a été retrouvée dans les ruines d'Alexandrie. Il y en a une de la grosseur du poing dans le Trésor Impérial à Vienne. Elle est estimée 4,700,000 francs. Le gîte qui en fournit avec le plus d'abondance est celui d'Eperjes dans le Comitat de Presburg, en Hongrie. On les rencontre dans les cavités d'un Trachyte caverneux. Malheureusement quand on a trouvé une belle pierre, il faut l'envoyer aussitôt en Orient, d'où elle revient sous le nom d'opale d'Orient, dénomination qui ajoute beaucoup à son prix. Cette opale qui se vendrait à Pesth ou à Hermanstadt cent florins, en vaudra deux et trois cents, si elle est expédiée dans une autre Capitale après avoir passé par l'Orient. On a trouvé de belles opales dans le Guatemala, en Amérique.

Il y a des opales sèches qui placées dans l'eau reprennent leur transparence et parfois même les reflets irisés qu'elles avaient perdus. Quand on voit ces pierres à grains si fins, on a peine à comprendre que l'eau puisse y pénétrer. Il n'y a pas à notre gré d'expérience plus décisive pour démontrer la porosité des corps.

234. Ehrenberg a montré que certains sables siliceux et, en particulier le Tripoli de Bohême, exploités aux environs de Bilin n'étaient autre chose que de l'opale moulée sous la forme de petits vases déliés d'infusoires.

L'opale est encore susceptible de se substituer moléculairement aux sels ligneux. Elle constitue alors ce que l'on appelle les bois silicifiés. L'Empereur François 1^{er} d'Autriche avait un goût tout spécial

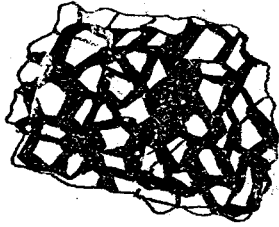
pour les bois silicifiés. Il en avait réuni une très riche collection. Un capitaine des mines prussien Justi raconte qu'il s'en trouvait dans son cabinet d'aussi gros que les billots dont se servent les bouchers pour découper les viandes. L'Empereur désira un jour savoir quel temps il fallait pour qu'un bois plongé dans de l'eau chargée de silice pût être ainsi converti en opale. Les naturalistes de Vienne furent d'abord fort embarrassés, puis, ils songèrent que Trajan avait fait construire en aval de Belgrade un pont en pierre, dont les piles étaient assises sur pilotis. Le Danube entraîne avec lui, une assez grande quantité de silice (ce rapportera à ce qui sera dit ultérieurement sur l'origine des argiles). Les pierres du pont ainsi baignées par des sucres siliceux devaient, suivant l'opinion des naturalistes viennois, être partiellement converties en opale. Mais ici, s'offrit une difficulté; Depuis la pair de Belgrade, le pont appartenait aux Turcs. L'Empereur demanda au Sultan la permission d'arracher un pilotis. Le Sultan refusa. L'Empereur insista de nouveau, et l'on convint, après bien des pourparlers, que le Commandant militaire de Belgrade autoriserait les délégués autrichiens à visiter l'état des pierres. Mais le Commandant militaire fut gagné et un pilotis de vingt pieds de long sur un pied d'équarrissage fut arraché et transporté à Vienne. On put facilement constater qu'en 1700 ans, il ne s'était formé qu'une croûte superficielle d'opale d'un demi-pouce d'épaisseur seulement. Sur cette donnée Justi calcule qu'un tronc de trois pieds, exige pour arriver à complète transformation, une période de 1000 siècles.

235. On rencontre à Paris, à Meuilmontant, des opales impures auxquelles on a donné le nom de Menilites. Leur cassure offre toujours l'aspect résineux, caractéristique, de cette espèce. L'on réunit sous le nom de quartz résinite, toutes les opales impures qui offrent ce caractère.

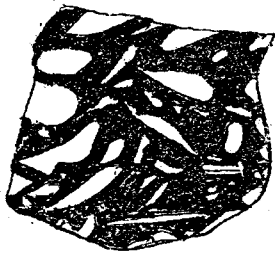
236. Le quartz forme des rochers qui se présentent sous des aspects assez divers. Toutes ces roches ont cependant une même

origine, et toutes les différences que l'on peut y reconnaître ne consistent à vrai dire que dans la forme des éléments quartzux.

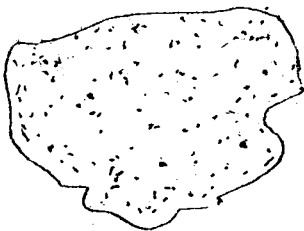
Une masse quartzuse attaquée par des eaux courantes est brisée en gros fragments. Si ces débris ne sont pas long-temps entraînés par les eaux, ils conservent leur forme angulaire, et pourront à cet état être agglutinés par une matière plastique, un ciment calcaire, argileux, siliceux même. On aura une roche qui, sur une tranche à perpendiculaire plane, laissera voir des éléments à contours rectilignes polygonaux se dessinant sur une pâte homogène. Cette roche est une brèche.



237. Si au contraire les fragments quartzux ont long-temps cheminé avec les eaux qui les entraînent, les angles seront usés, abattus, émoussés, ils auront pris la forme de galets. Si ces galets sont empâtés dans un ciment, la roche laissera voir sur ses tranches les contours curvilignes de ces débris arrondis se dessinant sur le fond uniforme de la pâte qui les réunit. Cette roche est un pondingue.



238. Mais si ces mêmes débris quartzux ont été roulés plus long-temps encore, ils seront de plus en plus atténués, et passeront à un véritable sable. Ces grains déliés, cimentés par une matière plastique quelconque, donneront une roche que l'on désigne sous le nom de grès. Nous verrons, par la suite, que les roches très anciennes ont eu à subir, après leur formation, des actions dues à des vapeurs chaudes, peut-être même à de l'eau surchauffée et que alors leur tissu a été modifié, métamorphosé.



La roche a été parfois pénétrée de substances étrangères et en particulier de quartz

Les schistes anciens imprégnés de sucs siliceux en profondément modifiés dans leur texture portent le nom de quartzites. Les sucs siliceux et l'argile endurcie en en grande partie éliminée ont été pour ainsi dire fondus ensemble en une même pâte homogène.

L'étude de la silice, nous amène à parler des silicates. La famille des silicates est celle qui est le plus largement représentée parmi les minéraux terrestres. Nous y ferons avec tous les mineralogistes deux grandes divisions :

Silicates aluminés

Silicates non aluminés ou trapéens

Silicates aluminés.

Nous commencerons par l'étude des Feldspaths.

Feldspaths.

239. Le nom de Feldspath est emprunté aux plus anciens traités de Minéralogie, il signifie spath des champs. Cette expression nous indique à la fois des minéraux qui se clivent facilement se divisent par le choc en solides compris sous des faces parallèles. Elle nous rappelle aussi que ces sont des substances très communes que l'on rencontre à peu-près partout à la surface des champs.

Entre toutes les espèces comprises sous cette dénomination générique l'Orthose est la plus anciennement connue. C'est Haüy qui lui a donné son nom, pour rappeler que par le choc ses cristaux se taillent facilement dans deux directions rectangulaires entre-elles. On l'appelait avant lui le spath scintillant, car l'orthose fait feu sous le choc de l'acier, bien que les duretés de ces deux substances soient cependant

assez voisines. Ses formes cristallines ont été décrites avant Haüy par le P. Tini. Mais ses figures sont peu exactes et ses descriptions moins encore.

Ainsi parmi les différents Feldspaths, il en est un qui se brise suivant deux directions d'équerre l'une sur l'autre, de manière à former un gradin droit (orthos - droit).

Jusqu'à Vanquelin, aucun chimiste n'avait pu découvrir la base alcaline qui figure dans cette espèce. On dosait la silice et l'alumine, mais un élément, échappait. Cet élément, c'est la potasse que Vanquelin trouva le premier dans une orthose de Sibérie.

240. On crut dans le début que c'était à cette espèce qu'il fallait attribuer tous les autres Feldspaths, dont les caractères extérieurs sont à vrai dire assez voisins. En 1819 Eggertz ayant analysé un Feldspath de Finbo, près Fahlun (Suède) découvrit que dans ce minéral, le rôle que joue la potasse dans l'orthose était ici joué par la soude. M. G. Rose soumit ce minéral à l'épreuve cristallographique, et il ne tarda pas à se convaincre que la forme cristalline avait changé avec la composition. Tandis que l'orthose appartient au cinquième système cristallin, ce nouveau minéral ne présente plus que la symétrie du sixième système. Les échantillons examinés par M. Rose étaient tous blancs, il crut que c'était là une propriété générale de ce feldspath, auquel il donna le nom d'Albite. Bien que ce fut là une erreur, car il existe des albites colorés, cette denomination a été conservée à l'espèce.

241. Il y a dans le nord un pays où la minéralogie est une science populaire, je veux parler de la Suède. Les Suédois ayant examiné avec soin les rochers de leur pays, y reconnurent très facilement l'orthose et l'albite, mais à côté de ces deux feldspaths, un troisième d'une teinte blanc verdâtre. Dalman, célèbre géologue Suédois, attira le premier l'attention des savants, sur ces échantillons de couleur blanc-sale du granite de Vanviks-zoll, près Stockholm, tandis que l'orthose et l'albite se

brisent facilement dans deux directions exactement rectangulaires entre-elles dans l'orthose, à peu près rectangulaires dans l'albite, l'on ne trouvait plus ici qu'une direction de facile division. En frappant ces échantillons avec un marteau, on les clivait facilement dans un sens, mais dans le sens transversal, le choc n'avait pas d'action sensible, on ne pouvait y faire naître de gradin, ils se brisaient moins que les précédents, d'où le nom d'oligoclase (moins-brisé) que proposa en 1826 M^r Breithaupt (le doyen de la minéralogie déjà connu avant cette date et qui occupe, aujourd'hui encore, la chaire de l'Académie des mines de Freiberg). Berzélius avait fait déjà paraître en 1825, dans son annuaire une analyse de cette substance. Il fut vu que l'oligoclase était moins silicatée, moins riche en silice que les espèces précédentes.

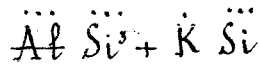
242. Il y avait à cette époque une pierre qui avait eu le privilège d'attirer l'attention publique, et cela était tout naturel, car elle présentait la singulière propriété d'offrir sur ses tranches un jeu très remarquable de couleurs. Cette pierre forme des masses rocheuses considérables dans l'île St-Paul, près la côte de Labrador, où elle fut remarquée pour la première fois par les missionnaires appelés Frères Allemands (1775). Les échantillons rapportés du Labrador, taillés en polin dans une certaine direction s'éclaircissent brusquement, sous certaines incidences de teintes colorées très vives qui s'étendent en nappes. Ces feux sont verts, bleus, violacés suivant l'échantillon. On a donné à cette roche le nom du pays d'où elle provient, Labrador. Bien rarement cristallisé, on se borna d'abord à reconnaître que comme l'oligoclase, le labrador n'admet qu'une seule direction de clivage. Cette pierre étant devenue très à la mode, on la rechercha partout et on ne tarda pas à la reconnaître en Finlande, près d'Ojamo. Les échantillons de cette localité offrent des nappes de lumière circonscrites par des contours polygonaux. Les généraux de Bawr et de Bohlen, la retrouvèrent près de St-Petersbourg. Découverte en 1775, on ne songea à l'analyser que 40 ans après. C'est à Klaproth qu'est due

la première analyse. Il y recomun un véritable feldspath, mais tout particulier, et cela à deux points de vue. L'on avait remarqué déjà dans l'oligoclase, des traces de chaux, mais cette terre n'y jouait qu'un rôle secondaire, à côté de la soude. Ici, au contraire, c'est la chaux qui est la base prépondérante, et les alcalis les bases accessoires. Par un autre côté, le Labrador se sépare des autres feldspaths déjà signalés, car il est attaqué par l'acide chlorhydrique, tandis que tous les autres résistent à l'action de ces acide. Ce résultat était d'ailleurs à prévoir, car la proportion de silice est moindre encore dans le Labrador que dans l'oligoclase.

243. A ces feldspaths, ajoutons pour mémoire l'Anorthite, découverte et déterminée par M. G. Rose, en 1823; Il l'observa en gravissant les pentes du vieux Vesuve (la Somma) dans des blocs de dolomie rejetés par le volcan (Voir S. 58.). Il a été retrouvé depuis dans les tufs volcaniques de l'Islande. Cristaux très petits et offrant des formes très nettes et facilement discernables à la loupe, on l'on reconnaît la configuration dissymétrique du sixième système cristallin. Ce dernier feldspath est non seulement attaqué par l'acide chlorhydrique, mais quand on le réduit en poudre, il fait immédiatement gelée dans l'acide. Proportion de silice moindre encore que dans le Labrador.

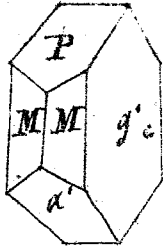
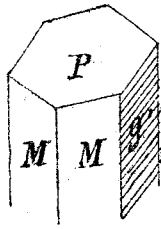
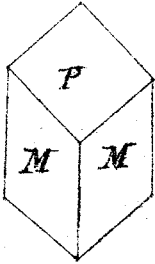
Noms des différents Feldspaths.	Système Cristallin	Clivages suivant		Angles caractéristiques.			Proportions relatives des quantités d'oxygène.			Action des Acides.
		P	g'	P/g'	M/ M ^m	P/M	dans l'acide.	dans les bases d'oxygènes	dans les bases non oxygées	
Orthose.....	5°	très facile	très facile	90°	118° 52'	112° 16'	12	3	1	Inattaquable
Albite.....	6°	très facile	facile	86° 24'	122° 15'	115° 5'	12	3	1	Inattaquable
Oligoclase...	6°	très facile	peu appai	86° 15'	120°	115° 30'	9	3	1	Inattaquable
Labrador.....	6°	très facile	peu appai	86° 25'	120° 40'	115°	6	3	1	attaquable
Anorthite.....	6°	très facile	peu appai	85° 48'	120° 30'	114° 22'	4	3	1	Soluble.

Ortose.



244. Système cristallin, prisme rhomboïdal oblique $M/M = 118^\circ 52'$

$P/M = 112^\circ 16'$; on peut par le clivage faire toujours naître des faces g^t . $P/g^t = 90^\circ$. La forme la plus habituelle des cristaux est la suivante. La tronçature g^t fait naître une large face latérale, et une tronçature sur les



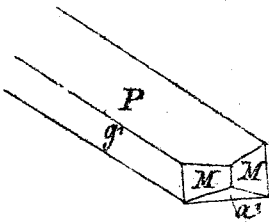
angles A amène deux faces a^t de même forme que la base,

P/M est de $112^\circ, 16'$

M/a^t est de $110^\circ, 40'$

Une mesure d'angle permet donc toujours de distinguer la base P d'avec la face dérivée a^t

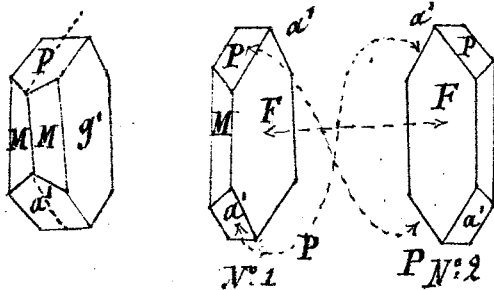
La face P s'allonge parfois beaucoup dans le sens de la diagonale inclinée du prisme primitif. Le cristal conserve la forme ci-dessous décrite, tous les angles conservent leur valeur, mais cet allongement du cristal, lui donne une toute autre apparence. C'est le premier cristal maïs étiré.



245 Les cristaux d'ortoses s'associent très fréquemment entre-eux. Deux demi cristaux s'accomplent après inversion de l'un d'eux. Le plan de jonction est une face cristalline quelconque.

Le premier exemple d'association a son importance, parce qu'il est comme masqué et qu'on le retrouve dans l'albite, où au contraire ses effets sont très apparents. N'oublions pas que g^t est perpendiculaire

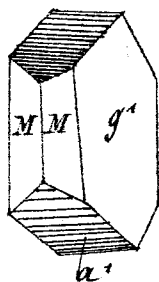
sur P il l'est aussi sur a' . Coupons le cristal par un plan médian parallèle à g' et isolons les deux moitiés N° 1, N° 2. Laissons



le cristal N° 1 immobile, faisons tourner le cristal N° 2 dans le plan de la face F , parallèle à g' , et rapprochons ces deux moitiés après l'inversion, la face P arrière

inférieure du N° 2, viendra se placer dans le plan de la face P antérieure supérieure du N° 1, de même la face a' arrière supérieure du N° 2 viendra se mettre dans le prolongement de la face a' antérieure inférieure du N° 1 (suivre les flèches). Donc, après retournement on retombe sur un cristal identique au premier. Comment donc s'est-on aperçu qu'il existe des cristaux d'orthose ainsi formés? C'est que la face P offre toujours des stries, et que si l'on considère les cristaux qui résultent de ces associations, on voit toutes ces stries s'arrêter à une même ligne

qui partage la face P en deux trapèzes égaux.

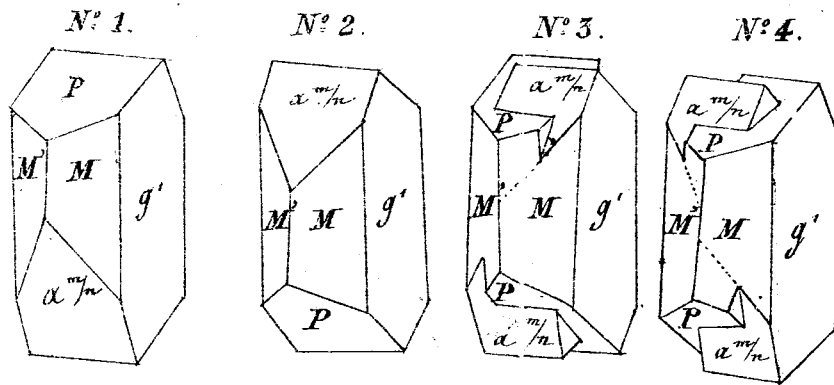


Une autre loi de groupement que l'on retrouve dans les cristaux de Carlsbad, en Bohême, de la France Centrale, est celle qui régit l'association de deux individus compris sous les faces $PMMg'a'_{1/2}$, le plan de jonction est parallèle à g' , un cristal

a tourné autour d'un axe parallèle à cette face, c'est-à-dire à l'axe vertical du système.

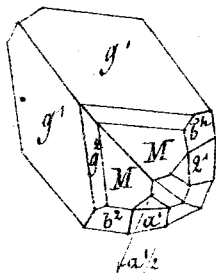
Supposons donc deux cristaux entièrement semblables et placés côte à côte en position parallèle. On fait tourner l'un d'eux de 180° autour d'une verticale, il se présente alors comme le N° 2. Faisons

maintenant glisser ce N° 2 parallèlement à lui-même de manière à ce



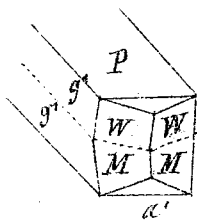
que les faces g' arrivent à se rencontrer. Faisons pénétrer le N° 2 dans le N° 1: suivant que le N° 2 sera venu joindre le N° 1 par la face g' de droite ou de gauche, l'on aura le N° 3 ou le N° 4.

On trouve encore d'autres associations. Coupons un cristal compris sous les faces P, M, M' et $a^{m/n}, g', g''$ par un plan parallèle à la modification $c^{1/2}$, faisons tourner la moitié supérieure du cristal, l'autre moitié inférieure restant immobile. L'on obtient une figure dans laquelle les faces g' des deux demi-cristaux sont presque à angle droit l'une sur l'autre.



Enfin, la forme très allongée que nous avons signalée déjà, donne souvent lieu à une association de deux demi-

cristaux, le plan de jonction est parallèle à la face P , la moitié supérieure tournée encore de 180° par rapport à la moitié inférieure. Dans ce cas, comme l'angle P/g' égale 90° , le clivage g' traverse tout le cristal.



On voit, par conséquent, que dans l'orthose,

le caractère fondamental est celui des deux clivages dont l'un est parallèle à P et l'autre à g^1 (plan diagonal perpendiculaire sur la base).

La base est striée

La dureté est celle de l'acier

La densité 2,58 voisine de celle du quartz, aussi rencontre-t-on l'orthose à côté du quartz, dans les roches les plus anciennes, et en particulier dans la granité.

On trouve accidentellement dans ce feldspath un jeu de lumière qui lui communique sur certaines faces, et pour certaines incidences, un éclat nacré extrêmement vif (pierre de lune).

L'orthose est souvent transparente quelquefois opaque

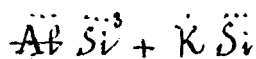
Les couleurs sont en général assez faibles, cependant à côté des variétés blanches, on en voit quelques unes d'un rouge assez foncé, plus souvent rouge pâle (chair de saumon). On rencontre aussi de l'orthose colorée en vert foncé, c'est la Pierre de Amazon, on la trouve en Sibérie. Sa coloration est due à un mélange de carbonate de cuivre.

L'éclat varie sur les diverses faces. Il est nacré sur la base, vitreux sur les pans et autres tronçatures.

Inattaquable aux acides.

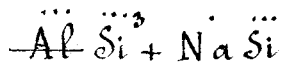
Difficilement fusible au chalumeau. Un fragment d'orthose parfaitement exempt de soude, colore en violet la flamme du chalumeau.

L'orthose est en effet le feldspath potassique, bien qu'enfermant une petite quantité de soude. Sa formule théorique est :



La somme des quantités d'oxygène qui entrent dans l'acide est représentée par 12; celle qui entre dans les sesquibases, par 3, celle qui entre dans les monobases, par 1.

Albite.



246 La composition chimique de l'albite est calquée sur celle de l'Orthose. Le rôle que jouait la potasse dans l'orthose est ici joué par la soude. Mais avons nous dit, cette différence dans la composition chimique entraîne avec elle, une modification sensible dans la forme cristalline. Les cristaux dérivent plus d'un prisme rhomboïdal oblique, d'un prisme tel que ses deux moitiés gauche et droite, situées de part et d'autre d'un plan diagonal, sont identiques entre elles. La symétrie de l'albite est moindre, c'est celle qui caractérise un prisme dissymétrique, c'est-à-dire à base parallélogramme.

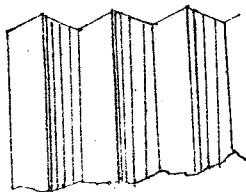
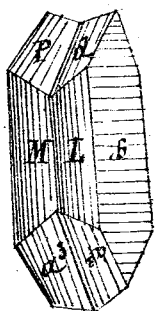
Cependant les formes primitives de l'orthose et de l'albite sont encore très voisines par la valeur de leurs angles caractéristiques. L'un des plans diagonaux est presque normal à la base, car il n'est incliné que de $93^{\circ}36'$. Cette base n'a plus la forme d'un rhombe, mais d'un parallélogramme très voisin d'un rhombe; les cristaux d'Orthose s'effrent à nous sous les faces PMa' et g' et sont les faces correspondantes (a^3 au lieu de a') qui limitent aussi les cristaux d'albite. Or l'angle A en l'arête G constitue des espèces distinctes dans le sixième système aussi bien que dans le cinquième. Si donc c'est sur ces éléments que

portent les modifications dans l'albite comme dans l'orthose nous devons nous attendre à rencontrer des cristaux presque entièrement semblables dans ces deux espèces. C'est ce qui a lieu en effet.



Les cristaux d'albite donnent la forme ci-contre et il faut pour les distinguer de ceux d'orthose, mesurer exactement l'angle l'angle $P'g' = 93^{\circ}, 36'$, mais une circonstance vient singulièrement simplifier cette tâche; c'est que

Les cristaux d'albite sont très rarement simples, disons même presque jamais, mais composés de deux demi-cristaux juxtaposés comme dans la première association de deux demi-cristaux d'orthose que nous avons vu à l'heure longuement décrite. Souvenons nous que P n'est plus ici d'équerre sur g' et si nous cherchons à nous rendre compte du cristal qui résulte de deux moitiés d'un cristal simple, comme dans le cas de l'Orthose, nous verrons facilement que l'obliquité de P sur g' amènera une



gouttière à une extrémité du cristal composé et une crête saillante à l'autre extrémité: le plus souvent, nous ne trouverons pas même des cristaux aussi simples que ceux-là; mais des masses cristallines composées de plusieurs de ces individus assemblés suivant la même loi, les uns placés parallèlement les uns aux autres,

tous orientés de la même façon dans la masse, de telle sorte que ces alternances de crêtes et de rentrées cunéiformes se dessinent sur une tranche plane sous forme de stries très sensibles à l'œil nu.

Dans certains gisements, l'albite cristallisée a une tendance

inverse de celle de l'orthose que nous avons vu s'allonger dans le sens du plan diagonal qui comprendrait les diagonales horizontales

d'albite s'allonge dans le sens de l'autre plan diagonal, MO^2

Berthamp a voulu en faire une espèce distincte à cause

d'une petite différence qui existe dans l'angle du prisme primitif (périchnie) les cristaux sont complus sous les formes P, M, T, a^3 , g' et i, les faces sont des facettes intermédiaires sans notation fixe.

Dans l'albite le clivage g' est moins facile que dans l'orthose.

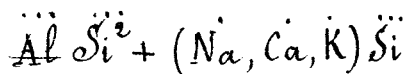
La densité de l'orthose d'air de 2,58, ici, elle est supérieure
ou égale à 2,63.

Son éclat est plus vif

Sa couleur plus claire, généralement d'un blanc hyalin
ou d'un blanc laitier, exceptionnellement rouge ou jaune.

Elle se comporte en présence des acides et au chalumeau
comme l'orthose.

Oligoclase.



247 Sa forme primitive est encore celle d'un prisme oblique
à base parallélogramme (voir plus haut pour les incidences
angulaires)

On rencontre ces cristaux mais à vrai dire assez rarement
ils ont un éclat pierreux. Leur gisement presque exclusif est
Arendal, en Norvège, de telle façon qu'on les reconnaît à un
facies spécial.

Le caractère minéralogique important, est le clivage unique,
à ce titre l'oligoclase se sépare nettement de l'Albite et de
l'Orthose.

Le caractère chimique important est son inaltérabilité
en présence des acides; à ce titre l'oligoclase se sépare nettement
du Labrador et de l'anorthite qui sont attaquables par ces
agents.

Sa couleur est le plus souvent un vert sale, mais ce
caractère est loin d'être absolu, car il y a des oligoclases de couleur
blanche.

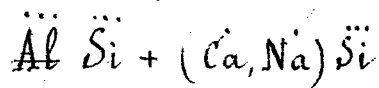
Sa densité est supérieure encore à celle de l'Albite. Elle est

égale à 2,08.

En point de vue de la composition chimique, c'est un feldspath à la fois sodique, calcique et potassique, l'ordre d'importance des bases étant soude, chaux, potasse. Ce minéral représente comme une étape, entre l'albite qui est franchement sodique et le Labrador qui est franchement calcique.

Au chalumeau, il se comporte comme l'orthose et l'albite.

Labrador.



248. Le Labrador a le même système cristallin que l'espèce précédente (voir le tableau pour les incidences angulaires).

Il a les mêmes formes dérivées et les mêmes clivages que l'oligoclase. Ses cristaux sont excessivement rares.

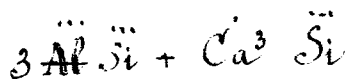
On a déjà signalé son aspect chatoyant et ses jeux de lumière. Ces nappes colorées apparaissent sur les faces g' (face de clivage difficile).

Le caractère fondamental qui sépare cette espèce d'avec toutes les précédentes est son altérabilité en présence des acides.

Réduite en poudre fine, l'acide chlorhydrique concentré détermine sa décomposition et l'on voit apparaître une gelée siliceuse.

Au chalumeau se comporte comme les feldspaths précédents.

Anorthite.

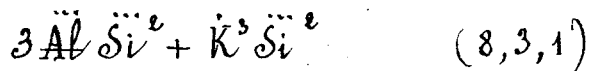


249. Cristaux très petits, discernables le plus souvent au moyen d'une loupe, dérivant d'un prisme oblique dissymétrique.

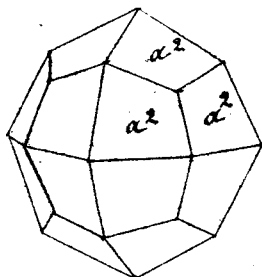
Aspect vitreux qui distingue cette espèce d'avec albite, oligoclase, Labrador, se distingue d'avec l'orthose vitreuse par la dissymétrie de sa forme.

Caractère distinctif; presque immédiatement soluble dans liquide chlorhydrique concentré

Amphigène.



250. Sa composition chimique rapproche seule cette substance des feldspaths. Ses formes sont cubiques. Elle se présente presque toujours sous la forme d'un trapèze à six faces avec des indices de clivage parallèles aux faces d'un dodécèdre rhomboidal.



Dureté égale à celle du feldspath.

Densité = 2,48

Aspect vitreux.

Couleur blanche, tirant sur le gris.

Quelquefois transparente mais se kaolinise facilement et devient opaque.

Infusible au chalumeau.

Soluble dans l'acide chlorhydrique sans produire de gelée.

Ce minéral appartient essentiellement aux terrains volcaniques

un peu anciens. On le rencontre à la Somma, à Pompéi, près de Naples, et dans les volcans éteints des États Romains. La similitude de ses formes avec celles du grenat, lui a fait parfois donner le nom de grenat du Vésuve.

Feldspath compact.

251. On désigne sous ce nom et aussi sous celui de jade feldspathique, des substances amorphes qui ont la composition d'un feldspath quelconque sans présenter aucune trace de clivage. Elles ont l'aspect du quartz compact, mais s'en distinguent par leur fusibilité au chalumeau. La fonte a l'apparence d'un émail blanc légèrement boursoufflé, leur cassure est esquilleuse, à bords tranchants, leur éclat gras, leur coloration variable, généralement faible.

Feldspath hydraté ou Kélinite.

252. De même qu'à côté du quartz anhydre, nous avons rencontré du quartz hydraté ou resinite, de même à côté des feldspaths anhydres, on rencontre des feldspaths hydratés ou resinites.

Ils ont complètement l'aspect des quartz hydratés, que nous avons déjà décrits, mais s'en distinguent par leur fusibilité au chalumeau. Ils fondent en se boursoufflant, et en général blanchissent, par la raison qu'ils sont presque toujours colorés par des matières étrangères.

Argiles.

253. Parmi les roches stratifiées, il en est une qui est représentée à tous les niveaux. C'est l'argile. C'est une roche terreuse à particules

finer, se délayant dans l'eau en donnant une pâte plus ou moins liante. Regardées au microscope, les particules de l'argile sont complètement amorphes. Nous n'avons donc pas affaire ici à un véritable minéral. L'analyse chimique accuse une proportion variable de silice d'alumine et d'eau, parfois même une quantité assez notable d'alcali. Voilà une composition qui rappelle celle du feldspath. L'argile n'est pas autre chose que le résidu insoluble de la décomposition des feldspaths.

Vous nous sommes déjà entretenu (S. 18) de la décomposition des granites sous l'influence des actions atmosphériques. Le granite est une roche qui renferme le feldspath en abondance. Malgré sa dureté bien connue, elle s'altère constamment à la surface. Dans l'Ardeche, par exemple, on voit partout le granite désagrégé. Il est dur à une petite profondeur, mais altéré à la surface. Le plateau de l'Hermitage si renommé par son crin est composé d'un granite qui entre assez facilement en décomposition. Il suffit d'y ménager des entées à l'air extérieur, en le défonçant à la mine pour que la roche devienne bientôt friable et que l'on puisse y planter la vigne. Attaqué par des eaux courantes, le granite fournit différents produits (granite se compose de feldspath, quartz et mica). Le quartz donne des sables incohérents ou des grès (S. 238.) Le mica est aussi entraîné en nature et transporté plus loin encore que le quartz, mais le feldspath est décomposé chimiquement sous l'action des eaux de pluie chargées d'acide carbonique. Les feldspaths les plus abondamment répandus sont des silicates doubles d'alumine et d'alcali. Ils résultent donc de l'association d'un silicate insoluble (silicate d'alumine) avec un silicate soluble (silicate alcalin). Sa décomposition a pour résultat de séparer ces deux termes et en même temps de produire de la silice soluble.

Sous l'action des eaux courantes, le feldspath donne :

- 1° Un silicate alcalin soluble;
- 2° De la silice naissante soluble;
- 3° Un résidu amorphe insoluble de silicate d'alumine (argile)

La présence de l'acide carbonique dans les eaux courantes provoque la dissolution de la silice naissante. Les trois quarts de la silice du feldspath, soit à l'état libre, soit à l'état combiné sont ainsi dissout et entraînés, un quart seulement persiste à l'état insoluble, dans le silicate d'alumine, c'est-à-dire dans l'argile.

254. M. L'ambree a prouvé par des expériences directes que la seule trituration amenée par les frottements que les cailloux feldspathiques exercent les uns sur les autres, quand ils sont entraînés en grand nombre dans un cours d'eau, suffit pour produire tous ces effets: dissolution du silicate alcalin, et de la silice soluble, séparation du silicate aluminé insoluble. Les glaciers exercent par leur frottement sur les rochers feldspathiques qui les encaissent des actions toutes semblables.

Cette question d'origine bien étudiée nous dit que les argiles sont des masses terreuses composées de silicate d'alumine ayant retenu de l'eau et une petite quantité de silicate alcalin ou terreux.

255. Toutes ces variétés d'argiles ont pour propriétés communes:

- 1° de se délayer dans l'eau en donnant une pâte plus ou moins liante;
- 2° d'absorber très facilement l'eau, parfois même l'huile et par conséquent de happer à la langue;
- 3° de répandre au contact de l'haleine une odeur toute particulière qui rappelle celle qui se dégage de la terre quand, après une longue sécheresse, le sol reçoit les premières gouttes de pluie (Kawlm excepté);
- 4° de se contracter quand on les chauffe, c'est cette propriété que l'on utilise pour mesurer les hautes températures au moyen du pyromètre.

256. Les minéralogistes ont singulièrement multiplié les divisions dans la classe des argiles, mais nous qui n'avons pas à faire connaître les minéraux rares, et seulement ceux qui se prêtent

à des applications. Nous distinguerons donc trois types d'argile fondés sur les propriétés que l'industrie y recherche

Les propriétés que l'industrie met à profit dans les argiles sont au nombre de trois, à savoir:

1° L'infusibilité. Ce caractère atteint son maximum dans l'argile à porcelaine, dite Kaolin.

2° La plasticité. C'est à dire une très grande facilité à se laisser pétrir, mouler, étirer, en un mot façonner de toutes manières. Cette propriété est très saillante dans la variété dite argile plastique

3° La faculté d'absorber les liquides. Les argiles dites Smectiques ou terres à foulon employées au dégraissage des laines offrent ce caractère poussé au plus haut degré.

De là, trois types d'argile, établis au point de vue de la pratique.

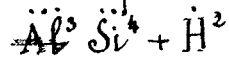
Argile à porcelaine ou Kaolin.

257. C'est la variété la plus pure, aussi est-elle d'une parfaite blancheur. C'est à cette grande pureté qu'est due l'infusibilité. Les argiles qui sont fusibles, sont toujours celles qui admettent des mélanges d'oxyde métallique, que ces oxydes proviennent de métaux lourds ou de métaux légers (pour cette distinction voir S. 184). Les analyses du Kaolin n'indiquent pour ainsi dire que de la silice, de l'alumine et de l'eau.

Il existe à St Yrieix un immense cristal d'orthose décomposé en Kaolin qui depuis un demi-siècle est peut-être davantage exploité sans être apprécié. Sa composition est la suivante:

Silice	48,68
Alumine	36,92
Eau	13,13
Alcali ou cendre	<u>1,27</u>
	100,00

Son analyse conduit à la formule :



Mais qu'il se mêle à la pâte d'oxydes métalliques, la couleur blanche s'altère aussitôt et la terre devient fusible. Vous avez sans doute remarqué qu'il y a beaucoup de briques de teinte rouge qui sont vitrifiées sur les bords, c'est que les oxydes métalliques et en particulier l'oxyde de fer forment avec la silice des combinaisons très fusibles. Au contraire, l'argile à porcelaine est une terre très blanche, est, par cela même infusible. C'est une terre peu plastique qui ne dégage par l'odeur argileuse sous l'insufflation. Elle se laisse très facilement broyer. Il en existe en France, trois gîtes importants. L'un déjà signalé, près de Limoges, l'autre dans l'Allier, à Colettes. Un dernier a été récemment découvert dans les Côtes-du-Nord, près Plémeur.

Mais si la terre à porcelaine est infusible, comment est-elle transparente, car transparence équivaut à vitrification et vitrification équivaut à fusion ? C'est un de nos anciens camarades, M^r Salvétat, qui a donné l'explication de ce fait. Si l'on se rapporte à l'origine que nous avons assignée aux argiles, l'on concevra aisément qu'une petite partie de silicate alcalin se trouve en même temps côté du silicate aluminé. C'est cette petite quantité de silicate alcalin répandue dans toute la masse, qui se vitrifiant, l'éclaircit tout entière.

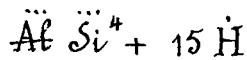
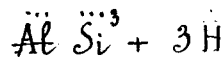
Argile plastique.

258. L'argile plastique offre de tous autres propriétés dont la plus saillante est la plasticité toute particulière de sa pâte. D'abord, elle ne possède que très rarement, la couleur blanche, ou même assez rarement des teintes claires. Quand elle est de couleur très pâle, grise ou très légèrement teintée de jaune, elle est d'ordinaire infusible. Exemple: Argile de Montén, près le Creuxon. C'est une argile presque blanche, mise à

profu pour la fabrication des briques réfractaires. Ses variétés entièrement blanches, sont réservées à la fabrication des pipes ou des objets de faïence.

Ses terres fusibles colorées de toutes nuances, ou même panachées sont employées à la fabrication des briques ordinaires, des poteries dont on fait aujourd'hui un si grand usage pour la canalisation de la fumée dans le bâtiment, et même dans l'économie domestique, etc. Le caractère principal de toutes ces argiles est de faire pâte très longue avec l'eau. Si l'on en prend un morceau, qu'on le détrempe dans un peu d'eau et que le roulant entre les mains on le façonne sous la forme d'un cylindre, ce cylindre sera susceptible de s'étirer sans se rompre. L'argile à porcelaine ne pourrait subir cette épreuve. L'argile plastique est très onctueuse au toucher. Elle se polit sous l'ongle. Elle se fendille beaucoup à l'air, en perdant une très grande partie de son eau de capillarité, mais pour lui faire perdre son eau de combinaison, il faut la maintenir long-temps à la chaleur blanche, la pâte devient alors assez dure, pour faire faire feu à l'acier.

Si l'on fait abstraction des principes colorants. Sa composition de l'argile plastique est assez bien traduite par l'une de ces deux formules



Reste enfin la:

Terre à foulon ou argile smectique.

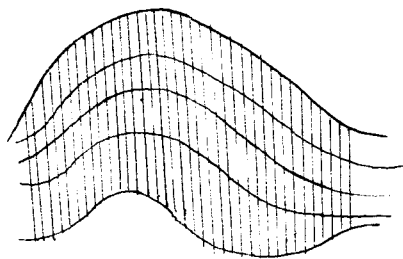
259. Sa plasticité a presque disparu; elle donne une pâte très courte; ces terres se reconnaissent facilement à ce caractère que lorsqu'elles sont un peu sèches, si on vient à les briser les éclats ont des arêtes tranchantes que l'on ne fait disparaître qu'avec une certaine difficulté par la pression de l'ongle, tandis que pour les autres argiles, les éclats sont terminés

par des arêtes mousses granuleuses, jamais tranchantes. Les arêtes des échantillons fraîchement extraits ou séchés sont légèrement translucides. La friction de l'ongle fait naître sur l'argile smectique des lignes plus brillantes encore que sur l'acide plastique. Sa composition est à peu près:

Si	53		
Al	10	Fe	9,7
H	26,2	Mg	1,2

Schistes argileux.

260. L'argile est susceptible, plus qu'aucune autre roche de prendre l'état schisteux, c'est à-dire cet état qui admet des divisions toutes parallèles à un plan, d'orientation déterminée. Les schistes argileux dont les ardoises sont un type, ont même composition que les argiles, ils offrent une structure feuilletée très prononcée. et l'on peut sur une foule de points remarquer que la division naturelle en feuillets, la direction du clivage de la roche, si l'on veut, est tout autre que la stratification des couches elles-mêmes. Les plans de stratification des couches, ne coïncident pas avec les plans de fissilité. C'est dans les bancs ardoisiers des Ardennes.



Les couches sont ondulées et la division en ardoises a lieu suivant des plans verticaux. M. Daubrée a montré que l'on expliquait très facilement ces faits et que l'on pouvait même les réaliser par l'expérience. Si l'on prend une

masse d'argile et qu'on la comprime de manière à ce qu'elle puisse s'étendre et glisser latéralement, elle prend aussitôt l'aspect feuilleté la direction du feuilletage étant normale à la pression ou parallèle au glissement.

Ces diverses conditions se sont trouvées réalisées dans les Ardennes

Car elles se trouvent placées entre deux massifs, qui nous représentent les mâchoires d'un étau, ou le plateau d'une presse hydraulique. Le contournement des couches a permis l'extension. La schistosité se manifeste partout où sont réalisées ces conditions et c'était de la part des anciens géologues une très grave erreur, que de croire que les ardoises appartenaient toujours aux terrains primaires, car il en est qui sont de l'âge du gypse de Paris.

Micas.

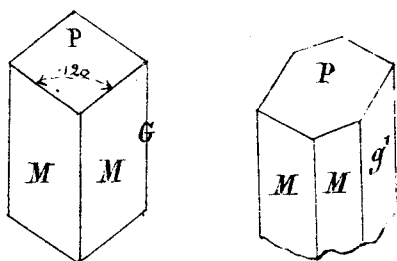
261. Voilà un silicate bien singulier, je devrais dire un groupe de silicates bien singulier. Les Chimistes n'ont pu encore établir sa composition, car les proportions de silice y varient presque du simple au double et que toutes les bases s'y rencontrent à la fois accompagnées d'un métalloïde, le fluor dont on ne s'explique pas bien le rôle, mais dont la présence est à noter, car peut-être un jour ce sera lui qui nous éclairera sur l'origine véritable de cette singulière substance.

Le Tableau suivant résume ces écarts dans la composition chimique:

Silice	29	—	52
Alumine	28	—	51
Oxyde de fer	0	—	27
Magnésie	0	—	30
Potasse	0	—	11
Lithine	0	—	5
Fluor	0	—	10

Voilà, sans doute, une composition chimique bien mal assise. Quelle est la forme de ce minéral? Les Cristaux sont mal définis et pendant bien long-temps on les a fait dériver de formes primitives différentes. Aujourd'hui on est convenu de les rapporter à une primitive rhomboïdale droit, dont les pans sont inclinés de 120° . Si

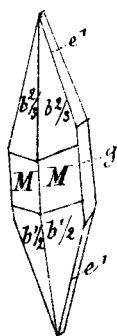
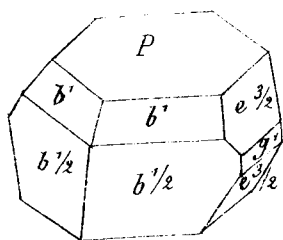
nous faisons une troncature symétrique sur les arêtes latérales G de ce prisme, nous obtenons un prisme hexagonal dérivé identique à celui qui dériverait d'un rhomboèdre. Nous voilà donc encore dans l'embarras pour établir le système cristallin de cette substance.



Les géologues auront-ils au moins à nous fournir quelques éclaircissements sur l'origine de ce minéral? Ici bien plus

grand embarras encore, car l'on n'a aucune donnée sur les procédés qui ont été mis en jeu par la nature pour le façonner.

En cependant, il n'est peut-être pas dans tout le règne minéral une substance plus nettement définie par son aspect extérieur et par l'ensemble de ses propriétés physiques. Qui a vu une fois le Mica, le reconnaîtra avec la plus grande facilité et lui donnera son nom, sans hésiter un seul instant. En effet, tous ces composés si divers au point de vue chimique, se présentent tous sous forme de lames douées d'un éclat métalloïde très vif, et susceptibles de se laisser diviser à l'infini par un clivage d'une extrême facilité.



Si l'on a trouvé au voisinage des cristaux de forme bien définie. Ils sont compris sous les faces de troncatures portant sur les arêtes B et G les angles E ce qui donne une double pyramide à base hexagone, dont le sommet est émoussé par le plan de la base du prisme primitif. Au lac Ilmen, on trouve des cristaux de même type qui offrent encore les faces des pans M et la troncature g'' ($b^{2/3}$ et $b^{1/2}$ faces hémihédres)

Il existe un clivage tellement facile parallèlement à la face P qu'il est rare de voir des cristaux bien complets, on ne peut les détacher de leur gangue sans qu'ils se brisent d'eux mêmes dans cette direction. Ce clivage est si parfait que l'on peut d'une lame très mince en détacher d'autres qui n'ont que des millièmes de millimètres. Mais, direz-vous, comment savoir qu'en réalité cette épaisseur est si petite? Vous savez qu'une bulle de savon dont le diamètre est encore faible, ne présente pas de coloration propre, tandis que, lors qu'elle est gonflée et que son épaisseur diminue, elle se colore de teintes diverses du spectre. Toutes les substances dont l'épaisseur descend au-dessous d'une certaine limite, se colorent spontanément d'une teinte qui est en relation avec cette épaisseur. C'est là l'origine des teintes qu'on appelle damassées. Newton a posé une règle très simple, qui permet d'une teinte donnée de conclure à l'épaisseur correspondante. C'est le cas du Mica, et l'on sait que les lames ainsi détachées par voie de clivage, n'ont plus que des millièmes de millimètres.

Les lames de clivage sont flexibles et élastiques (caractère distinctif d'avec les chlorites. - (Voir plus bas)

262. Au point de vue optique, les mica offrent des dissimilitudes qu'il importe de connaître. Nous avons dit que les substances qui appartiennent au troisième système cristallin, possèdent deux axes optiques, dont le plan coïncide, soit avec la base, soit avec l'un des deux plans diagonaux perpendiculaires à la base. Dans les divers mica, le plan des axes optiques est tantôt l'un de ces plans diagonaux, tantôt l'autre, et dans chacun de ces plans au lieu d'offrir un angle constant, comme dans la plupart des autres minéraux, l'angle des axes peut varier de 0° à 45° . Mais si cet écartement entre les axes devient nul, il semble que le Mica soit à tort rapporté au troisième système cristallin, et qu'il convienne de faire dériver dans ce cas, les cristaux d'un rhomboèdre; il semble qu'il y ait là une obscurité

nouvelle. Cependant, M^r de Sénarmont, a reconnu par l'expérience, en faisant cristalliser à la fois des sels chimiquement et géométriquement isomorphes, mais possédant des propriétés optiques opposées, que les cristaux composés, offrent ces anomalies optiques. Ceci nous explique donc les variations si nombreuses que l'on rencontre dans la composition chimique du Mica, dont chaque individu résulte de la réunion d'un grand nombre de molécules de composition chimique différente, toutes orientées de manière à avoir les bissectrices aiguës de leurs axes optiques parallèles entre-elles et normales à la face du clivage facile.

Cependant au milieu de cette confusion, il existe une règle assez exacte quoiqu'approchée.

Les mica dont l'écartement des axes optiques est compris entre 0° et 20°, sont riches en magnésie. Ce sont les mica magnésiens.

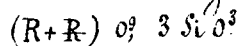
Ceux, au contraire, dont les axes sont écartés, de 20° à 75° sont riches en potasse. Ce sont les mica potassiques. Ce sont aussi ceux qui, à l'analyse, donnent le plus d'alumine et de fluor.

La bissectrice aiguë étant toujours normale à la base, pour observer les phénomènes chromatiques, il suffit de détacher des lames de clivage et de les placer directement dans les pinces à tourmalines.

Les mica sont transparents, translucides, très rarement opaques. Ils offrent toutes les teintes du spectre.

Les mica magnésiens sont en général plus foncés que les potassiques, ils sont vers foncé ou brun, fondent difficilement au chalumeau, en donnant un globe vitreux, gris ou noir.

On peut peut-être leur assigner la formule suivante, où la somme de l'oxygène des bases est égale à l'oxygène de la silice.



Les micas potassiques offrent des teintes plus claires. Ils sont ordinairement blancs, d'un vert pâle ou d'un brun pâle. Ils fondent bien plus facilement que les magnésiens en un verre bulleux grisâtre.

Impossible de leur assigner une formule chimique. Ce sont les plus communs, ceux que l'on rencontre dans les roches granitiques.

Il y a encore des micas qui méritent de fixer notre attention. Ce sont ceux qui renferment de la Lithine. Leur couleur est d'ordinaire un rose lilas: on les rencontre soit en cristaux imparfaits, soit en grandes lamelles, plus ordinairement encore en paillettes très petites, agglutinées, passant à de véritables grains et donnant des roches dont la cassure rappelle celle du grès. (Lépidolite.)

Ces roches sont susceptibles de prendre un assez beau poli. Ces micas colorent les flammes en pourpre. M. Bunsen y a découvert des traces de deux nouveaux métaux révélés par l'analyse spectrale, le rubidium et le césium.

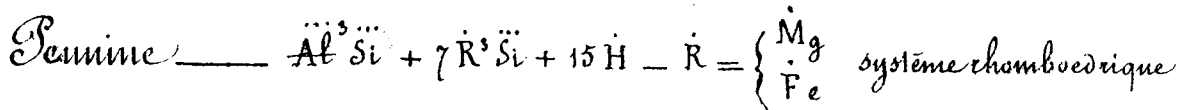
Les micas ont des emplois très limités. L'on rencontre en Sibérie et dans l'Indoustan des lames d'une surface de 8 à 10 décimètres carrés. On les emploie en guise de carreaux dans les chassis destinés à fermer les entreponts des navires. Ils résistent beaucoup mieux que les carreaux de vitres aux trépidations amenées par l'explosion des pièces d'artillerie. Môme usage pour vitrer les habitations dans les pays froids. Le mica a encore des applications dans l'optique.

Chlozites.

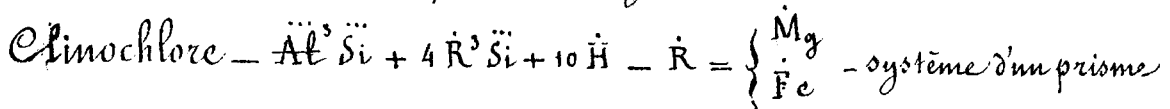
253. Voilà un groupe de minéraux dont l'aspect extérieur rappelle celui des micas. Ce sont d'ordinaire des cristaux imparfaits, de couleur verte présentant un clivage extrêmement facile qui permet

d'en détacher des lames parallèles très minces. Cependant disons tout de suite qu'il existe un moyen très simple de distinguer la chlorite d'avec un mica vert; car les lames du mica sont flexibles et élastiques c'est-à-dire se plient sous une légère pression; mais reprennent leur planimétrie originelle quand on les abandonne à elles-mêmes; les lamelles de chlorite sont, au contraire, flexibles mais non élastiques. La chlorite a un toucher onctueux dû à la présence de la magnésie.

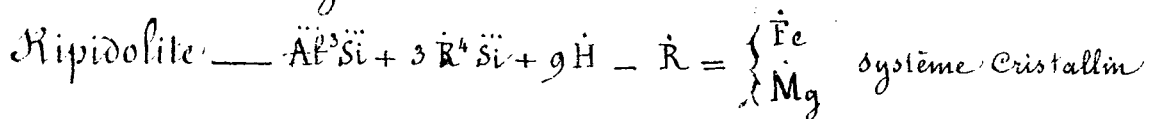
Un des anciens répétiteurs de notre école, aujourd'hui membre de l'Institut, M^r des Cloizeaux est parvenu à classer méthodiquement les Chlorites. Il a montré qu'il fallait faire trois espèces distinctes de ces minéraux que l'on avait jusqu'ici confondus sous la dénomination commune de Chlorite, à savoir:



Lumière polarisée: 1 système d'anneaux et croix noire.



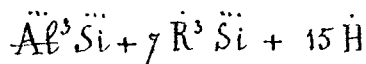
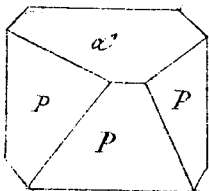
rhomboïdal oblique de $125^\circ, 37'$. Lumière polarisée - 2 systèmes d'anneaux.



indéterminé - Lumière polarisée: Caractères optiques variables.

Pennine.

264.



Le système cristallin est le système rhomboédrique.

Les cristaux sont des tronçons de rhomboédres primitifs, déterminés par la troncature α' (S. 113).

Le clivage facile est suivant α' .

Translucide - vers noir - Regardée par transmission (S. 171) normalement à a' . Belle couleur vers émeraude - parallèlement à a' brune ou rouge.

Dans les appareils de polarisation, croix noire sur un fond bleu verdâtre.

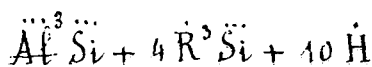
La poussière est d'un blanc verdâtre et onctueuse au toucher. Dureté sur a' moindre que sur P. - Sur cette dernière égale à celle de la chaux carbonatée.

Densité 2,65.

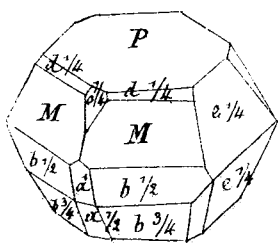
Fond très difficilement en s'isolant.

Réduite en poudre est attaquable à la longue par l'acide chlorhydrique bouillant.

Clinocllore.



265. Les cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal oblique de $125^\circ, 57'$



Voici un cristal parfaitement défini de l'Oural, où l'on observe à côté de faces primitives P, M, M, les faces dérivées $d^{1/4}$; $o^{1/4}$; $e^{1/4}$; $b^{1/2}$; a ; $b^{3/4}$; $a^{3/2}$. - Le système cristallin est donc évidemment différent de celui de la Pennine.

Le clivage facile est suivant P.

Translucide et même transparent en lames minces.

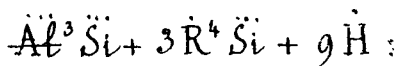
Le plan des axes optiques est le plan diagonal de la forme primitive, normal à la base (parallèle à la troncature possible g'). La bissectrice aiguë qui est dans ce plan, n'est pas tou-à-fait normale à la base P, mais inclinée sur elle de 78° environ.

Regardée par transmission normalement à P; belle couleur

vers émeraude. - Parallèlement à Pronge.

Pour les autres caractères, comme la Pennine.

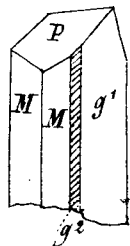
Ripidolite.



266. Se présente sous forme de tables hexagonales dont le système cristallin est indéterminé. Aussi les caractères optiques sont ils variables. Des lames du Dauphiné laissent voir dans les appareils de polarisation une croix noire; Les lamelles de Traverselle montrent deux axes optiques. - Au chalumeau fond en un émail noir et magnétique. C'est l'espèce ferrugineuse, tandis que les deux autres étaient plutôt magnésiennes.

Les lames de Ripidolite sont groupées en éventail ou en boules torsées.

On trouve aussi fréquemment le Ripidolite sous forme de masses écailleuses et grenues (Chlorite écailleuse des géologues) et ces états elle forme des nids et des filons dans les roches éruptives anciennes. Souvent elle est à l'état de grains très déliés s'empouvrant d'autres cristaux, d'Orthose, par exemple. Au S^t Gothard, la Chlorite écailleuse se trouve aussi sur les cristaux d'Orthose, mais sur les petites faces g^2 seulement.



Cette élection de domicile a vraiment quelque chose de singulier.

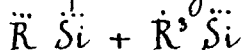
267. Nous rattacherons à cette espèce, les grains verts que l'on trouve dans les terrains crétacés et tertiaires et qui se déposent aujourd'hui encore sur les bords de l'Amérique méridionale, qu'on désigne sous le nom de Glanconie. C'est un silicate de fer avec magnésie, une espèce d'argile d'où l'alumine est bannie au profit du peroxyde de fer. Elle nous représente l'état

impur et terreux de la chlorite écailleuse.

Grenata.

268. Les grenata nous montrent un exemple de plus nets de l'isomorphisme. Les oxydes isomorphes s'y remplacent les uns les autres, en toute proportion. La forme cristalline reste cependant toujours la même. Le réseau cristallin étant de même forme, des molécules de silicates différents viennent se placer dans les mailles de ce réseau. La couleur seule est un peu altérée.

La formule chimique des grenata est très constante.



Ce que Berzélius écrivait très élégamment :

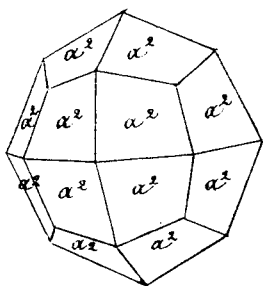
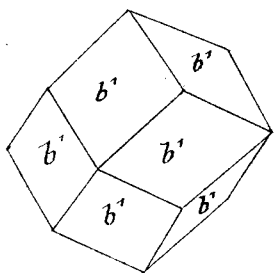


voulant exprimer par là, que la quantité d'oxygène qui entre dans l'acide qui sature chacune des bases est égale à la quantité d'oxygène qui entre dans cette base.

La base monoatomique peut être la chaux, le protoxyde de fer, le protoxyde de manganèse. La base sesquioxyde peut être l'alumine, le peroxyde de fer, le sesquioxyde de manganèse, le sesquioxyde de chrome.

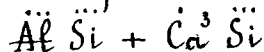


Toutes ces bases sont susceptibles de se remplacer les unes les autres, et cependant avons-nous dit, la forme cristalline reste invariable: c'est toujours le dodécaèdre rhomboïdal, dont toutes les parties sont très régulièrement développées comme s'il était dû au ciseau d'un artiste; plus rarement le trapèze aussi bien formé que le dodécaèdre. Indices de clivage seulement, par altèlement aux faces du dodécaèdre rhomboïdal.



Durété, très variable. Les variétés jaunâtres rayent le quartz, les rouges ont la dureté du quartz, les noirs sont rayés par le quartz.

La densité varie de 3,6 à 4,2. La couleur change avec la composition chimique. Les grenats d'un jaune clair sont ceux où domine la chaux. Ce sont les grenats calcariifères ou grossulairés. La base sesquioxyde la plus abondante est l'alumine. A l'état de pureté théorique ce grenat correspondrait à la formule:



attaquable par les acides, infusible au chalumeau.

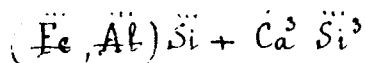
Il est sans emploi dans la joaillerie. J'ai eu voir dans le Musée National, à Munich, sans l'affirmer cependant, car ces objets étaient un peu éloignés, de vieilles arquebuses allemandes dont les batteries étaient armées de ce grenat. Par de difficulté, à raison de sa dureté (Voir plus haut).

Les grenats rouges sont ceux où la base monoxyde importante est le protoxyde de fer, la sesquibase dominante étant toujours l'alumine, sa formule théorique est:



C'est le grenat du Commerce, le grenat almandin appelé plus particulièrement pyrope, quand il est franchement vitreux. C'est une pierre gemme assez commune. Dans les rochers anciens de la Scandinavie, de Carinthie, du Tyrol, on en trouve facilement de la grosseur du poing. Mais les variétés les plus belles, les variétés vitreuses, viennent de l'Orient, de la Sibérie

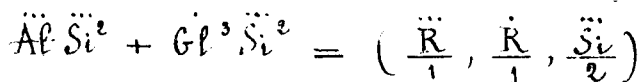
et de l'Espagne. Les pyroper de Bohême sont assez petites, mais d'une belle eau et d'une belle couleur rouge: dans le pays on les pèree assez souvent pour en faire des colliers. Une garniture de mille pyroper se vend à Prague 450 francs. Mais ceux qui viennent d'Orient, sont tous aussi beaux et de plus belle dimension. Dans la collection du Chérquis de Grèce, il s'en est trouvé un de 0,018 de diamètre qui a été vendu 3550 francs. Le grenat noir ou mélanite, est aussi un grenat ferrugineux, mais offrant cette différence avec le précédent, que le fer au lieu de figurer dans la base monatomique, se trouve à l'état de sesquioxyde, la base monatomique importante étant la chaux:



On le rencontre dans les tufs volcaniques de Frascati, près de Rome, où l'on peut en ramasser des milliers dans les champs d'Almandin et le Mélanite ont besoin d'être fondus pour être attaqués par les acides.

Le Mélanite est plus facilement fusible que l'Almandin.
Émeraude.

269. C'est un silicate double d'alumine et de glucine.



Cristallise sous forme de prismes hexagonaux dérivant d'un rhomboèdre

Un clivage bien apparent parallèle à la base du prisme.

Couleur vert foncé, vert clair, incolore.

Raye le quartz.

Densité 2,76.

Infusible au chalumeau.

Inattaquable aux acides.

On attribua autrefois, la coloration de l'émeraude, à une petite quantité d'oxyde de chrome, l'on croit aujourd'hui que c'est une substance organique, qui lui communique cette teinte verdâtre.

Il existe une émeraude de taille gigantesque dans le Trésor Impérial de Vienne. Son poids est de 2205 Carats : Elle est estimée plus d'un million de francs.

Une autre émeraude de grande dimension décore la tiare du Souverain Pontife. On y lit le nom de Jules II.

Les belles émeraudes viennent du Pérou de la Nouvelle Grenade en des mines de Kooseir, près la mer Rouge. D'après une inscription hiéroglyphique, ces mines auraient été exploitées 1600 ans avant notre ère. Des gîtes d'émeraude ont été découverts par un charbonnier, en 1830, en Sibirie. Dans la collection minéralogique de Pétersbourg, il y a une émeraude d'un vert jaunâtre pesant six livres russes, qui n'a pas moins de 9 pouces de long sur 1 pouce de large.

L'émeraude n'est pas toujours verte, sa couleur pâlit parfois singulièrement. Ses variétés à peu près incolores sont appelées Émeraude marine ou Béryl. On les rencontre en Sibirie.

Les anciens étaient de passionnés admirateurs de l'émeraude. C'est la pierre gemme que Plinien tient dans la plus grande estime, On peut dire à peu près, regarder toujours l'émeraude sans que l'œil soit jamais rassasié de sa couleur, le regard s'y repose comme sur la verdure des prairies.

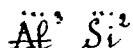
Il existe des émeraudes opaques lithoïdes. On en trouve à Zwiesel, en Bavière, à Chanteloube, près de Limoges. Ces sont toujours des cristaux de grande taille, pesant couramment plusieurs Kilos. Près de Crafton, dans l'Amérique du Nord, on a découvert un cristal de 2,15 de longueur, sur 0,30 de diamètre. Son poids atteint 1076 livres.

Esopare

Topaze.

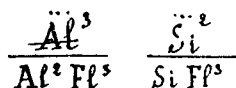
270. Voilà un mineral dont il n'est pas facile d'écrire la formule. Il faut, pour ainsi dire, faire une convention spéciale pour représenter sa composition chimique

L'analyse a, en effet, prouvé que la Topaze est un silicate d'Alumine, chez lequel la quantité d'oxygène qui entre dans l'alumine est à celle qui entre dans la silice :: 3 : 2 - d'où la formule:



Mais le Fluor peut en toute proportion remplacer l'oxygène ou si l'on veut:

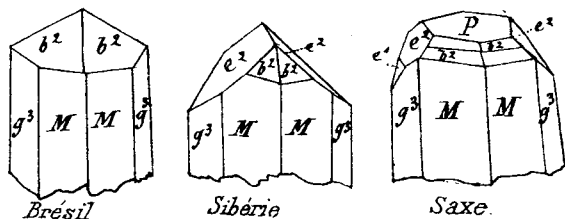
Le fluorure d'Aluminium $\overset{\cdot\cdot}{\text{Al}} \text{Fl}^3$ remplacera en toute proportion $\overset{\cdot\cdot}{\text{Al}}$ et le fluorure de Silicium $\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}} \text{Fl}^2$ prendra le plus de $\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$, ce que nous pouvons exprimer de la manière suivante:



Les cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit de 124° . Tous ces cristaux présentent un biseau g^3 sur les arêtes G des pans.

Les formes dérivées sont de trois types suivant la provenance. Les Topazes du Brésil sont des prismes à base octogone² (4 M en 4 g^3) terminés par une pyramide aigue b^2

Les Topazes Russes sont de volumineux cristaux terminés par des dômes.



Les Topazes de Saxe sont des prismes courts à bases planes entourées d'un anneau de facettes.

Les pans sont fortement striés.

Il existe un clivage facile parallèle à la base P

Durété: 8 - (Voir l'échelle)

Densité = 3,5.

Eclat vitreux, translucide.

Infusible au chalumeau. - Inattaquable aux acides.

La Topaze du Brésil est d'une belle couleur jaune, parfois jaune roussâtre, accidentellement rose ou violette. C'est à l'oxyde de fer que l'on attribue la coloration jaune, car en la soumettant à une forte chaleur on peut lui faire prendre une teinte rouge (topazes brûlées) On en extrait annuellement 900 kilos. Les pierres sont travaillées et polies à Rio-Janeiro et Bahia.

La topaze de Sibérie est d'un blanc blanchâtre ou d'un bleu verdâtre, parfois tout-à-fait incolore, on les exploite près de Murzinsk au nord de Catharinenbourg. On voit dans la Collection du Corps des mines à Pétersbourg, des échantillons du poids de 15 livres russes. Dans les montagnes qui encadrent l'Uralga, on a trouvé une topaze de 10 pouces de long sur 6 pouces de large du poids de 25 1/2 livres. Le Czar en a fait don au corps des mines. La partie supérieure est entièrement transparente.

La Topaze de Saxe est jaune paille ou d'un blanc légèrement jaunâtre. Ses teintes pâles lui enlèvent beaucoup de son prix, mais elle est susceptible d'un très beau poli.

Près d'Auerbach, dans le Voigtland Saxon, s'élève une saillie de gneiss (Voir plus bas - Schistes cristallisés) de 26^m de hauteur où les paysans vont recueillir la « Topaze des colimaçons ». La roche en est entièrement remplie, et l'on en trouve assez souvent de 4 pouces de long sur 2 de large. - Au soleil, la roche laisse voir des surfaces miroitantes qui rappellent d'assez loin, il est vrai, cette trace brillante que le colimaçon laisse derrière lui. A la Salle verte, à Dresde (grüne gewölbe), on voit une très riche collection

de bijoux de topaze.

La topaze possède la pyroélectricité, mais ses pôles de divers noms au lieu d'être placés à des sommets extérieurs différents sous les uns extérieurs, les autres centraux.

M. de Kobell, le savant chimiste et minéralogiste allemand ajoutons même pour terminer son panégyrique, excellent poète et chasseur de Chamoir, prétend que si on fond sur du fil de platine de l'acide borique, jusqu'à ce que la couleur verte au disparu, elle reparait si on ajoute de la poussière de topaze.

Tourmaline.

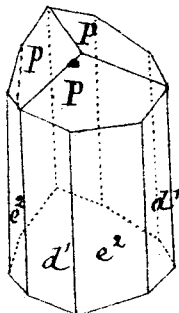
271. La Tourmaline est un silicate chez lequel l'acide borique B° peut remplacer une partie de la silice Si et le fluor Fl une partie de l'oxygène O .

Ajoutons qu'il y entre des bases très nombreuses, alcalis, terres (Lithine), oxydes métalliques.

Il est impossible de donner de cette substance une formule chimique même approchée, et cependant elle est très nettement définie par ses propriétés géométriques et physiques.

Elle est toujours cristallisée.

Ses cristaux appartiennent au système rhomboïdrique, mais la plus part du temps, ils se présentent sous des formes hémiédres. Le prisme hexagonal aux arêtes latérales d' qui constitue la



partie la plus visible du cristal est cependant un prisme d'ordinaire, mais le prisme hexagonal aux angles latéraux e^2 qui l'accompagne est réduit à 3 faces = 9 faces en tout, l'une des extrémités de ce prisme complexe est terminée par le demi-romboèdre primitif P .

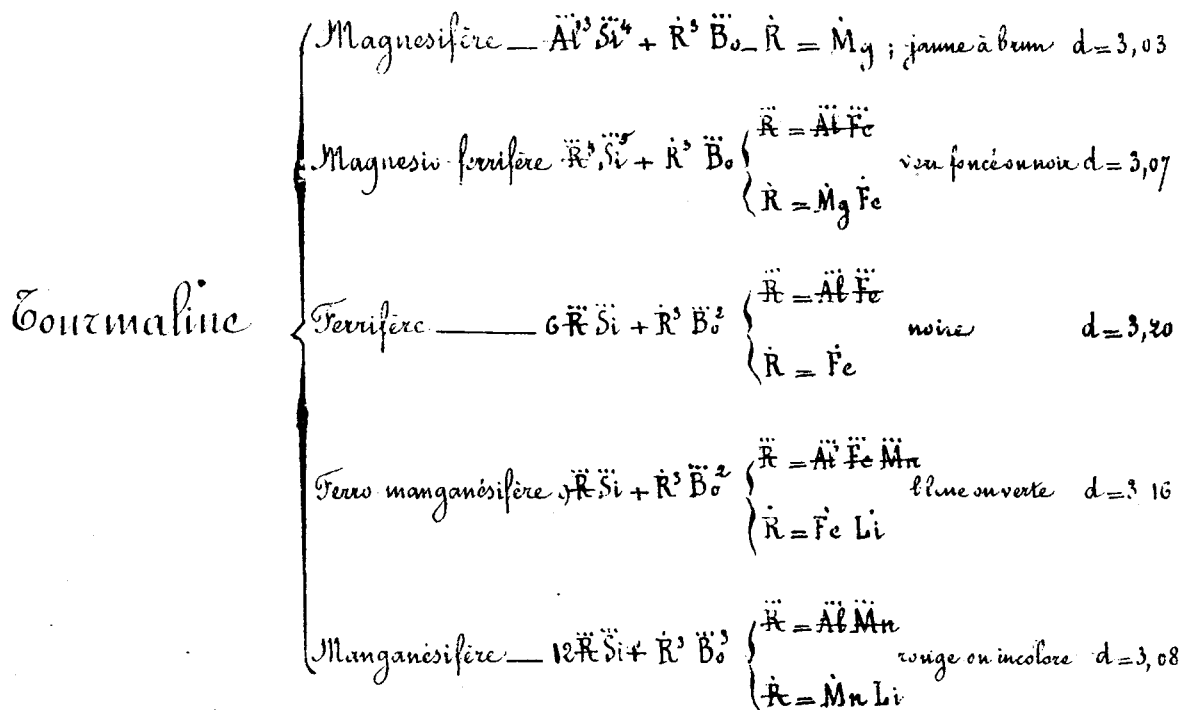
À l'autre extrémité du prisme face à. Ce sont autant de cas d'hémédrie. Ceci s'explique assez facilement en admettant que la molécule de tourmaline a la forme d'une pyramide triangulaire dont trois faces sont inclinées entre elles de l'angle du rhomboïde primitif, et dont la quatrième est parallèle à a' , c'est-à-dire à la base des prismes hexagonaux dérivés.

La dureté de la tourmaline est intermédiaire entre celle du quartz et celle de la topaze.

La coloration varie beaucoup, et cela se conçoit aisément, puis que la composition varie aussi extrêmement. La densité varie aussi.

Toutes les tourmalines sont plus ou moins difficilement fusibles, en donnant une scorie grisâtre ou noirâtre, parfois même un émail, ordinairement coloré. Il en est qui éprouvent la plus grande difficulté à fondre, ce sont celles qui renferment de la lithine, en revanche, elles se boursoufflent beaucoup. Celles qui sont riches en magnésie se boursoufflent aussi beaucoup, mais fondent assez facilement.

On distingue entre les Tourmalines :



Nous avons déjà parlé des propriétés électriques ainsi que du polychroïsme de la tourmaline.

La tourmaline se rencontre surtout dans les roches anciennes mais on peut la rencontrer dans tous les pays où se présentent ces roches. Il n'y a que celles qui offrent de belles colorations dont on connaisse le gisement.

Les tourmalines blanches ou incolores sont très rares. On les trouve au St Gothard et à l'île d'Elbe.

Les tourmalines rouges viennent de Sibérie, de Moravie, de Ceylan et du royaume d' Ava. Le musée de Londres en possède un échantillon de la grosseur d'une tête. Dans la collection du Duc de Leuchtenberg à Munich, on voit un groupe très élégant de cristaux de tourmalines rouges de plus de six pouces de hauteur sur quatre pouces de largeur, environ du poids de cinq livres et demie. Ces échantillons sont estimés onze mille francs.

La tourmaline jaune vient de Ceylan.

La tourmaline verte de St Gothard et du Brésil. Ces dernières sont rangées au nombre des pierres gemmes.

On en trouve de bleues en Suède.

Les tourmalines noires, ou plutôt d'un vert très foncé se rencontrent un peu partout. Celles qui se prêtent le mieux aux expériences relatives à l'électricité polaire proviennent de la Nouvelle Castille, en Espagne.

Le nom de tourmaline vient du mot Turmalé, nom de cette pierre dans la langue indienne. En effet, ce sont les Hollandais qui en 1703 ont apporté pour la première fois ce minéral de l'île de Ceylan. Quelques unes de ces aiguilles ayant été par mégarde jetées dans le feu, l'on remarqua qu'elles attiraient les cendres, d'où le nom de tire-cendres qu'on a donné très long-temps à la Tourmaline.

Silicates non aluminieux ou trappéens.

272. Ce sont des silicates où l'on ne rencontre plus que la chaux, la magnésie et le protoxyde de fer.

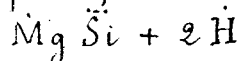
Comme caractère essentiel on peut citer la couleur qui est presque toujours verte; parfois d'un vert très pâle, il est vrai, passant presque au blanc, parfois au contraire d'un vert assez foncé pour paraître noir. Mais en examinant de grandes surfaces dans le premier cas, et de minces éclats dans le second, on voit que la couleur véritable est presque toujours le vert.

Ils sont d'une dureté inférieure à celle du feldspath, et par conséquent rayables au couteau avec plus ou moins de facilité.

On rencontre d'abord trois silicates magnésiens hydratés bien connus: La Magnésite, le Tale et la Serpentine. Trois minéraux moins durs que le spath fluor.

Magnésite.

273. La magnésite a pour formule:



L'on ne rencontre pas de cristaux. C'est une substance légère, très poreuse, quoique bien homogène, de couleur blanche, happant fortement à la langue, et ne faisant pas pâte avec l'eau, ce qui la distingue du Kaolin. Elle est très douce au toucher. Elle surnage sur l'eau, tant que ses pores ne sont pas pleins de liquide.

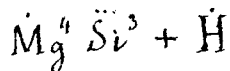
La Magnésite provient de la Grèce et de l'Asie Mineure. Les vases de Samos, dont les Romains faisaient un si grand cas, étaient probablement en magnésite: c'est que cette substance à haute température se durcit comme le Kaolin, et peut être employée à la fabrication de vases, analogues aux vases de porcelaine. Il existe

près de Eximera de Madrid des manufactures où la magnésite est employée à ces usages. Mais elle a d'autres emplois bien connus de vous certainement, car ce n'est autre chose que l'écume de mer. Pour la fabrication des pipes, on moule la terre, on la fait légèrement cuire, puis on la plonge dans du lait bouillant ou une préparation de cire et d'huile de lin. Il paraît que tout cela est nécessaire pour que sous l'influence des sucs échauffés du tabac, l'on obtienne ces teintes fauves recherchées par les fumeurs.

Ealc.

274. C'est une matière cristalline dont on détache par le clivage des lames très minces en aussi grand nombre qu'on le veut. A ce point de vue, le Ealc présente des analogies avec le mica et la Chlorite. Ces lames sont clivables dans deux autres directions inclinées entre elles de près de 120° . Le système cristallin serait des lors un prisme droit voisin de 120° présentant un clivage basique extrêmement facile.

La formule est :



Dureté complètement nulle, ce n'est le caractère distinctif. - C'est le plus mou des minéraux. Il est rayé par tous et n'en raye aucun. Ainsi isolé, à l'extrémité de toute la série minérale on ne pourrait le reconnaître.

Son toucher est des plus onctueux.

Sa densité est de 2,6 à 2,8

Il est de couleur verte, mais comme si l'on apercevait cette teinte verte à travers une membrane d'argent.

Il possède sur les faces de clivage un éclat nacré.

Flexible, mais non élastique, sa poussière est complètement blanche.

Le plan des axes optiques, est le plan diagonal passant par les grandes diagonales basiques.

On chalcumean, on peut le fondre s'il est réduit à l'état d'un éclat extrêmement mince; mais sitôt qu'il atteint les dimensions d'une aiguille d'une certaine épaisseur on ne peut plus y parvenir.

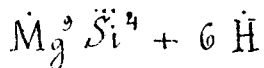
Il existe des variétés compactes - La pierre ollaire, par exemple; mais l'analyse y montre à côté du Calc, de la Chlorite et du Mica. L'on y voit même des traces de Carbonates.

La Stéatite est au contraire un Calc pur à l'état compact par conséquent sans clivage.

C'est une substance extrêmement onctueuse au toucher parfois un peu granulaire ou un peu lamellaire, de couleur blanche, jaunâtre ou brunâtre.

C'est la Craie de Briançon dont la capillarité est mise à profit pour enlever les taches sur les étoffes. C'est la craie des tailleurs, la pierre dont ils se servent pour dessiner sur les draps les contours de la coupe.

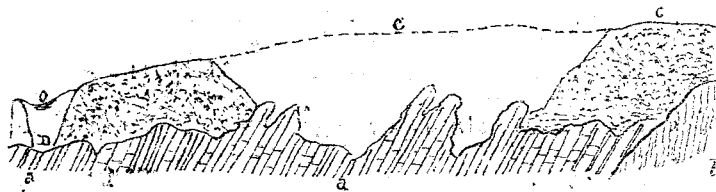
Serpentine.



275. Ce minéral ou plutôt cette roche ne cristallise pas. - Ce que l'on avait pris pour des cristaux de Serpentine étaient des cristaux de perido-, de pyroxène, d'amphibole, dont la substance avait fait place, molécule à molécule, à la Serpentine, ainsi que nous l'avons déjà expliqué (S. 141).

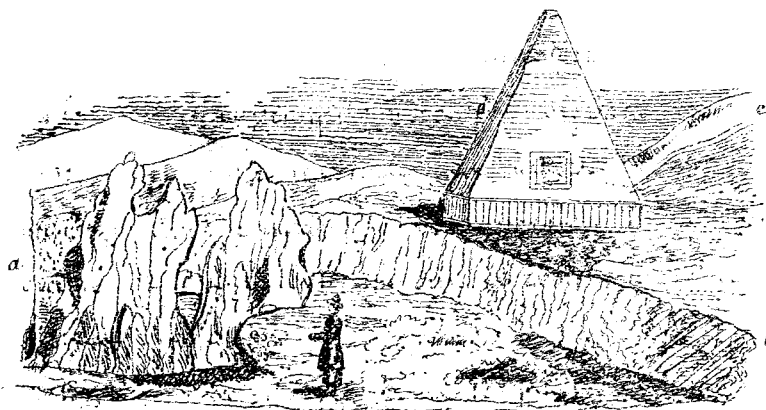
La densité de la Serpentine atteint à peine celle du calcaire aussi elle se laisse couper au couteau. On en trouve de fort belles au cap Lizard (Cornwall) et on peut les travailler sur le tour aussi facilement que le bois.

Laverie d'or de Solmanofsk près Miask.



- a) Couches siluriennes ou dévoniennes.
- b) Schiste et Serpentine,
- c) Laverie,
- o) Ruisseau (ancien lit),
- n) Ruisseau (nouveau lit).

Laverie d'or Zarovo Alexandrofsk.



- a) Couches siluriennes ou dévoniennes.
- b) Schiste et serpentine,
- c) Laverie,
- o) Ruisseau (ancien lit),
- n) Ruisseau (nouveau lit),
- d) Pyramide élevée à l'occasion d'une visite de l'zar Alexandre I^{er}.

La densité est de 2,63.

La Serpentine offre toute la série de nuances vertes.

Sa cassure est coquilleuse (Voir S. 107). Ses bords se éclatent qui se détachent de l'échantillon paraissent presque jaunes sur un fond d'un vert plus foncé. La serpentine affecte parfois d'autres teintes, le gris jaunâtre et le rouge, mais on trouve toujours des parties vertes. Elle n'est pas douce au toucher comme les deux autres silicates de Magnésie dont nous venons de nous entretenir. Chauffée dans le tube, elle noircit et donne de l'eau.

On doit la considérer comme infusible au chalumeau. La serpentine en venant au jour s'apporte d'ordinaire avec elle des substances métalliques. C'est la gangue générale du fer chromé. Dans la serpentine d'Erbendorf, le fer magnétique est répandu en si grande abondance que les fragments de la roche possèdent le magnétisme polaire (Fichtelgebirge). A Reichenstein, en Silésie, la serpentine est la gangue de pyrites arsenicales aurifères. — Dans l'Oural, le Platine est répandu sous forme de grains déliés dans la serpentine. C'est dans cette roche que l'on rencontre les pyropes de Bohême (voir grenat). On travailla autrefois beaucoup cette roche à Zöblitz dans l'Erzgebirge d'axe pour en faire des mortiers de pharmacie; l'on s'imaginait, en effet, qu'elle avait le privilège de s'opposer à l'action des poisons. Nilin affirme que dans les carrières de serpentine on ne trouve jamais d'animaux venimeux ou malfaisants.

La serpentine forme des massifs isolés dans le voisinage des massifs plus étendus formés de roches pyroxéniques, la roche est venue au jour à un état pâteux due à une fusion ignée; cependant elle renferme de l'eau. Cette eau, on ne peut la sentir par le toucher, on ne peut l'expulser en pressant la pierre; mais l'analyse montre sa présence. Voici donc un exemple de roche arrivée des profondeurs à l'état fondu et par conséquent

possédant lors de son ascension une température très élevée qui renferme cependant de l'eau (Voir S. 55) et même la conserve en partie après son refroidissement. La serpentine en s'élevant ainsi dans des cheminées ouvertes dans des calcaires s'est quelquefois mêlée à la pâte de la roche ou s'est glissée dans les fissures qui la traversaient. C'est l'origine des marbres verts de Corse, d'Italie et des Pyrénées.

Amphibole et Pyroxène.

276. L'Amphibole et le Pyroxène sont les silicates trappéens par excellence. Les bases qui saturent la silice sont la Chaux, la Magnésie et le protoxyde de fer.

Ils cristallisent dans le système d'un prisme rhomboïdal oblique.

Ils sont fusibles au chalumeau en un verre offrant la même couleur que l'échantillon soumis à l'expérience. Inattaquables aux acides.

La composition du groupe amphibolique est exprimée par la formule suivante:

$$R^4 Si^3 \quad \frac{\text{Ox. Acides}}{\text{Ox. Bases}} = \frac{9}{4} > 2$$

Les Pyroxènes ont une composition exprimée par la formule

$$R^3 Si^2 \quad \frac{\text{Ox. Acides}}{\text{Ox. Bases}} = \frac{6}{3} = 2.$$

Cette différence assez légère dans la composition entraîne des différences assez sensibles de forme et assigne même à ces deux groupes de minéraux des gisements en général différents. Parmi les roches éruptives que nous allons étudier dans un instant, il en est qui résultent de l'association d'un feldspath avec un silicate trappéen: amphibole ou pyroxène. Nous verrons l'amphibole, c'est-à-dire, le

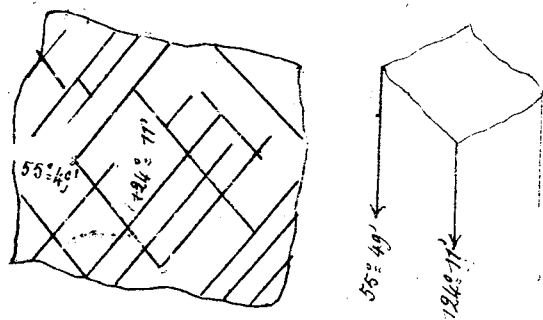
silicate triappien le plus silicaté s'unir à l'un des feldspaths les plus silicatés : Orthose, Albite ou oligoclase et le pyroxène qui est le moins riche en silice rechercher le feldspath le plus pauvre en silice : Labrador ou amphibigène. Fen M^e Cordier n'oubliait jamais de faire remarquer à cette occasion qu'il y avait là quelque chose du vieux proverbe : Qui se ressemble s'assemble.

Amphibole.

277. Toutes les variétés sont cristallines (La variété dite compacte n'est pas pure)

Caractères fondamentaux : 1^o Composition rentrant dans la formule $R^4 Si^3$

2^o Deux clivages inclinés entre-eux d'un angle de $124^\circ, 11'$ par conséquent d'un angle très obtus, parallèles aux pans du prisme primitif (prisme oblique rhomboïdal) ainsi si l'on obtient par le choc des tronçons prismatiques de $124^\circ, 11'$ et de $55^\circ, 49'$ nous pouvons affirmer que l'échantillon que nous tenons entre nos mains est de l'amphibole.



Toutes les variétés ont une dureté intermédiaire entre celle de l'apatite et celle de l'orthose; une densité comprise entre 3,08 et 3,09.

On peut établir deux variétés : La variété de couleur blanche ou vers clair : Trémolite.

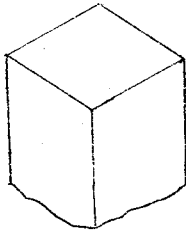
La variété de couleur foncée : Actinote.

Dans la première, il n'y a pas de fer en proportion notable; dans la seconde l'oxyde de fer figure au nombre des bases.

Trémolite..... $(Mg, Ca)^4 Si^3$

Acténote..... $(Mg, Ca, Fe)^4 Si^3$

La Trémolite ou grammatite est blanche. Elle se présente sous la forme du prisme rhomboïdal oblique primitif, où le sommet fond d'ordinaire défaut. C'est le P. Pini qui a nommé ainsi ce minéral qu'il recueillit



pour la première fois, dit-il, dans le val de Trémola, en Suisse, mais en réalité, dans la dolomie de Campo - Longo, au S. Gotthard. Le P. Pini a cependant soutenu toute sa vie, que c'était bien dans le val Trémola qu'il l'avait trouvée, ce qui est étonnant, puis qu'on n'en voit plus d'exempler aujourd'hui. C'est un minéral phosphorescent, le phénomène se manifeste, si on le raye avec une pointe d'acier.

278. Il faut rapporter à cette variété le Jade des Chinois, variété impure, qui nous arrive sous forme de coffrets, de vases, ou de figures grotesques. C'est une pierre de couleur légèrement verdâtre, dont la cassure est finement esquilleuse. Son gisement est inconnu. On dit l'Orient, mais c'est bien vague. A toute époque, on a travaillé le Jade dans l'Egypte et dans la Chine. Chose bizarre ? on a trouvé entre les pilotis des cités lacustres de la Suisse, des haches en jade poli, emmanchées dans des bois de cerf. On dit que l'homme primitif qui habitait ces cabanes assises sur des pieux avaient déjà des relations commerciales avec la Chine; mais il est plus croyable qu'il existe du jade dans les Alpes.

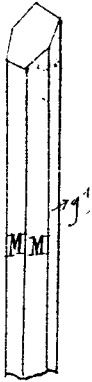
279. Il est bien probable que c'est aussi à la Trémolite qu'il faut rapporter ces substances entièrement fibreuses que l'on appelle: asbestes ou amianthes. Quelquefois les fibres sont isolées et s'agitent comme le gazon sous le souffle du vent; d'autres fois elles sont accolées et soudées les unes aux autres de manière à former des masses à structure fibreuse que les montagnards appellent: Siège de montagne;

carton de montagne. Ce qui tend à faire prévaloir cette opinion, c'est que la structure de la Trémolite cristallisée, est elle-même fibreuse; car lorsque le prisme porté des faces terminales, ce qui est assez rare, il est vrai, on reconnaît à la loupe, sur ces faces, une multitude de petites tiges qui sont des affleurements de fibres. Cependant nous devons dire, que l'analyse semble indiquer pour l'asbeste, une composition bien mal définie, il se peut que ce soit de l'amphibole ou du pyroxène en cristaux capillaires. Les anciens tissaient ces filaments d'amianthe et en fabriquaient des étoffes incombustibles. Pline en fait mention à propos du lin. Il y a, dit-il, une espèce de lin, qui n'est pas consumée par le feu. Il fait donc de l'amianthe une plante qui pousse dans des steppes de l'Inde, habités par des serpents, brûlés par le soleil, et ne recevant jamais de pluie. J'ai vu, ajoute-t-il, des vêtements de lin que l'on jette dans le feu pour les blanchir, au lieu de les plonger dans l'eau, comme il se fait d'ordinaire. Il raconte que dans l'Inde on brûle les cadavres des rois dans des linces de l'amianthe afin que leurs cendres ne se mêlent point à celles du bucher. On trouve, en effet, des filaments d'amianthe assez longs pour se prêter au tissage, et l'on a pu en fabriquer des étoffes et même des chaussures, à l'usage des pompiers. On en fait des mèches que l'on désigne sous le nom un peu pompeux de mèches éternelles, et cependant cette dénomination est assez exacte, car elles ne s'usent jamais. On trouve ces longs filaments en Savoie, dans le Piémont, le Tyrol, la Haute Hongrie, la Sibirie. Dolomieu en trouva une si grande quantité en Corse, qu'il en enveloppait ses échantillons de minéralogie en guise de paille et de coton.

280 Variétés foncées. Elles sont vertes ou noires et correspondent à la formule: $(Ca, Mg, Fe)^4 Si^3$

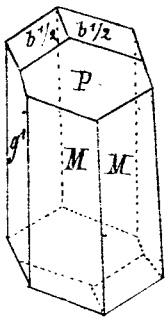
Dans la variété verte, le fer est moins abondant que dans la noire. C'est celle qui porte plus particulièrement le nom d'Actinote...

Elle est d'ordinaire translucide sur les bords minces. Les cristaux sont prismatiques; Ce sont de très longs prismes dont les sommets sont assez mal visibles, mais où l'on peut observer très facilement les faces MM et g' . La seule inspection de ces cristaux suffit à les faire distinguer de cristaux semblables de pyroxène; car l'on voit très facilement, sans avoir besoin de recourir à aucun instrument de mesure, que l'angle M/M est obtus, tandis que dans le pyroxène, ce même angle est voisin d'un droit.



Ces cristaux sont parfois très déliés, en rayonnant autour d'un centre. L'Actinote a une tendance à cette disposition rayonnée; c'est pourquoi les Allemands l'ont appelée *Strahlstein* (pierre rayonnée)

281. La variété tout à fait noire est la Horublande. Ici, le fer est la base dominante. Les cristaux ont la forme de l'Actinote, mais l'on y observe, presque toujours un sommet pyramidal; deux des faces de cette pyramide sont tronquées sur les arêtes B , troisième est la base. On remarquera quelque similitude



entre cette forme et celle que nous avons signalé dans la tourmaline; mais dans la tourmaline tous les dièdres de la pyramide terminale sont égaux, tandis qu'ici le dièdre b/b diffère du dièdre P/b . Quand on détache des pans M des lames de clivage, on voit que la couleur noire n'est due qu'à l'insensibilité de la couleur verte; car des lames minces regardées par transmission offrent la teinte verte brunâtre.

La Horublande se rencontre dans les basaltes avec une couleur noire très intense (par réflexion), l'aspect bitumineux. Ses angles sont souvent arrondis, comme s'ils avaient subi un commencement de fusion. On en trouve en abondance dans les roches volcaniques d'Orvergne; ainsi que dans les roches anciennes et les schistes chloritiques des Alpes.

282. L'amphibole existe encore à l'état massif. Ici l'on ne trouve plus trace de cristallisation, c'est une pierre d'un noir verdâtre, à cassure compacte, dont le tissu rappelle celui de la corne, la Cornéenne des anciens minéralogistes. L'analyse indique que ce sont là des Magmas de composition indéterminée, mais renfermant les éléments de l'amphibole qui, de place en place a cristallisé. C'est au moyen des cristaux que l'on reconnaît la masse amorphe.

Pyroxène.

283 Toutes les variétés sont cristallines

Caractères fondamentaux: 1° La composition chimique correspond à la formule: $R^3 \bar{Si}^2$

2° Offrir deux clivages inclinés entre eux d'un angle de $87^\circ, 5'$ par conséquent d'un angle que l'on pourrait à une confondre avec un droit. Ainsi, quand par le choc, nous obtiendrons des tronçons prismatiques, dont les sections droites semblent des rectangles, nous pouvons affirmer que l'échantillon que nous tenons entre les mains, n'est point de l'amphibole, mais bien du pyroxène.

On peut établir deux variétés: la variété de couleur claire, la variété de couleur foncée. La première variété est d'un vert clair c'est le Diopside $(Ca, Mg)^3 \bar{Si}^2$

La variété de couleur sombre est l'Augite $(Fe, Ca)^3 \bar{Si}^2$

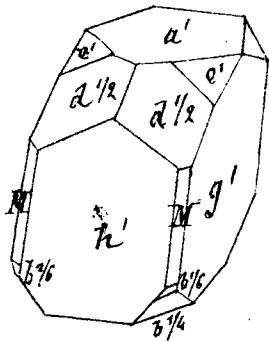
Dans la première, il n'y a pas de fer en proportion sensible, dans la seconde le fer figure au nombre des bases.

Toutes ces variétés ont une densité comprise entre 3,30 et 3,50.

La dureté est intermédiaire entre celle de l'apatite et celle de l'orthose.

284. Variété vert clair ou Diopside. Cristaux d'Ala (Piémont)

Cristallisation très nette. Prisme rhomboïdal oblique de $87^{\circ}5'$; il reste de nombreux des pans M, les autres faces sont $a'1/2$, $b'1/4$, $b'1/6$ et des faces solitaires h' et g' et a' .



Beaucoup de clivages; les clivages déjà signalés parallèles à M sont les plus faciles, moins faciles suivant h' et g' , c'est-à-dire suivant le plan diagonal oblique à la base et le plan diagonal normal à la base, un dernier clivage assez net suivant la base. C'est le pyroxène calcique et

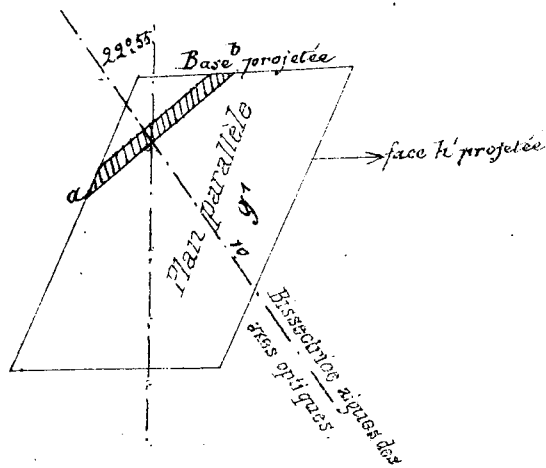
on croit avoir remarqué que plus la chaux est abondante plus les clivages se multiplient.

Dureté : entre apatite et orthose

Densité : 3,30.

Eclat vitreux.

Couleur : vert clair; quelquefois vert intense mais jamais vert sombre. Poussière blanche.

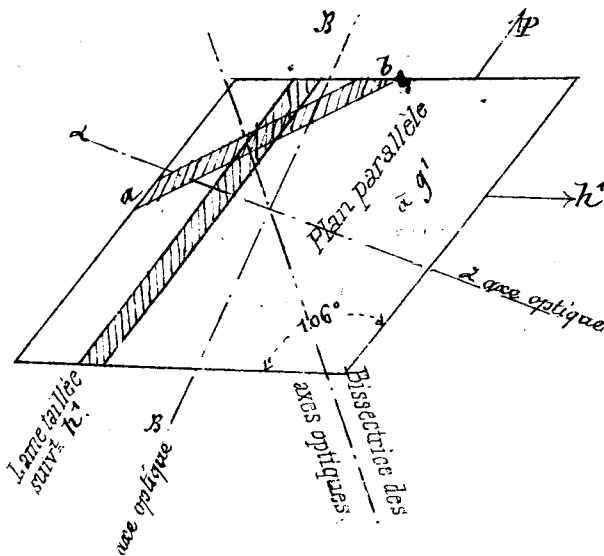


Le plan des axes optiques est le plan diagonal g' normal à la base les lames $a'b$ où l'on observe le mieux les deux systèmes d'anneaux doivent être taillés normalement au plan g' et inclinées sur la base d'un angle de $157^{\circ}5'$ ou de $22^{\circ}55'$.

Dans les Alpes de la Muzza, en Piémont, on trouve des cristaux de la longueur du bras dans la Chlozite de Schwarzenstein

dans le Zillertal gros cristaux. M^r Daubrée a obtenu le pyroxène cristallisé en traitant du Kaolin calcaire par de l'eau surchauffée

285. Dans le Diopside ordinaire le clivage suivant h est assez difficile; il est au contraire très facile dans un Diopside qui commence à être ferrugineux et qui forme comme un trait d'union entre le Diopside proprement dit et l'Augite. C'est le Diallage. Cette variété n'est pas cristallisée, mais se présente sous forme de lames cristallines, composées de tous petits cristaux élémentaires, tous rangés de la même manière, de telle façon que les clivages s'y montrent aussi nettement que dans les cristaux bien définis. Le clivage permet d'obtenir autant de lames que l'on veut parallèles à h . Ces



lames placées dans les appareils de polarisation ne laissent voir que l'un des deux anneaux. On peut s'en assurer en jetant les yeux sur la figure que voici, où a b représente la lame laissant voir

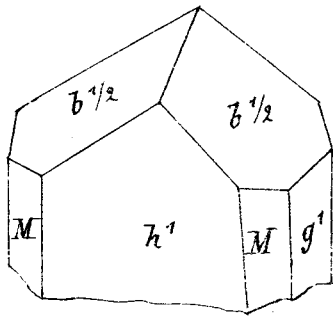
les deux anneaux, tandis qu'il est clair que a et b étant les deux axes optiques, la lame détachée suivant h n'est traversée que par l'axe a . On n'apercevra, par conséquent que le système d'anneaux qui se développe autour de cet axe. Le Diopside ordinaire n'offre par ce clivage facile suivant h on ne peut y observer ce phénomène. —

directement. On voit que les clivages varient avec la composition. L'éclat n'est plus vitreux comme dans le diopside d'Ala, mais nacré et métalloïde surtout sur les faces du clivage facile.

Les couleurs sont le vert foncé, le gris vert et le brun, ce sont là des couleurs intermédiaires, entre le vert et le noir, ce qui montre que le Diallage est une variété de passage entre le Diopside et l'Augite. Variété de couleur foncée. Augite. C'est un pyroxène plus ferrugineux que le précédent, où l'on rencontre aussi une certaine quantité d'Alumine que l'on ne peut interpréter chimiquement, qui se trouve là sans doute à l'état de mélange.

L'Augite est de couleur noire.

Les cristaux quoique reproduisant toujours la symétrie du 5^e système crist. diffèrent cependant de ceux du Diopside. Ils sont compris sous les faces M , h^1 , $b^{1/2}$ et g^1 . C'est toujours suivant les faces M de la forme primitive que le clivage est le plus facile, de là un moyen bien simple de distinguer cette variété noire de pyroxène avec la variété noire correspondante d'Amphibole, car ici $M/M = 87^{\circ} 5'$ et par conséquent en poursuivant le clivage, on arrive à des tronçons prismatiques à section pseudo-rectangulaires.

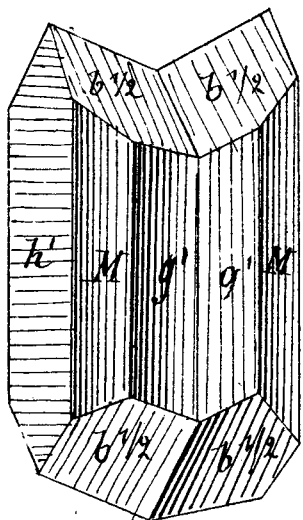


La Hornblende, au contraire donnerait des tronçons prismatiques offrant des dièdres obtus et aigus.

On voit souvent deux demi-cristaux groupés après inversion de l'un d'eux suivant le plan h^1 .

$$D = 5, 5.$$

L'Augite est presque toujours un produit volcanique. Il se sépare par voie de cristallisation de magma qui renferment



ses éléments et comme ces pâtes sont plus altérables que les cristaux, ces derniers s'en séparent et on peut en recueillir un grand nombre sur le sol. Ex. Puy de la Rodde en Auvergne. L'Augite abonde dans les basaltes et les laves basaltiques. C'est aussi un des éléments des laves modernes. Le volcan de l'île Bourbon rejette même presque exclusivement de l'Augite.

Hyperstène.

287. L'Hyperstène est un minéral très voisin de l'Augite, c'est presque un pyroxène, car la formule est toujours du type $R^3 Si^2$.

Le Diopside, nous avons dit, est un silicate de chaux et de Magnésie - base dominante, la Chaux.

L'Augite un silicate de fer et de chaux - base dominante, le protoxyde de fer.

L'Hyperstène est un silicate de Magnésie et de fer - base dominante, la Magnésie.

La forme primitive diffère un peu de celle du Pyroxène. C'est toujours un prisme rhomboïdal oblique dont les pans sont inclinés de 93° . Il se présente surtout sous forme de masses laminaires composées de petits cristaux occupant dans l'ensemble des positions identiques et offrant un clivage facile, parallèle aux faces g' des cristaux élémentaires.

Sa couleur est le vert ou le brun.

Les lames de clivage offrent des reflets d'un rouge cuivreux. On pourrait confondre assez facilement l'Hyperstène avec

le Diallage, car les couleurs extérieures sont assez voisines de pareilles à d'autres. Les lames de clivage offrent aussi des reflets métalliques: mais dans le Diallage, le clivage est dirigé suivant h' , ici, il l'est suivant g' . De plus dans le diallage nous avons vu que les lames de clivage parallèles à h' placées dans les appareils de polarisation ne laissent voir qu'un système d'anneaux; dans l'hyperstène une lame taillée dans cette même direction en laisse voir deux.

L'hyperstène est plus difficile à fondre qu'aucun des pyroxènes dont nous avons parlé jusqu'à présent. On devrait réserver le nom de Bronzite aux variétés d'Hyperstène où les reflets cuivreux sont les plus apparents. Au point de vue optique il existe une différence entre la Bronzite et l'hyperstène. Tandis que dans ce dernier la bissectrice aiguë des axes optiques est normale à h' , dans la Bronzite c'est la bissectrice obtuse qui est normale à cette direction.

Fezidol.

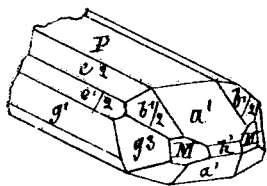


288. La Magnésite et le protoxyde de fer varient par suite de substitution isomorphique. C'est la Chrysolite occidentale, dénomination employée par les lapidaires pour la distinguer d'avec la Cymophane (Aluminate de Glucyne) qui est appelée par eux Chrysolite orientale. C'est presque une pierre gemme, car elle possède une certaine translucidité, une dureté presque égale à celle du quartz, une belle coloration verte. Ceci ne s'applique, il est vrai, qu'aux variétés les plus pures; en effet, à la Magnésite et à l'oxyde de fer peuvent se substituer de la chaux et de l'oxyde de manganèse. La dureté et la translucidité tendent alors à devenir

moindres, la coloration varie, passe au rouge et même à des teintes irisées.

Le Peridot est infusible, mais en revanche, il est très facilement soluble dans les acides et cela pouvait se deviner à l'avance, car c'est un sel très basique et, par conséquent qui a des affinités en réserve. Aussi avec les acides les plus faibles, l'acide acétique lui-même, il abandonne de la silice en gelée.

Les cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit de $119^{\circ}, 13'$. (Encore une forme limite - Se rapporter à ce qui a été dit en parlant du Mica.) Les faces dérivées que l'on rencontre le plus habituellement sont a' , e^2 , $e^{1/2}$, h' , g' , g^3 et $b^{1/2}$. Leur combinaison donne le cristal ci-joint.



Le clivage le plus facile à lieu suivant g' ; il en existe un autre à peine indiqué suivant la base P.

Les axes optiques sont dans le plan diagonal parallèle à la face h'

On trouve le peridot dans les basaltes et les roches volcaniques modernes. Ce sont des cristaux ou des masses granulaires où la couleur varie d'un grain à l'autre: verte, jaune, rouge, indices d'un commencement de décomposition, fixation d'oxygène et d'eau. On voit très bien cela à Sasbach, dans le Kaiserstuhl, où l'on observe des peridots qui ont pris l'aspect irisé et des reflets métalliques (Hyalosiderites)

Comme pierre gemme, le peridot est peu estimé. - Il y a un proverbe qui a cours chez les lapidaires: " Qui a deux peridots, en a un de trop. "

On rencontre ce minéral dans les météorites. Lors des hauts fourneaux, il se forme souvent des scories laminaires

cristallines d'une couleur noire de fer, et donnant à la lime une
poussière jaune. Mitscherlich a montré que ces substances
satisfont à la formule $\text{Fe}^3 \text{Si}$ et sont au point de vue chimique des
peridotés à base de fer avec des formes à peu près identiques à
celles du peridot de la nature.

Roches composées.

289. On désigne sous le nom de rocher, les masses minérales qui constituent une portion notable de l'écorce terrestre. — Il y a des roches simples, c'est-à-dire, où il n'entre qu'un seul minéral; telles sont presque toutes les roches qui ont été déposées au fond des eaux et que l'on appelle sédimentaires, les Calcaires, les argiles, les gypses; l'on pourrait même dire les grès eux-mêmes qui sont des sables coagulés par des sucs consolidés. Mais il est d'autres roches dites éruptives qui sont venues toutes formées des profondeurs. Elles sont (La serpentine exceptée) composées, c'est-à-dire, résultent de l'association de plusieurs silicates. Or, de même que certains atomes se recherchent pour former divers composés chimiques, de même aussi certaines espèces minérales semblent avoir les unes pour les autres des préférences et se rapprochent pour former de grandes masses minérales.

Vous allons nous occuper ici des roches composées, laissant cependant de côté les roches dites schisteuses, dont nous dirons un mot au début de la description des terrains.

290 Le classement des roches s'effectue en faisant appel à deux caractères:

- 1° La nature des minéraux constitutifs;
- 2° La structure de la masse, c'est-à-dire la disposition relative des minéraux constitutifs dans la roche.

Notre étude minéralogique nous aura appris à distinguer les uns des autres les silicates constitutifs. En ce qui touche le second caractère quelques développements sont nécessaires.

La structure d'une roche peut être

- 1° Entièrement cristalline. — St. granitique.

- A. - Rocher feldspathique (rocher où dominent les silicates aluminés et les feldspaths en particulier.)
 B. - Rocher trappéens (Rocher où dominent les silicates trappéens.)
-

A. Roches feldspathiques.

292. Nous ferons trois divisions:

- 1° Roche à base de feldspath cristallisé;
- 2° Roche à base de feldspath compacté;
- 3° Roche à base de feldspath vitreux.

Ce partage des roches feldspathiques en trois séries caractérisées par l'esprit de l'élément feldspathique est très rationnel, car il est pour ainsi dire imposé par l'observation des faits. C'est pendant le dépôt de terrains anciens ou primaires que sont venues au jour les roches à base de feldspath cristallisé, les roches granitiques, pendant la période secondaire qu'on a vu apparaître les roches porphyriques, tandis que les roches épanchées pendant la période tertiaire ont un aspect vitreux qui s'accroît de plus en plus à mesure que l'on s'approche des temps modernes. L'on peut justement définir ces trois grandes époques de la nature par les expressions:

phase granitique;
 phase porphyrique;
 phase vitreuse.

Roches à base de feldspath cristallisé.

293. Granite. — Cette roche est le résultat de l'association

De trois minéraux : feldspath cristallisé, mica et quartz. Parmi ces trois éléments, les deux premiers sont nettement cristallisés, le quartz au contraire se présente plutôt sous forme de grumeaux vitreux comblant exactement les vides laissés entre les autres. La cassure est donc essentiellement grenue d'où le nom de granite qui a été donné à la roche par les artistes italiens (Granito).

Le feldspath est dans la plupart des cas l'Orthose et sur une cassure fraîche ses cristaux laissent voir nettement des faces miroitantes, inclinées sur le même individu d'un angle de 90° , sa couleur est d'ordinaire le blanc ou le rouge, souvent une teinte moyenne que l'on peut justement appeler rouge, chair de saumon. Parfois l'Orthose est associé à l'oligoclase qui s'en distingue par sa couleur d'un rose sale et son unique clivage. L'on peut très facilement au moyen d'une loupe se rendre un compte très exact de tous ces détails de structure.

Le Mica y est en lamelles plates ou en paillettes allongées, miroitantes, donnant d'un éclat semi-métallique très vif.

Le Quartz se présente sous un aspect tout différent. Tandis que les deux premiers minéraux qui possèdent des clivages faciles apparaissent toujours quand on les considère à la loupe sous des formes tabulaires, le quartz qui n'a pas de tendance marquée vers aucun clivage, laisse voir des surfaces inégales dépourvues de planimétrie. Son éclat entièrement vitreux tranche aussi nettement avec l'éclat semi-nacré du feldspath et l'éclat semi-métallique du mica.

Quant à la structure, il en a été déjà question.

Souvent les minéraux constitutifs offrent à peu près les mêmes dimensions; c'est le cas du granit commun.

D'autres fois certains cristaux de feldspath se développent beaucoup et alors l'ensemble de tous les autres grains cristallins, à la fois très petits et égaux, prend l'apparence d'une pâte plus ou moins homogène, sur le fond de laquelle les gros cristaux se dessinent

nettement. Il en résulte comme une masse compacte dans laquelle s'isolent des cristaux, un aspect qui rappelle celui des porphyres. Ces granites portent le nom de granite porphyroïde. Il existe dans l'Oural (Mursinsk) une exploitation de granite, où un cristal de feldspath s'est développé au point que d'après M^r Quenstedt toute une carrière est ouverte dans ce seul cristal. (Époques de la nature, p. 115.)

294 Syenite. — La syenite est un granite où l'élément Mica est remplacé par la Hornblende. Cette roche tire son nom de celui de la ville de Syène, dans la Haute - Égypte. Elle est exploitée dans cette région, par les Égyptiens, depuis les siècles les plus reculés, pour la construction des édifices. L'on y trouve d'ordinaire deuse feldspaths, l'Orthose et l'Oligoclase, avec les caractères déjà signalés dans le granite. Le quartz y est moins abondant que dans cette dernière roche. La Hornblende avec sa couleur noire se distingue facilement des autres éléments constitutifs. On pourrait, il est vrai, à première vue la confondre avec le Mica, mais si on l'examine attentivement, on voit facilement à la loupe, que ses lamelles ne sont pas miroitantes comme les lames toujours planes du Mica. En effet, la Hornblende possède deux clivages également faciles. (Voir



Amphibole) et cette propriété est toujours inscrite sur les plus petits échantillons, car ils offrent des stries parallèles, dues à l'intersection de ces plans de facile division.

L'éclat de la Hornblende qui est un peu bitumineux diffère d'ailleurs aussi de celui du mica.

La Syenite se rencontre dans les Vosges près de Giromagny et à S^t Maurice, non loin de la source de la Moselle.

Cette roche renferme souvent des minéraux accidentels : des Zircons (Zr Si); des minerais d'Étain, de Titane, d'Uranium, de

Tantale, de Niobium, de Cerium, de Lanthane, d'Yttrium.

L'Obélisque de Louqsor est un granit qui est exploité aux environs de Syène, mais ce n'est pas une Syénite.

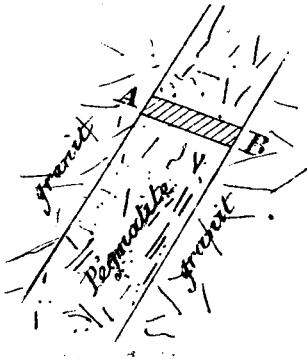
295. Protogine. On a longtemps défini la Protogine un granit dont l'élément mica a fait place au Tale, mais ce n'est point exact. Dans la Protogine il existe un véritable mica d'une couleur vert foncé. Le mica renferme comme tous les autres de la silice, de l'alumine, des alcalis et du Fluor, mais il s'en distingue en ce que plus qu'aucun d'eux, il contient de la magnésie et du protoxyde de fer. C'est un granit caractérisé par son mica spécial. Elle offre aussi les deux feldspaths signalés dans le granit. Au Mont-Blanc, par exemple, on peut les observer, quoique avec une certaine difficulté. L'un des feldspaths a deux clivages rectangulaires entre eux, l'autre en seul clivage facile.

La Protogine est une roche assez rare et pour ainsi dire spéciale au Mont-Blanc.

Pegmatite. — La Pegmatite est un granit à gros grains dont le mica a presque entièrement disparu et où les deux autres éléments tendent à s'isoler les uns des autres. C'est tantôt le feldspath, tantôt le quartz qui domine à la surface d'une cassure d'une certaine étendue : C'est évidemment le résultat d'une cristallisation très lente et très tranquille de la masse. Cette roche se montre dans le plateau central de la France : on y observe des masses de Pegmatite comprise entre des plans parallèles qui recourent le grain dans de nombreuses directions. La roche a cristallisé lentement dans des fentes ouvertes dans le granit, comme on voit souvent le gypse cristalliser dans la fente des marbres secondaires, (gypse fibrique) ou tertiaires (gypse lenticulaire).

296. Il y a une variété de Pegmatite que l'on appelle très justement : Pegmatite graphique. Quelle est l'origine de cette expression ?

Quand la cristallisation s'opère ainsi lentement, le feldspath a une tendance à disposer ses cristaux avec une certaine régularité, de manière par exemple que l'une de ses faces de clivage ou l'un de ses pans du prisme primitif soit parallèle à une paroi de la fente. Le quartz à l'état amorphe remplit les intervalles de ces cristaux; il est resté là comme l'eau mère qui subsiste dans la lame de cristaux. Si on regarde une plaque AB de pegmatite coupée perpendiculairement à l'axe de la fente on y voit des cristaux isolés de feldspath, séparés par du quartz amorphe, qui dessine leurs intervalles, de montans ou sur les faces de clivage ou sur les pans du prisme de feldspath. Il en résulte des lignes quartzées inclinées entre elles de 90° en suivant les faces naturelles du feldspath. Ces lignes



comme tracées sur la masse feldspathique rappellent vaguement l'écriture hébraïque de là le nom de Pegmatite graphique. Mais cette remarque nous conduit à une autre qui est d'une importance majeure.

297. Les géologues ont longtemps prétendu que le granite et les autres roches qui s'y rattachent étaient à l'origine des masses pâteuses, qui avaient subi la fusion ignée et dont les éléments se sont depuis séparés les uns des autres par voie de cristallisation, en vertu seulement du refroidissement de la masse. Cette hypothèse est-elle ou non admissible? L'examen de cette question a de l'intérêt.

Les trois éléments du granite sont nous dir le feldspath, le quartz et le mica: l'ordre de fusibilité de ces trois éléments en commençant par le plus fusible est le suivant — 1^o Feldspath 2^o Mica 3^o Quartz. Le dernier à vrai dire ne peut être fondu qu'à la condition de disposer de températures tout à fait exceptionnelles. Si donc le granite a été à l'origine une masse fondue, dont les éléments ont successivement cristallisé par voie de refroidissement, le moins fusible c'est à dire le quartz a dû

crystalliser le premier, puis le Mica, puis en dernier lieu le Feldspath. Or la description que nous donnions tout à l'heure de la pegmatite graphique montre qu'il en a été tout autrement. Dans cette roche le feldspath s'est consolidé évidemment le premier, car ses cristaux sont enveloppés par du quartz, qui en suit parfaitement les contours et joue à leur égard le rôle d'un mortier reliant ses éléments épars. Il est donc évident que lorsque le feldspath avait pris sa forme cristalline, le quartz possédait encore une plasticité suffisante pour se mouler sur des formes déjà arrêtées. Le quartz s'est donc consolidé en second lieu.

Ce que nous disons de la Pegmatite s'applique à toute la granite. Certains granites renferment des tourmalines, d'autres des grenats d'autres du Wolfram ($\text{Fe W} + \text{Mn W}$), du sulfure métallique : toutes substances plus fusibles que le quartz. Les cristaux de feldspath et de tous ces minéraux sont cependant toujours enveloppés par le quartz ; si bien que lorsqu'ils sont détachés par le choc on voit leur empreinte reproduite dans la masse vitreuse du quartz.

Il y a plus. On voit des grenats rouges pénétrés dans les cristaux de feldspath, qui cependant sont bien moins fusibles qu'eux : Nous concluons de tous ces faits que la cristallisation ou si l'on veut la consolidation du granite a eu lieu dans des circonstances toutes différentes de celles qui se produisent dans le phénomène de consolidation d'une masse fondue par voie sèche. L'ensemble des éléments chimiques du granite a été maintenu à l'état pâteux, à une température inférieure à celle de la fusion du grenat rouge c'est-à-dire du grenat facilement fusible. Comment se rendre compte de tous ces faits ? Voyons si dans le phénomène actuel nous ne pourrions en trouver l'explication.

298. Prenons un morceau de lave refroidie, nous y observerons des cristaux : Faisons fondre de nouveau l'échantillon, nous obtiendrons après refroidissement un verre. Il est certaines localités où l'on refond avec succès une lave ancienne le Basalte pour préparer le verre à bouteille.

Voilà il semble la question bien plus embrouillée encore; car on le voit quand c'est la nature qui produit la fusion il y a cristallisation tandis que lorsque c'est nous qui opérons, la masse reste amorphe. Mais si vous vous rappelez ce que nous avons dit en parlant du volcan son s'éclaircit. Quand la lave sort du cratère à une température supérieure à 1000° elle renferme une très grande quantité d'eau; c'est une éponge imbibée d'eau à l'état surchauffé ou peut être à l'état sphéroïdal. Remarquez bien que cette eau ne disparaît pas, qu'elle demeure emprisonnée dans la lave pendant de longues années et qu'elle ne s'échappe qu'après le refroidissement complet de la coulée. Ajoutons même qu'une partie de cette eau persiste toujours dans la lave, engagée dans des silicates aluminiques hydratés qui s'y développent et que l'on appelle Zéolites. Ces silicates fixent dans leur réseau cristallin, toujours très régulier, plusieurs molécules d'eau nécessaires à leur composition. Ce phénomène a été observé par M^r Daubrée dans des conditions analogues. Les eaux de Lombrière possèdent une température de 60° et renferment des silicates alcalins; en passant sur d'anciens bâtiments romains il s'y en est développé des Zéolites c'est-à-dire des silicates hydratés d'Alumine et de chaux ou d'Alumine et de Potasse.

299 De toute ce donné fournie par l'expérience il faut conclure que le granite ne doit pas sa structure cristalline à la diffusion de la chaleur que possédait à l'origine le magma pâteux, dont les éléments ont successivement cristallisé; mais que les conditions de la consolidation de cette matière plastique ont été pour ainsi dire réglées, bien moins par l'absence du calorique original que par la présence d'une quantité d'eau considérable, qui jusqu'au dernier moment a persisté dans toute la masse. 300. Aux roches granitiques déjà citées ajoutons pour mémoire la Leptinite. C'est un granite qui est presque exclusivement feldspathique dont les grains sont très atténués et qui montre comme une tendance à la stratification. Dans les Vosges on croit en parfois

avoir affaire à une véritable roche cristalline

Roches à base de Feldspath compact

301. Porphyre. — Le Porphyre est une roche qui se compose de cristaux de feldspath et de quartz noyés de place dans une pâte amorphe, dont la composition chimique est très voisine de celle du feldspath avec un petit excès de silice.

302. Souvent l'on aperçoit que la pâte est alors la roche est appelée Ensite, dénomination, qui s'applique aux dégradations du rocher porphyrique, chez les quelles les éléments ont une tendance à se confondre en une masse amorphe.

303. On distingue les porphyres pauvres en cristaux de quartz ou feldspathiques d'avec les porphyres riches en cristaux de quartz ou quartzifiés.

La pâte amorphe qui renferme les cristaux a une tendance à se kaoliniser et il se détache des porphyres quartzifiés de jolis cristaux de quartz bipyramidés. Le quartz qui était amorphe dans le granit est ici cristallisé. Y a-t'il lieu pour cela de croire que le porphyre plutôt que le granit a cristallisé par voie sèche ? Non évidemment car l'on sait que les cristaux de quartz s'obtiennent exclusivement par voie humide, à une température peu élevée; que jamais on ne les rencontre dans les latices de haute fourneaux et enfin, et c'est là une raison qui coupe court à toute discussion, l'on sait que la silice fondue au chalumeau à double courant d'oxygène et d'hydrogène perd les propriétés du quartz cristallisé pour emprunter celles de l'Opale. Sa densité s'abaisse à 2,2 et elle devient beaucoup plus facilement attaquable à tous les agents chimiques. On n'a jamais observé dans la nature de silice fondue.

304. Il y a des porphyres amphiboliques qui dans la série porphyrique correspondent aux dyenites dans la série granitique. Exemple : Le porphyre rouge antique, dont on trouve dans nos musées de fort beaux

échantillons, sont de formes très diverses: colonnes, baignoires, etc. Il se compose d'une pâte d'oligoclase avec un excès de silice et de petites lamelles d'Hornblende. Le porphyre de Belgique que l'on importe à Paris pour le pavage est composé de feldspath oligoclase à l'état compact avec cristaux d'amphibole.

Roche à base de feldspath vitreux

305. *Trachytes*. — Ce sont des roches qui se rapprochent du granit en ce sens qu'elles sont presque exclusivement composées de feldspath:

Orthose. Ce minéral y est à divers états.

1° En très-petits grains ou si l'on veut à l'état finement cristallisé ou ditain presque saccharoïde. Ces masses d'apparence amorphe ont une structure essentiellement lâche et un toucher très rugueux (de là le nom de la roche)

2° Au milieu de cette poussière consolidée de cristaux feldspathiques indiscernables s'isolent de gros cristaux vitreux de feldspath orthose. Ces cristaux ont l'aspect étonné, ils ont été comme divisés à la suite d'un refroidissement brusque. Certains géologues n'attribuent point cependant cet état tout particulier à une trempe, mais à une gêne qu'a éprouvée le minéral à cristalliser.

Voilà donc une roche qui a essentiellement la structure porphyroïde (voisine de la structure porphyrique proprement dite)

De même que le porphyre ordinaire peut se réduire à sa pâte amorphe, de même les trachytes perdent quelquefois leurs cristaux apparents. Au Tury de Dôme on trouve des trachytes, qui n'offrent plus qu'une pâte rugueuse composée de cristaux microscopiques de feldspath, enchevêtrés les uns dans les autres. Ces roches sont presque friables; dans certaines parties on y enfonce comme dans du sable.

Accidentellement on trouve dans le trachyte de l'amphibole ou quartz, du peroxyde de fer et du mica. C'est le gisement le plus habituel

de belles variétés d'opale. Les trachytes sont des roches récentes. Elles sont venues au jour en traversant des couches très épaisses. Elle nous montrent l'aspect et la structure qu'a dû prendre une substance, dont la composition est voisine de celle du granit, en arrivant à la surface dans des conditions différentes de celles qui ont présidé à l'épanchement du granit proprement dit. Le trachyte est un granit tertiaire mais qui a traversé de puissantes assises sédimentaires et qui a été gonflé d'une plus grande quantité d'eau que le granit ordinaire.

306 **Phonolite**. Le trachyte est susceptible de prendre l'état compact, la structure massive. C'est le phonolite roche de couleur verte ou grise à cassure esquilleuse. Il se divise soit en masses à pans rectangulaires, soit en dalles de peu d'épaisseur. C'est un trachyte pénétré d'un élément gélatineux, d'un silicate hydraté de la famille des Zeolites attaqué par les acides: Traitée par l'acide la roche est en partie attaquée et donne une gelée siliceuse, mais une autre partie résiste à l'action de l'acide.

Le Plomb du Cantal est une vaste cloche de phonolite et dans les vallées rayonnantes qui y aboutissent on peut observer appuyées sur la masse centrale des coulées antérieures de trachyte et de Basalte.

307 **Pierre ponce**. La pierre ponce est un trachyte criblé de tubulures: Ce sont des vésicules analogues à celles que nous avons signalées dans les laves et qui ont même origine.

308 **Obsidienne**. C'est un verre trachytique. Il y a des coulées d'Obsidienne qui se rattachent aux trachytes comme le verre volcanique se rattache aux laves. En effet l'on voit accidentellement des laves vitrifiées c'est-à-dire des laves qui ont dû se débiter tout-à-coup sans d'imbibition et se sont consolidées en vertu seulement du rayonnement de leur chaleur propre. Il est donc tout-naturel d'observer ce verre volcanique ancien à côté du trachyte, qui n'est à vrai dire qu'une lave ancienne.

B. Roches trappeennes.

309. Les roches trappeennes se partagent naturellement en deux classes. Il nous avons vu en effet que les minéraux trappeens la plus répandus sont l'amphibole et le pyroxène; de là une division toute naturelle.

Roches amphiboliques

Roches pyroxéniques.

Roches amphiboliques.

310. Diorite. Il n'y a à vrai dire qu'une seule roche amphibolique c'est la Diorite. Composition: feldspath et amphibole. Quel feldspath? Beaucoup de géologues répondent l'albite, pour nous nous n'avons jamais eu occasion d'y observer ce minéral, mais l'Oligoclase.

La roche est presque toujours d'une couleur vert foncé; car, s'il y a quelques diorites où l'on rencontre la variété blanche d'amphibole, l'on peut dire qu'elle constitue des raretés. En examinant la roche de près on y voit toujours quelques prismes de couleur vert foncé et l'on remarquera même la incidence très obtuse et très aiguë de plans correspondants à des clivages égaux et également brillants. L'on ne pourrait guère confondre ces prismes qu'avec ceux de Tourmaline et cette confusion a été faite souvent, car dans bien des collections on trouve des étiquettes fantômes, mais si l'on se donne la peine d'y regarder avec quelque attention cette méprise est impossible, car la tourmaline n'a pas de clivage.

L'autre minéral est blanc ou d'une couleur d'un blanc sale c'est l'Oligoclase. Les lamelles que l'on peut y observer à la loupe ne montrent qu'un seul clivage.

La roche a donc une structure granitique :

On rencontre en Corse de fort belles diorites exploitées comme pierre d'ornementation. Les deux minéraux constituant la matrice cristallisée sphériquement, nous dirions presque solitairement; l'amphibole d'abord et autour de ce premier centre le feldspath; Il en est donc résulté d'abord un sphéroïde feldspathique enveloppant un noyau d'amphibole.

Un nouveau dépôt d'amphibole à la surface de cette boule a été suivi d'une nouvelle enveloppe de feldspath et ces alternances se sont reproduites un grand nombre de fois. Il est d'ailleurs de règle que les minéraux les plus denses et ceux où il entre des bases terreuses ou métalliques cristallisent avant ceux qui sont les plus légers en admettant des bases alcalines.

Les Ophites de Tyrénée (dénomination bien vague dans cette contrée et trop généralisée) doivent être rattachés à la Diorite.

La diorite semble passer quelquefois à la structure porphyroïque, quand elle est à grains très fins et que quelques cristaux de feldspath ou d'amphibole prennent un grand développement. C'est la diorite porphyroïde.

311. Trapp. — Il se peut encore que les cristaux deviennent si petits qu'il faille de instruments grossissants pour les apercevoir, la roche prend alors l'aspect compact. La dénomination de trapp doit être réservée à ce rocher. Ce mot vient du Suédois où il signifie escalier (En allemand treppe) Dans cette contrée on l'observe sur des collines dont la flancs sont décomposés en gradins. Colline de Kimmekule p. ex.)

312. Amphibolite. — Il existe une variété de diorite, où l'élément feldspath est très peu abondant, on ne le voit pour ainsi dire plus; toute la masse est constituée par des faisceaux d'aiguilles plus ou moins déliées d'amphibole. C'est l'Amphibolite qui n'est

autre chose qu'une dégradation de la diorite.

Roches pyroxéniques.

313 *Mélaphyre* — Le mélaphyre est ainsi que son nom l'indique (porphyre noir) une roche à structure porphyroïde. Ce n'est pas une roche entièrement pyroxénique; elle marque plutôt un passage entre la roche amphibolique et la roche pyroxénique. On y voit une pâte qui est un mélange intime de cristaux microscopiques de feldspath, de pyroxène, souvent même d'amphibole et dans cette pâte s'isolent des cristaux bien développés de pyroxène et de labrador; Il représente si bien une roche de passage, que l'on en voit, qui renferment du feldspath oligoclase et même quelques cristaux d'amphibole. C'est un exemple d'association de pyroxène et d'amphibole. M. Rose a trouvé dans l'Oncal des mélaphyres, contenant des noyaux de pyroxène enveloppés d'amphibole. L'on y observe souvent de nombreuses cavités où s'isolent des précipités chimiques. C'est dans les mélaphyres du Tyrol et du Galatinas que l'on recueille la plus belle agate d'Europe. Dans l'intérieur de ces sphères siliceuses, à structure zonée, l'on aperçoit des cristaux de quartz, soit que la silice se soit infiltrée plus lentement, soit que les conditions de température de l'eau qui ont amené la silice soient venues à changer. On rencontre même en Tyrol dans la cellule du Mélaphyre, du *Zéolite* Apophyllite ($(Ca, K)Si + 2H$) Chabasite ($Al Si^2 + Ca Si + 6H$), de la chaux carbonatée, de..... Ces mélaphyres, dans les cavités sont tapissés de minéraux étrangers à la roche sont souvent désignés sous le nom de *Opillite* mot à l'usage de la nomenclature, qui fait double emploi, puisqu'il se rapporte simplement à un accident de la roche.

314. *Euphotide* — L'Euphotide est une roche composée d'un feldspath pauvre en silice, qui a une tendance à prendre la structure

compacte, de manière à passer à un jade feldspathique (Sausonite). Ce feldspath est associé à des lames de Diablage, minéral dont nous avons parlé quand nous avons décrit la variété de pyroxène. Le Diablage par la composition et la forme est un véritable pyroxène. Il se clive très facilement dans une direction et possède sur la face de clivage un éclat semi métallique. On trouve cette roche au mont Genève. On voit une pâte feldspathique dont la composition oscille entre celle de l'oligoclase et celle du labrador, avec une tendance vers cette dernière et de lames cristallines de diablage noyées dans cette pâte.

Cette roche change parfois d'aspect; c'est le jade qui s'isole sous forme de globules dans une pâte verte qui est un mélange intime de labrador, de diablage et aussi de serpentine. C'est la variété de la Durance. On la trouve aussi au mont Genève à l'origine de la Douarre et dans le lit de la Durance. Ce rocher ont été transportés sous forme de blocs erratiques jusqu'à Guin.

315. Serpentine — Nous sommes obligés de parler ici de la Serpentine, qui n'appartient cependant pas aux roches pyroxéniques; mais les épanchements de serpentine ont toujours accompagné les épanchements d'Émphotide. Nous avons déjà appris à connaître cette roche à structure massive. Sa couleur verte est due probablement à une petite quantité de protoxyde de fer qui s'est substitué à la Magnésite par voie d'isomorphisme: On n'y trouve jamais de cristaux. L'analyse y fait découvrir un peu de peroxyde de fer, parfois en partie déplacé par son isomorphe le sesquioxyde de chrome.

La roche est venue au jour à l'état paternel; à l'état fondu en cependant conserve 12 à 14% d'eau. Elle devait donc en renfermer bien davantage au moment de son arrivée au jour: Dans les Alpes la mélaphyre se sont épanchés dans le Trias et latéralement on voit des serpentines qui se sont glissées entre les couches stratifiées.

Il y a des schistes, qui ont été pénétrés, sur de grandes étendues, par la serpentine, ce qui prouve que cette roche à peu près infusible, y est arrivée à un état d'extrême fluidité. Certains de ces schistes, sans perdre leur fissilité, ont laissé la serpentine pénétrer dans les intervalles qui séparent leurs feuillettes. Quand ces feuillettes ont glissé les uns sur les autres, la serpentine qui remplissait les interstices a été striée et a pris une structure fibreuse. On a voulu autrefois faire de cette serpentine l'amine d'un minéral particulier que l'on a désigné sous le nom de Chrysotil.

On peut produire un silicate magnésien analogue à la serpentine, en faisant réagir du silicate de potasse sur une dissolution renfermant de la chaux, de la Magnésie et de l'acide carbonique - l'eau de mer réalise ces conditions; Toute la magnésie passe à l'état de silicate et toute la chaux à l'état de carbonate. Le silicate de Magnésie formé est entièrement analogue à la serpentine; c'est ce qui explique que l'on trouve dans différents terrains des fossiles montrés en serpentine en particulier le plus ancien de tous l'Éozoon canadien, dont on trouve de beaux échantillons à l'entrée de la galerie de géologie au Muséum. Il est vrai que l'on doute encore que ce soit un reste d'organisme.

316. Dolerite — Une roche essentiellement pyroxénique est la dolérite. C'est un produit volcanique: L'on y voit très nettement deux éléments, un feldspath qui est toujours le Labrador, le feldspath attaqué par les acides et le pyroxène noir langite. La roche a une structure granitoïde. Le Labrador est parfois éliminé au profit de l'amphigène le feldspath trapézoédrique, dont la teneur en silice est intermédiaire entre celle de l'oligoclase et du Labrador. Dans les filons de la cheminée éboulée du vieux Vieux (c'est à dire la Somme) on voit des dolérites ou s'isolent des cristaux trapézoédriques d'amphigène.

317. Basalte — Mais il semble que la dolérite ait peu rarement cristallisé lentement, de manière à permettre à ses éléments de se classer

en s'isolant les uns des autres, les éléments feldspathiques et trappéens sont dans la plupart des cas confondus ou si l'on veut en existence indiscernable, de manière à offrir la structure massive. On donne alors à cette roche le nom de Basalte. C'est une roche de couleur gris noir, ou tout à fait noire, d'aspect entièrement uniforme. On peut cependant en faire facilement l'analyse de manière à mettre au jour ses éléments constituants. Il suffit pour cela de la piler sans la broyer et de délayer dans l'eau le débris le plus fin, on peut alors séparer la partie lourde de la partie légère, la partie lourde sont le pyroxène noir (densité = 35), la partie légère sont blanches c'est le labrador (densité = 27) Le basalte renferme donc bien les deux éléments de la dolérite mais en existence microscopique.

Le Basalte est susceptible de prendre par le refroidissement ces formes prismatiques de retrait que nous avons déjà signalées dans les livres. Ce sont d'ordinaire des prismes hexagonaux réguliers. On voit des colonnades basaltiques à la grotte de Fingale dans la petite île inhabitée de Staffa, l'une des Hébrides; ou bien à la chaussée des géants sur le côté nord du comté d'Antrim en Irlande. À la grotte des fromages à 5 lieues au nord de Berncastel sur la Moselle, les piliers sont fendus transversalement par une espèce de clivage parallèle à leur base de telle sorte que ces tronçons semblent de gros fromages suisses empilés les uns sur les autres. Nous avons en France notre chaussée des géants près d'Encaignes à l'Ouest de Privas dans l'Ardeèche et aux cascades de Vals.

318 Dans les pays volcaniques, il est souvent arrivé que le Basalte après son épanchement a été traversé par des émanations de vapeur d'eau et de sources minérales. La roche est alors singulièrement altérée, elle prend l'aspect terreux: si on souffle à sa surface, elle répand une odeur argileuse. Ces basaltes modifiés

son - appelé Wackler.

Nous reprenons maintenant la suite de la description des espèces minérales

319.

Chaux carbonatée

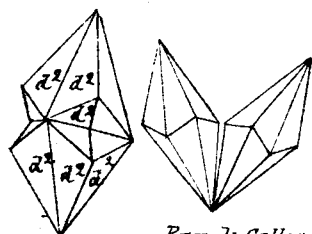


- 1^o Variété cristallisée
- 2^o id cristalline et marbre
- 3^o Calcaire compact
- 4^o Calcaire tendre.

1^o Variété cristallisée

320. La chaux carbonatée cristallise dans le système d'un rhomboèdre. Rhomboèdre primitif de $105^{\circ} 5'$

Nous ne pouvons citer les cristaux dérivés car on trouve toutes les formes du système rhomboédrique; toutes les simples et celles-ci combinées entre elles, les rhomboèdres équiaxes et inverses; tous les rhomboèdres naissant sur les angles culminants et latéraux; tous les scalénoèdres naissant sur ces mêmes éléments; les axes culminants et latéraux, les deux prismes hexagonaux réguliers; des cristaux mixtes où l'on trouve un grand nombre de ces faces réunies sur un même individu.



Derbyskirch
Traverselle
Cannstadt.

Pays de Galles

Des cristaux groupés - Deux scalénoèdres réunis par la face a^1 - (Derbyskirch, Cannstadt, Traverselle) deux scalénoèdres rapprochés. (Pays de Galles). De même que lorsqu'un minéral est pur on ne peut éviter son groupement, de même toutes les formes du système se rencontrent dans une même espèce, on ne sait

laquelle citer de préférence et le mieux est de renvoyer à la description des formes, du 4^e système cristallin.

Trois clivages également faciles parallèles aux faces du rhomboëdre primitif

C'est une substance essentiellement transparente; c'est pour-
quoi elle se prête si bien aux expériences de double réfraction.

Coloration toujours pâle.

Durété entre Gypse et Spaths fluor - Terme N° 3 de no-
tre échelle (Voy § 116)

Densité 2,7

Double réfraction bien connue.

De minces lames s'électrisent par la pression du doigt.

A la température de l'eau bouillante les arêtes culminantes
perdent $8' \frac{1}{2}$; de $105^{\circ} 5'$ elles descendent à $104^{\circ} 56' \frac{1}{2}$ - L'axe dilata-
ble que l'on a vu.

Aux acides effervescence vive.

Au chalumeau \ddot{C} est éliminé et il reste de la chaux vive,
qui brille dans la flamme d'un éclat éblouissant. Après refroidissement
l'on place sur la langue ce fragment de chaux vive, l'on éprouve une
légère brûlure. Si l'on fait adhérer au fil de platine un peu de poudre
de carbonate de chaux au moyen d'une goutte d'acide chlorhydrique,
l'on obtient à la flamme, tant que le fil est humide, une coloration rouge
pâle tout à fait caractéristique. Presque tous les composés à base de
chaux présentent ce caractère.

321. 2^e Variété cristalline et Marbres -

L'on rencontre souvent des masses spathiques qui ne présen-
tent aucune face terminale mais qui par le choc fournissent de jolis
rhomboëdres - Citons l'exemple le plus connu le *Spath d'Islande*.
On le recueille dans une fente de 1^m,00 de large sur 8^m 30 de longueur
sur la rive septentrionale du Rodefiord (côte-E de l'Islande) Cette

ferme ouverte dans une dolérite se prolonge jusqu'à une profondeur aujourd'hui encore inconnue.

L'on rencontre aussi de masses fibreuses dans les Alpes par exemple (Les rochers de Bolesmita montent des exemples de cette variété fibreuse) de masses grises : stalactites p. ex.

On peut partager les marbres en trois classes.

Marbre statuaire

Marbre colorié

Marbre lumachelle.

322. Marbre statuaire - M. Quenstedt à un mot très heureux à son sujet (Le marbre statuaire, dit-il; est à la chaux carbonatée cristallisée ce que la neige est à la glace) (Minéralogie 2^e édit. p. 412) Il est blanc ou du moins traversé par un très petit nombre de veinules grises ou bigarré d'un très petit nombre de taches. Il est composé de très petits cristaux, très délics enchevêtrés les uns dans les autres, sans laisser entre eux aucun vide. C'est une structure qui rappelle celle du sucre, la structure saccharoïde. Le type de cette variété est le marbre de Carrare, il est sans tache, et son grain est d'une qualité parfaite. Il apparaît sur la pente occidentale de Apennins, qui s'enfoncent assez vite dans le golfe de la Spezzia. C'est une roche métamorphique, le sens de cette expression sera défini plus tard. C'est à Florence que s'est concentré le commerce de ce marbre, l'on en voit des exemples dans toutes les villes de l'Europe. Son défaut est de jaunir un peu, témoin le Palais de Gênes et de Florence.

Les Grecs allaient chercher les marbres statuaire à Paros; il est moins blanc que celui de Carrare, on le voit affaiblir sur une surface qui représente le $\frac{2}{3}$ de celle de l'île toute entière.

Un autre marbre statuaire justement renommé est celui qui est appelé pentelique (du M^e Pentelée au N d'Athènes) c'est avec ce marbre qu'a été bâti l'Acropole et le Parthénon.

C'est lui qui a fourni les blocs qui ont été fouillés par les ciseaux de Troaxite, d'Appolovote et de Cleomène. Ces carrières longtemps fermées sont parvenues à être réouvertes. Il y a lieu de s'en féliciter car le marbre de Carrare commence à manquer. Son prix s'élève aujourd'hui à Paris à 2000 f. le mètre cube.

323. Marbres colorés. Ici il n'y a plus de cristallisation et il serait plus logique de réunir ces variétés de chaux carbonatée au Calcaire compact; si nous ne le faisons pas c'est que les marbres marquent en colorés sont employés aux mêmes usages.

Le marbre rouge d'une teinte uniforme est très recherché (Louve nourissant Romulus et Romulus au Louvre). Dans les Pyrénées on voit des marbres rayés de rouge, de gris et de blanc (Colonnes de l'arc de triomphe du Carrousel). Les marbres bruns avec taches d'une couleur rouge cécise sont appelés griottes. On l'exploite dans l'Herault. Le marbre de Campan (N. Pyrénées) est aussi un marbre rouge. Le marbre jaune antique venait de Macédoine il offrait de teintes très uniformes. Celui que l'on tire aujourd'hui de Sicile est d'un fort bel aspect. Dans les Pyrénées il existe aussi des marbres jaunes traversés par quelques lignes rouges.

Le marbre bleu est très rare. On l'appelle ordinairement bleu turquin, il est à fond blanc rayé de bleu (Balustrade du chœur à St Sulpice)

Le marbre vert antique est coloré par la serpentine il passe parfois au noir: Les anciens le tiraient de Laconie. On l'exploite aujourd'hui près de Gènes.

Le marbre noir antique venait d'Egypte. Il fut introduit à Rome par Lucullus. Il en existe une belle carrière près d'Étix la Chapelle. Le marbre qu'on en retire s'appelle entièrement le noir antique. Le Portor est un marbre à fond noir avec grandes veines jaunes. Il est exploité à Porto-Venère dans les Apennins et à

à St Maximin (Var) Il en a été fait grand usage dans la décoration du Palais de Versailles.

Ajoutons les brèches composées de pierres calcaires de couleurs variées réunies par un ciment calcaire : On donne le nom de Brocatelle à une brèche calcaire à très petites éléments.

324. Marbre limachelle. Cette dénomination vient de l'Italien Limaca (Limaçon) La pierre est percée de coquilles qui rappellent de loin des limaçons. Quelques unes de ces coquilles ont même conservé le nœud de leur test, qui apparaît après le polissage de la pierre en lui prêtant des reflets irisés. La ancienne exploitation à Négare est un Marbre limachelle.

C'était le drap mortuaire que l'on ne retrouve plus aujourd'hui nulle part. La Belgique fournit une très grande quantité de marbre limachelle. Il est à fond noir, semé de tâches blanches, qui ne sont autre chose que des coquilles. On l'appelle petit granité, marbre de Flandre, etc. Près de Narbonne, l'on trouve également un marbre à fond noir, à tâches circulaires ovales, parfois triangulaires. Ce sont des débris de bélémites. L'on apporte à Paris un marbre d'un rouge sale, semé de débris madréporiques qui provient des environs de Caen. L'on en rencontre de semblable en Bourgogne.

325. 3^o Calcaires compact. Les marbres veinés et la limachelle dont nous venons de parler, devraient plutôt, avons nous dit, figurer sous ce titre. Le caractère de ces calcaires, est d'offrir un grain parfaitement uniforme très serré, et une dureté supérieure à tous les autres. En effet, on ne peut les débiter à la scie à dents. Pour opérer le sciage, il faut agir avec une lame d'acier frottant sur du sable. C'est le sable mis en mouvement par la lame, qui coupe la pierre.

Le type de cette classe de roches est le calcaire lithographique. Je ne sache pas que l'on puisse en citer un gisement

plus célèbre, que celui du Solnhofen en Bavière. Une cassure oblique sur la pierre de Solnhofen en détache des lamelles à arêtes aiguës, de la longueur de la main. On peut dans cette carrière, et dans d'autres qui l'avoisinent, trouver des pierres sans défaut, offrant des surfaces à trois quarts de mètre carré.

À la variété lithographique on peut cependant rattacher des calcaires très homogènes, à grain très serré, qui ont leur emploi dans la construction.

Le Liais

Le Cliquart

Les bancs de roche.

Le Liais a l'aspect d'une pierre lithographique, avec un grain un peu plus grossier. Il ne contient pas d'empreintes de fossiles. On l'a tellement exploité à la carrière St Jacques et au Clos des charreaux, que l'on n'en trouve plus aujourd'hui. Les carrières de Bagnaux et d'Arcueil sont même singulièrement appauvries. On emploie cette pierre pour faire des marches d'escalier, des cimaises, des seuils, etc. Le Liais rose, se trouve à Créteil et à Maisons-Alfort. Les bancs de lias ne portent jamais plus de 0,30 d'assise.

Le Cliquart est un lias renfermant des fossiles qui se détachent, quand on dresse une surface et laissent leur empreinte en creux.

Les Bancs de roche sont des pierres à grain fin mais moins serré que celui du lias et du cliquart. Ils sont remplis de fossiles appelés Cérithes (petites espèces) Ils portent de 0,45 à 0,75. Excellentes carrières à Bagnaux, Châtillon, la Butte aux Oailles.

La pierre de Connerre est un calcaire compact, homogène, que l'on importe aujourd'hui à Paris pour satisfaire aux

besoins de liais, qui se font sentir tous les jours davantage. Elle est employée pour faire des marches d'escalier, et même des filtres.

Le liais fin de Larcys, près Ravières (Yonne) est encore de cette catégorie, ainsi que la pierre dure de St Yllie (Jura) avec veines rougeâtres, (Fontaine St Michel, garde-fou des ponts St Michel et au Change)

Ajoutons, la roche blanche de Chassignelles (Yonne) la pièce de Cerci (Loitou) importée à Paris depuis l'exposition universelle de 1867; la pièce de Souppes, (Seine et Marne) la pièce de Château-Landon (Arc de Triomphe de l'Étoile, Château d'Eau), la pièce de Souppes est susceptible d'un très beau poli. (Pont de Bercy, Pont Louis-Philippe, Viaduc d'Auteuil).

326. Calcaires tendres. Les pierres tendres se débitent à la scie à dents: caractères qui les distinguent des précédentes.

La Lamboude est exploitée à St Maurice, Gentilly, Nanterre. Cette pierre résulte de l'agrégation de petits animaux sphériques appelés Miliolites (Facade des Etages à Paris)

Le Vergeler est une pierre d'un grain plus ou moins fin, maigre, poreux, résultant de l'agrégation d'un sable calcaire. Nombreuses exploitations sur les bords de l'Oise.

Les banes Royaux. Par cette expression il faut entendre des calcaires présentant une grande hauteur d'assise. Ce sont des pierres dures ou tendres, d'un grain et d'une teinte uniformes. Les angles du fronton du Panthéon, ont été taillés dans des blocs de banes Royaux, cubant 14 mètres.

Comme pierre étrangère à Paris, citons le Calcaire de Caen, dont la couleur est si uniforme et le grain si fin. Les Anglais en ont construit la Cathédrale de Westminster. C'est certainement à la présence de cette pierre, que nous sommes redevables de toutes les belles constructions gothiques que l'on rencontre en si grand

nombre en Normandie.

Les pierres lorraines des environs de Commercy (Éville, Serquville...), se laissent débiter à la scie à dents, elles sont cependant assez dures. On en fait venir à Paris un très grand nombre. Elles contiennent des débris spathiques de tige d'encre. Ce sont d'excellentes pierres à tous égards. Elles prennent sous le ciseau, des arêtes très vives, qu'elles conservent très bien.

Ajoutons, la craye tuffeau et enfin la craye ordinaire si connue de tous.

On désigne sous le nom de marnes des rochers qui résultent de l'association de l'argile et du calcaire. On les reconnaît facilement à deux caractères, 1° à l'effervescence qu'elles font avec les acides, 2° à l'odeur argileuse qu'elles répandent sous l'influence de l'huile. Les marnes fournissent les chaux hydrauliques et les ciments, dont les propriétés varient avec les proportions relatives de calcaire et d'argile. Mais ces proportions et ces variations, vous seront indiquées dans le cours de construction, et je n'ai pas à m'y arrêter ici.

Aragonite

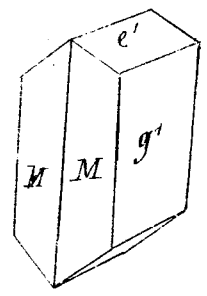
327. La chaux carbonatée est une substance dimorphe ; tandis que dans les conditions ordinaires, elle cristallise sous la forme d'un rhomboïdre, dans certaines circonstances de température (entre 60 et 70°) elle cristallise sous les formes dérivées d'un prisme rhomboïdal droit de 116° 10'. C'est l'aragonite qui est le chef de file d'une série de carbonates prismatiques isomorphes. À savoir

Baryte carbonatée.....	118° 30'
Strontiane carbonatée.....	117° 16'
Plomb carbonaté.....	117° 14'

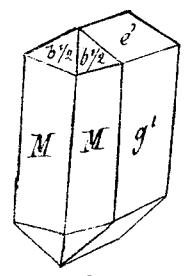
La présence de matières étrangères dans la liqueur ou s'oppose la précipitation peut souvent déterminer cette cristallisation.

anormale de la chaux carbonatée. La présence du sel gemme en particulier détermine à haute température ces modifications de forme. En tout cas, il est bien remarquable de voir la chaux carbonatée servir de lien entre les carbonates rhomboédriques et les carbonates prismatiques.

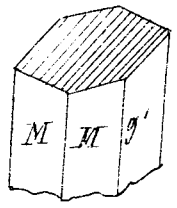
Les cristaux simples se rencontrent assez rarement, on observe cependant la forme MM, g' et c' (Type basaltique) N° 1. La forme précédente plus les faces $b/2$. N° (2)



N° 1



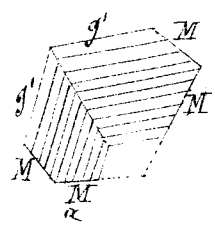
La forme N° (3) plus simple que la forme N° (1) est résultant du prisme primitif tronqué sur les arêtes aiguës des pans MM, g' (Loogang & Olevengrund).



N° 3

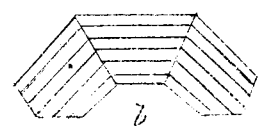
N° 2 Les figures suivantes nous représenteront les coupes horizontales de cristaux assemblés, les hachures indiquent comme sur la figure N° 3 la direction de la petite diagonale de la base. Ces cristaux sont parfois du type N° 1, mais aussi du type N° 3 et par conséquent basés.

(a) Association de deux cristaux par une face M , après retournement de l'un d'eux. Le plan de jonction se développe assez pour effacer l'autre face M adjacente.

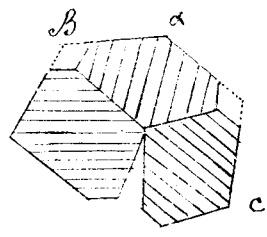


Il existe entre ces deux cristaux un vide qui est parfois comblé par un remplissage cunéiforme de même composition que les cristaux. La figure simule alors un prisme hexagonal.

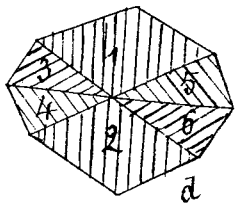
(b) Association de trois cristaux suivant la même loi que les deux précédents.



(c) Trois cristaux du type N° 3 (d' Olevengrund) s'associent par les pans M , mais comme l'angle de l'aragonite n'est pas que de 116° et parfois de 120° , il reste un vide qui peut être rempli de matière calcaire



$\alpha = 116^\circ 10'$ $\beta = 127^\circ 40'$



(d) Six individus : deux cristaux complets et quatre demi-cristaux.

Cristaux d'Espagne.

Il n'existe pas de clivage net et facile.

La direction supérieure à celle de la chaux carbonatée rhomboédrique qui est rayée par elle.

Cassure esquilleuse.

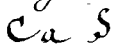
Densité également supérieure à celle de la chaux carbonatée rhomboédrique : 2,9 au lieu de 2,6.

Éclat vitreux vif. Effervescence vive avec les acides.

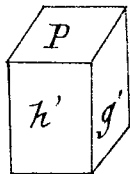
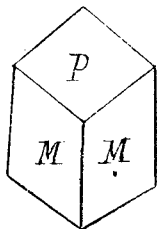
Au chalumeau, décrépite, tombe en poudre d'une manière continue et régulière, à la manière d'un jet fluide et reprend la forme cristalline de la chaux carbonatée rhomboédrique ainsi que sa densité.

On trouve l'aragonite dans les laves, sous forme de longues aiguilles vitreuses, ce qui prouve bien que c'est en une température élevée qu'il faut attribuer cette modification dans la forme. L'aragonite, se rencontre aussi en masse coralloïde, stalactite, compacte. On distingue toutes ces variétés des variétés correspondantes de la chaux carbonatée rhomboédrique au moyen du chalumeau.

Chaux sulfatée anhydre ou Anhydrite



328. L'Anhydrite cristallise sous les formes dérivées d'un prisme rhomboïdal droit. Les clivages déterminent d'un prisme rectangulaire droit, car ils sont parallèles



aux plans diagonaux, ou si l'on veut parallèles à h' et g' . Le clivage g' présente un éclat légèrement nacré et laisse voir des teintes irisées dues à de très minces couches d'air qui se glissent facilement entre les lamelles séparées par le clivage.

Le clivage P moins facile que le précédent à un éclat

vitreux

Le clivage h^1 est le plus difficile; les faces découvertes sont mates blâmes, avec son ail observateur, avons remarqué sur la face de clivage F , des lignes striées, très fines se croisant sous des angles de 100° et de 80° . Ces lignes correspondent à des clivages très

difficile, parallèles aux pans du prisme primitif.

Dureté à peu près égale à celle du Spaths d'Islande

Densité 2,9.

Les axes optiques sont bien faciles à trouver. Il faut cliver parallèlement à h^1 , et placer la lame dans la pince à tourmaline; on constatera que le plan des axes optiques est parallèle à g^1 et que la bissectrice aiguë, est parallèle à la diagonale AA de la forme primitive. (Voir § 100)

Couleur blanc, rose blanchâtre

Translucide et même transparente

Au chalumeau, fond difficilement sous forme d'émail, et dans la flamme de réduction se transforme en sulfure de calcium. Ce globule s'effleurit, devient pulvérulent, se délite à l'humidité. Il donne toutes les réactions des sulfures

On rencontre assez souvent l'Anhydrite sous forme de marne spathique. Dans les salines de Bea (Suisse) on a remarqué depuis longtemps ^{que l'anhydrite} exposée à l'air humide, se gonfle et passe au Gypse; d'où l'on a conclu que tout le gypse avait d'abord été à l'état d'anhydrite; mais il ne faut pas se hâter à ce point. On voit assez souvent dans les salines, l'anhydrite passer au Gypse, mais il se peut fort bien que le sulfate de chaux se précipite dans l'eau à l'état anhydre. Dans la marmitte de Lapin sous une pression de deux atmosphères; il se précipite des cristaux de sulfate de chaux qui ne renferment plus que $\frac{1}{2}$ H et la chimie nous montre mille exemples de substances, qui se précipitent dans

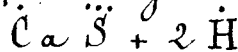
l'eau à l'état anhydre sous l'influence des substances étrangères présentes dans la liqueur.

L'anhydrite a souvent le grain du marbre strabonien, aussi elle est souvent désignée sous le nom de marbre de Bergame. Plinius fait sans doute allusion à l'anhydrite, quand il parle de cette pierre transparente, de la dureté et de la couleur du marbre, sous Néron construction un temple à la fortune. Les murailles du temple laissaient passer la lumière quand toutes les croisées étaient closes.

La Pierre de Tripes se trouve abondamment dans les salines de Wieliczka et de Bochnia au milieu du sel gemme et des argiles salées est une anhydrite fibreuse en rubans contournés.



Eaux sulfatée hydratée ou Gypse.



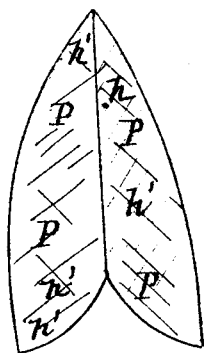
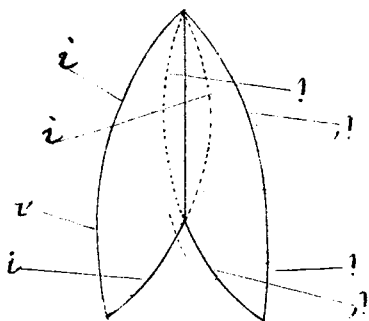
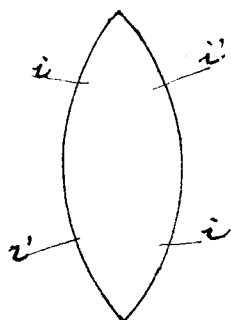
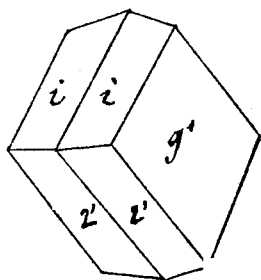
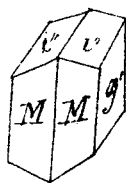
329. Cristallise dans le système d'un prisme rhomboïdal oblique

Trois clivages encore, mais il en est un qui est d'une si grande facilité qu'on ne saurait le comparer qu'à celui du Sica. Aussi aperçoit-on toujours parallèlement à cette direction des nappes lumineuses, irisées, dues à de minces lames d'air logées entre les lamelles de clivage : Ce clivage est dirigé suivant le plan de symétrie g^1 les deux autres lui sont perpendiculaires :

1^o Suivant l'autre plan diagonal h^1 , les faces qu'il découvre ont un éclat vitreux et le clivage est sec.

2^o Suivant la base P c'est un clivage mou et découvre des faces soyeuses (Ne pas oublier que dans le prisme rhomboïdal oblique il y a un plan diagonal qui est à la fois perpendiculaire sur l'autre plan diagonal et sur la base.

L'on rencontre aussi des cristaux compris sous les faces g^1 de deux dômes naissans par bisecur sur les angles A et O i (A ; i' (O))



Ces cristaux ont une tendance à s'arrondir, les faces t et r' prennent des formes cylindriques de telle façon que si l'on coupe par un plan parallèle à g^1 l'on obtient une section à contour circulaire; Deux cristaux de ce type se réunissent souvent par une face r' avec pénétration réciproque après inversion de l'un d'eux (Voir sur la Figure les lettres renversées)

C'est le Gypse fer de lance des environs de Paris. La face plane est la face de clivage g^1 .

La densité est de 2,3.

La dureté = N° 2 du Tableau, rayable à l'ongle. Si l'on promène une plume sur la face g^1 parallèlement à l'intersection des faces P on a plus de difficulté à produire une strie que dans toute autre direction.

Les axes optiques sont placés dans le plan du clivage facile g^1 , leur bissectrice aigüe fait un angle de 37° avec une normale à h^1 . L'angle que font les axes est de 60° , mais si on chauffe cet angle se ferme de plus en plus et à 80° de température ils se réunissent et se confondent avec leur bissectrice aigüe.

Le gypse offre une transparence complète

Couleurs :

Blanc et Blond.

Insoluble dans les acides. Un peu soluble dans l'eau
1 partie dans 450 parties d'eau; la présence d'une petite quantité de
sel marin aide à la dissolution, si au contraire il y en a beaucoup il lui
nuît. C'est ce qui nous explique la présence de ces gros cristaux de
gypse que l'on recueille dans les salines.

À la chaleur, il blanchit ou perdant son eau s'exfolie,
les lames de clivage se séparent et se disposent comme les feuilletés d'un
livre entre ouverts. L'eau est éliminée à 125°.

Nous avons parlé de l'origine du gypse quand nous nous
sommes entretenus du soufre. (Voir § 214).

Les anciens connaissaient parfaitement le gypse, ils avaient
mis à profit la variété cristallisée, pour construire des ruches au moyen
des lames de clivage et étudier les mœurs des abeilles. Sa variété
fibreuse en a été parfois utilisée par eux dans l'ornementation. On
les trouve dans des fentes traversant les argiles des salines. Les fibres
sont toujours normales aux parois de la fente.

La variété saccharoïde est composée de cristaux incolores
eux, C'est la Pierre à plâtre.

La variété compacte est l'albâtre. C'est une pierre à
grain fin, se laissant très facilement travailler à raison de son peu
de dureté. À Volterra et à Florence on en façonne beaucoup de petits
objets artistiques.

Quand on cuit le Gypse à la température convenable, il
perd la plus grande partie de son eau. Si à cet état on le réduit en
poudre et qu'on le mélange d'eau, il reprend l'eau de combinaison que
le calorique avait expulsée, il se gonfle et reprend de la chaleur. Mais
si dans l'opération, qui a ainsi pour but de le déshydrater, l'on

dépasse la température voulue, il est brûlé et perd la propriété de reprendre son eau de constitution. Pline savait tout cela. Ce fut le statuaire Lysistrate qui proposa le premier de mettre le plâtre à profit pour le moulage des objets d'art.

Spath Fluor

Ca Fl

330. Cette dénomination de Spath nous apprend dès le début que nous avons affaire à une substance susceptible de se cliver facilement. Elle est très fusible et même employée quelquefois comme fondant dans la métallurgie. C'est un minéral que l'on rencontre fréquemment dans les filons où l'on exploite les métaux à l'état de chlorures ou plus souvent même de sulfures ou arseniures. Les couleurs sont très nombreuses, très variées. Les mineurs l'appellent Fleur des Filons.

Les variétés incolores sont rares, comme aussi les variétés très foncées presque noires. Entre ces deux extrêmes se placent toutes les teintes du spectre et on ne sait vraiment à quoi il faut les attribuer, car l'analyse ne peut y saisir de substances colorantes.

Il cristallise dans le système cubique. On trouve toutes les formes du système, bien que quelques unes restent à l'état rudimentaire. Le solide à 48 faces n'est qu'à l'état de facettes placées sur les angles.

Son clivage est multiple. Le minéral se divise dans quatre directions parallèles aux faces d'un octaèdre régulier. Si le placent dans les mâchoires d'un étai et frappant sur un couteau appliqué convenablement dans le sens présumé du clivage, on peut d'un cristal quelconque tirer un octaèdre régulier.

Réduit en poudre et placé sur une pelle un peu

chaude, il luit dans l'obscurité. C'est donc un minéral phosphorescent. La variété violette de Sibirie donne dans l'obscurité des lueurs vertes, cyanolucides, Eclair vireux.

Dureté: N° 4 du tableau des duretés

Densité: 3,19.

La variété bleuâtre du Cumberland vue par transmission paraît verte d'eau.

Traité par l'acide sulfurique hydraté dégage de l'acide fluorhydrique, propriété que l'on met à profit pour graver sur verre par un procédé identique à celui que l'on emploie pour graver sur cuivre au moyen de l'eau forte.

Il y a une variété concrétionnée: Ce sont des masses formées de couches successives diversement colorées que l'on prendrait pour des agates. On en façonne des vases qu'il convient de placer sous verre, même ils sont fragiles. On croit que c'est là la matière des vases Murehins, si célèbre dans l'antiquité; beaucoup d'archéologues les rapportent au Spath-fluor, d'autres à la Sardoine.

Une variété difficile à reconnaître est la variété compacte; elle ressemble beaucoup à la baryte sulfatée compacte. On peut faire l'essai qualitatif par le moyen de l'acide.

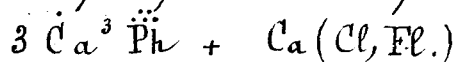
Le fluor et le chlore se sont dégagés à différentes époques des profondeurs. Sur l'emplacement de l'ancien marché aux chevaux on a trouvé dans du calcaire grossier des petits cristaux cubiques de Spath-fluor; On ne peut les attribuer qu'à des émanations de fluor d'origine profonde. Ce gaz continue encore à se dégager, car dans les Vosges il y a des sources thermales qui laissent déposer du Spath-fluor.

On a trouvé à Ehrenfriedersdorf en Saxe une masse cristallisée de Spath-fluor qui en réjouit singulièrement Haüy s'il avoit pu le voir. C'est un octaèdre formé entièrement de petits cubes rangés en lames en bords décroissants. C'est un exemple de décroissement.

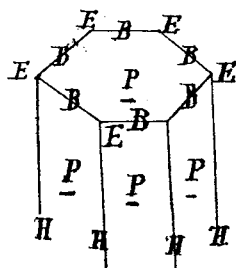
réalisée par la nature (Voir S-144)

M^r de Bouillon a signalé il y a longtemps une tige de crinoïde dont la moitié est calcaire, l'autre moitié en Spath - Fluor bleuâtre. On voit au Jardin des plantes quelques exemples de fossiles moulés en Spath - Fluor.

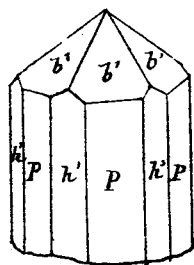
Chaux phosphatée ou Apatite.



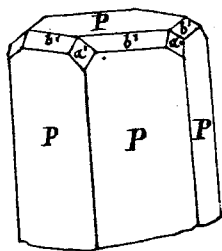
331. Isomorphe avec le Plomb phosphaté et le Plomb arsenié. Les cristaux décivent d'un rhomboïdre de 80°, 26'. Mais c'est le prisme hexagonal qui domine entre toutes les formes décivées. Aussi



Forme primitive.



quelques auteurs ont-ils à bon droit considéré ce prisme comme la forme primitive elle-même et les autres formes comme des décivées nées sans par troncature sur les éléments du prisme : angles et arêtes : P, b', h'. P, a', b'.



Il existe des clivages parallèles à la base et aux pans du prisme primitif ; les seconds sensiblement plus difficiles que le premier.

Densité ; 3, 2.

Durété N° 5 du tableau des durétés. C'est le plus dur de tous les composés à base de chaux. A l'état cristallisé ; et l'apatite à l'état vitreux. Elle provient

de Ehrenfriedersdorf (Saxe) Arendal (Norvège) de St Gothard, du Tyrol, etc. Couleurs variables verte, violette, jaunâtre suivant la provenance. Ces cristaux se rencontrent dans les roches cristallines, et même dans les roches volcaniques modernes.

Très difficilement fusible au chalumeau.

Soluble dans les acides.

Il y a des variétés amorphes = Variétés mamelonnées à cassure fibreuse (Amberg - Bavière) Variété compacte appartenant aux terrains sédimentaires : Leur poussière très phosphorescente. Dans l'extrémité près de Cruzillo, on en rencontre un amas de 7 à 8 pieds de large qui se prolonge sur plusieurs lieues de longueur.

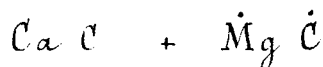
La variété terreuse abonde dans les terrains crétacés en particulier dans l'étage du Gault. Les couches où on la rencontre témoignent d'une mer peu profonde traversée par des courants. Ce sont souvent des rognons formés de phosphate de chaux et agglutinés par cette matière; on y reconnaît des coprolites de grands reptiles aquatiques et de grands poissons cartilagineux. Il y en a beaucoup en Angleterre et dans les Ardennes, où l'on exploite très activement ces phosphates pour la culture des céréales. Aussi recherche-t-on partout le niveau du gault. Il existe en France en ce moment plus de 50 exploitations réparties dans plusieurs départements. Le gault est même exploité dans ce but dans le S.E. de la France où il est très mince. Les rognons renferment 60 à 70% de phosphate de chaux de la composition des os c'est à dire tribasique. Les Anglais sont allés chercher ce produit jusqu'à Krageröe où il en existe un gîte, qu'ils ont exploité avec succès pendant nombre d'années et dont ils ont tiré plusieurs millions de tonnes.

Les os des animaux, disions-nous, sont composés de phosphate tribasique, mais ils renferment si peu de fluor qu'ils s'éloignent par ce côté de l'Apatite. Dans les dents il y en a davantage, mais pas assez encore pour constituer de véritables apatites. Les dents fossiles renferment au contraire beaucoup de fluor. Lassaing a trouvé dans les dents d'*Onoplosocium*. 57 de $\text{Ca}^3 \text{P}^2$ et 15 de Ca Fl et il en a conclu que plus les os sont anciens plus ils sont riches en fluorure mais il doit s'être glissé là une erreur car les dents de *Paleotherium* de Souabe ne renferment que des traces de fluorure.

Si l'on était embarrassé pour reconnaître l'Apatite l'on pourrait recourir au moyen suivant : Dissoudre à chaud dans l'Acide Azotique, et dans la liqueur concentrée verser une dissolution d'acétate de Plomb il se forme un précipité de Phosphate de Plomb qui se reconnaît aisément à ce caractère, que, chauffé au chalumeau, il donne un globule, qui lorsqu'il se refroidit, cristallise immédiatement, prend aussitôt sous les yeux de l'observateur la forme polyédrique.

Le phosphore que l'on rencontre dans l'Apatite a encore dans un très grand nombre de cas une origine profonde, ce qui le prouve c'est qu'on trouve du phosphate de chaux dans des gâtes où il ne peut avoir existé des animaux. En Laponie on le trouve à côté d'amas d'oxyde de fer, au Canada au milieu du Gneiss, au Cap de Gates dans des roches éruptives. Les filons d'Étain sont riches en apatite. Le Phosphore existe dans les Météorites. C'est un phosphore triple de fer de Nickel et de Magnésium qui forme des saillies linéaires sur la surface météoritique. Or comme il est démontré aujourd'hui que c'est de l'intérieur du globe que proviennent tous les éléments des météorites, on peut encore en conclure que le Phosphore a une origine profonde.

Dolomie



(Voir S 138 ce qui a été dit de cette substance)

332. Rhomboèdre primitif $106^{\circ}15'$. Tendence à reproduire la forme primitive. Le spath calcaire donne facilement cette forme par le clivage, mais offre une grande variété de formes dérivées, ici, au contraire peu de formes dérivées c'est la primitive qui est la dominante.

Les petits cristaux rhomboédriques sont souvent gauchés
(A faces terminales courbes)

On trouve cependant le rhomboëdre équiaxe b^1
 inverse e^1
 le prisme hexagonal e^2
 des scalénoèdres tels que d^2

Clivages toujours parallèles aux faces du rhomboëdre primitif
 (Courbes si faces terminales sont courbes) Ils sont moins faciles que
 dans CaCO_3 .

Densité 2,9.

Durété supérieure à celle de CaCO_3 qui est rayée par
 la Dolomie.

Éclat nacré - C'est le spath perlé.

Couleurs claires

Insoluble au chalumeau. Si l'on broie un fragment de
 dolomie dans un mortier d'agate, après avoir détrempé la poudre de
 quelques gouttes d'eau puis qu'on dépose sur un morceau de charbon la
 goutte suspendue au pilon, qui renferme la partie la plus ténue de
 la poussière, on obtiendra en desséchant ce dépôt, au moyen de la
 flamme du chalumeau, un enduit scoriacé. Si l'on mouille cet
 enduit, d'une goutte de nitrate de cobalt, et que l'on chauffe de
 nouveau pendant longtemps, au feu de réduction, on obtiendra une
 coloration rose, caractéristique de la Magnésie. (Voir p. 192, 6°)

Aux acides l'effervescence est lente; il faut la loupe
 pour apercevoir les bulles délicates de gaz carbonique qui se
 meuvent dans la goutte d'acide.

Variété saccharoïde. On peut en tirer des plaques fle-
 xibles, qui se désagrègent sous la pression du doigt.

Dans les Alpes on trouve des Dolomies cellulenses; ce sont
 des rochers, qui, de loin, simulent des ruines. Cargneule des
Alpes

Enfin la Dolomie prend parfois l'état terreuse. On la

Désigne alors sous le nom d'*Asche*, mot qui dans les langues du Nord, signifie Cendres.

La Dolomie cristallisée est un minéral de filon. La Dolomie saccharoïde se rencontre dans les terrains métamorphiques. Les variétés celluluses, compactes, terreuses, etc. forment des couches stratifiées.

La Magnésie peut être souvent remplacée par ses isomorphes, les oxydes de fer et de manganèse. C'est le minéral que les mineurs désignent sous le nom de *Spath brunissim* (*Braunspat*) très abondant dans les filons.

Les eaux de Lamalou (Aveyron) laissent précipiter de la Dolomie; ce qui nous apprend que ces eaux sont en relation avec des sources qui ont leur siège situé dans les profondeurs. On voit la Dolomie dans un grand nombre de filons et de gîtes métallifères. A Graverelle par exemple. Ces gîtes ayant une origine profonde, il en est de même de la Dolomie. En Silésie, près de Tarnowitz, dans un bassin de calcaire coquiller, on voit des masses calaminaires associées à des minerais de fer et à la Dolomie. On ne peut douter que ces dépôts de calamine n'aient une origine profonde, et par conséquent aussi, la Dolomie. En Belgique, la Dolomie est toujours associée à la calamine et à la galène. En France et en Angleterre, on trouve aussi fréquemment, ces associations de minerais de filon avec la Dolomie.

Natron

Na⁺ C⁻ + 10 H

333 C'était autrefois un minéral très recherché. On allait l'empêcher au sol de la basse Égypte, aux bords des lacs appelés *Natrons*. C'est le résultat de la réaction du Carbonate de Chaux sur le sel marin. On le trouve également en efflorescence dans les cellules des laves modernes, et dans bon nombre de

sources minérales :

La présence de l'acide carbonique est bien vite découverte au moyen d'une goutte d'acide ; on reconnaît non moins facilement la présence de la soude à la coloration d'un jaune intense que ce sel communique à la flamme.

Le natron a d'ailleurs une saveur caustique toute spéciale.

Depuis la découverte de Leblanc, ce sel est préparé artificiellement au moyen du sel marin.

Sel gemme

Na Cl.

334. Tous les chlorures se reconnaissent facilement au Eblanc. Il suffit de les fondre avec du sel de phosphore auquel on a ajouté de l'oxyde de cuivre. La flamme prend une coloration bleue mélangée de vert.

Les usages économiques du sel marin sont bien connus ; ajoutons : préparation de l'acide chlorhydrique ; du chlore ; fabrication de la soude du commerce, du savon, du verre ; procédés d'amalgamation, de teinture, etc. Cette substance est d'une telle importance, que les alchimistes, la considéraient comme un des trois principes du grand art (Sel, Soufre, Mercure).

Des propriétés géométriques et physiques sont aussi très intéressantes. Il cristallise sous les formes dérivées du cube. On peut s'en assurer facilement en mettant du sel de cuisine dans de l'eau, et abandonnant la liqueur à l'évaporation spontanée. On ne gagnerait rien à faire chauffer l'eau, car il est presque aussi soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude. Si l'on ajoute des lames de gypse, les cristaux en deviennent plus beaux. Il en est de même si l'eau est trouble. Pourquoi ? Je ne sais.

L'on obtient alors des cubes, des octaèdres ou des dodécèdres rhombodraux; c'est à dire, les trois formes les plus simples du système cubique.

Il est clivable parallèlement aux faces du cube primitif; plus facilement encore, s'il est possible, que le spath d'Islande.

C'est de tous les corps de la nature, le plus perméable à la chaleur rayonnante. De même qu'un rayon naturel de lumière n'est pas homogène, mais résulte de la superposition de rayons de teintes diverses, qui possèdent chacun des indices de réfraction différents, de même aussi, les rayons de chaleur possèdent des réfrangibilités diverses. Les substances transparentes colorées retiennent ces radiations, laissent passer les unes et arrêtent les autres. Le sel gemme les laisse toutes passer également; c'est le corps le plus transparent pour la chaleur que nous connaissons; aussi les beaux cubes de sel gemme sont-ils très recherchés par les physiciens, pour les expériences, sur la chaleur rayonnante.

Densité 2,2.

Durété à peu près égale à celle du gypse.

Transparent, Moins-réfringent.

Incolore. Parfois présentant des couleurs accidentelles.

Rouge vif, bleu d'azur, violet. Ces teintes ne tiennent pas à la présence de particules métalliques; car à l'analyse, on ne trouve jamais que chlore et sodium.

La chaleur et les autres agents physiques, modifient ces teintes sans changer le poids de l'échantillon; il faut donc leur attribuer à des états moléculaires particuliers, peut-être à des teintures chimiques en quantité inappréciable.

Facilement fusible.

Avec l'acide sulfurique hydraté, donne de l'acide

chlorhydrique. Si au dessus du verre où l'on fait l'expérience, l'on débouche un flacon d'ammoniaque, on voit voltiger des filaments de chlorhydrate d'ammoniaque.

Le sel gemme se présente encore à l'état lamellaire et à l'état grume.

335. Le sel gemme se rencontre dans tous les terrains de sédiment; non pas, sous forme de couches; mais sous celle, de grandes lentilles, comme le gypse et l'anhydrite, ses fidèles compagnons. On l'observe, quoique plus rarement, dans les laves.

Le sel gemme a été exploité dans les couches siluriennes des Etats-Unis. On l'a signalé dans le terrain carbonifère de Chine; dans le terrain pénién à Halle et à Stassfurt; dans le Trias en France, en Angleterre et dans les Alpes autrichiennes. En France, le terrain salifère a 400 Kilomètres carrés de surface sur vingt mètres d'épaisseur moyenne; ce qui fait huit milliards de mètres cubes. Nous pourrions suffire aux besoins de l'Europe toute entière pendant 70 siècles. On a signalé encore le sel gemme dans le terrain crétacé d'Espagne; il en existe une masse considérable à Cardona; cette masse qui subit l'action des pluies depuis des siècles, porte des rides et des sillons à sa surface; mais n'a pas diminué sensiblement, depuis la description que nous en a laissée Pline. On rencontre encore le sel gemme dans les couches tertiaires de la Pologne Autrichienne. A Wieliczka par exemple, mine aujourd'hui bien menacée, par suite de l'invasion des eaux, et qui offre aux géologues voyageurs l'un des plus beaux spectacles, que l'on puisse imaginer. L'on pouvait y cheminer l'espace de 86 mille allemands, en parcourant les puits ou galeries.

L'extraction s'élevait à un million de Quintaux
(50 livres) (900 Ouvriers)

La tradition dit que c'est à Kunigonde femme de Boleslas V que l'on doit la découverte des salines de Bochnia et par suite de celle de Wieliczka. Cette princesse dont la mémoire est très respectée en Pologne aurait jeté son anneau dans une source salée en Hongrie et celui-ci aurait été retrouvé dans un bloc de sel gemme à Bochnia. L'on est libre bien entendu de ne pas croire à ce récit. Il existe dans les salines de Wieliczka des excavations ayant la forme d'immenses salles. On y voit de beaux, des arceaux, des niches, des statues taillées dans le sel gemme. Ces ampoliticités à parois miroitantes, éclairées par des feux de Bengale offrent l'un de ces spectacles que l'on ne saurait décrire. La salle Mikalowitch a fourni du sel pendant 114 ans.

Le sel gemme existe en efflorescence à la surface des steppes qui s'étendent entre la mer Caspienne et la mer d'Azov (Ces deux mers n'ont-elles pas été autrefois réunies?) - On marche pendant plus de huit jours sur le sel gemme. Dans la province d'Arzakhan il existe 100 petits lacs qui se dessèchent en et fournissent beaucoup de sel. On en recueille aussi beaucoup sur les bords de quelques lacs du Texas. Dans certaines parties de la Perse on se sert du sel gemme comme de pierre à bâtir, pour construire les murs de clôture, destinés à limiter les propriétés. Le Lac de Lagrès en Algérie se couvre de sel gemme pendant l'été. On dirait vraiment que l'eau s'est congelée!

Baryte sulfatée
BaS

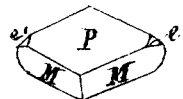
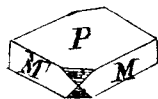
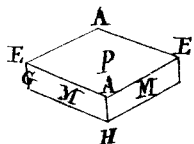
336. C'est encore un minéral de filon, tout à fait insoluble dans l'eau et que cependant l'on n'a pu reproduire que par la voie humide. Elle est très souvent nettement cristallisée.

en permet d'étudier le plus grand nombre des formes, qui dérivent d'un prisme rhomboïdal droit. Aussi les premiers cristallographes, et Romé de l'Isle en particulier se sont-ils occupés avec un intérêt tout particulier de cette substance, dont ils ont décrit très fidèlement les formes. Le prisme fondamental de la Baryte sulfatée est le chef de file d'une série d'autres prismes très voisins caractéristiques d'autres substances.

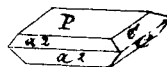
Ba \ddot{S}	Baryte sulfatée.....	M/M	101°, 42'
Str \ddot{S}	Strontiane id.....	M/M	103°, 58'
Ca \ddot{S}	Chaux sulfatée (anhydre). M/M		100°, 8'
Pb \ddot{S}	Plomb sulfaté.....	M/M	101°, 11'

Les formes dérivées sont-avoués - nous dit - très nombreuses et se rattachent à trois types

1° *Forme primitive* — Cette forme peu modifiée sur les angles A et E (Facet α et ϵ^1)

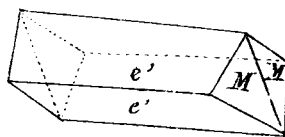
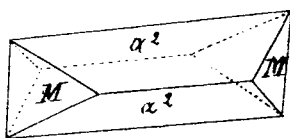


2° *Forme primitive* passant au 7^eisme droit à base rectangle par troncature sur H et G - et ce même prisme portant les facettes dérivées α^2 et ϵ^2 facettes déjà citées



3° Ces facettes α^2 et ϵ^2 prennent leur développement complet apparaissant sous formes de zones combinées avec les

plane - du prisme primitif.



Les clivages sous-parallèles aux faces de la forme primitive

Durété Entre Spaths d'Islande et Spaths Fluor.

(Densité 4,5 — C'est le Spaths pesant (Schwergath)

des mineurs allemands — Cette densité est pour ainsi dire anormale sans une substance qui a telles pierres). Aussi l'étonnement que l'on éprouve quand on cherche à soulever un échantillon de Baryte sulfatée, à raison de cette pesanteur spécifique, à laquelle on ne s'attendait pas, cet étonnement, disons-nous, peut être considéré comme caractéristique de l'espèce.

Couleurs claires, blanche, jaune légèrement brunâtre
Eclat vitreux.

Pour observer les anneaux colorés dans la raie à tourmaline. Il faut tailler une lame à faces parallèles à H^1 ; le plan des axes est donc g^1 (Magnifique phénomène); décrite et fond assez difficilement au chalumeau — facilement si on ajoute du Spaths-fluor. La poussière humectée d'une goutte d'acide chlorhydrique colore les flammes en vert-pâle; surtout si on a eu soin de chauffer pendant quelque temps, la poudre au feu de réduction (pour la transformer en sulfure).

Insoluble dans l'eau et les Acides — Aussi les chimistes disent-ils toujours tous les composés où il entre du soufre à l'état de sulfate de Baryte.

Se rencontre à l'état lamellaire, grenu, sous forme de baguettes, de fibres, de concrétions.

337. Ce fut un cordonnier de Bologne qui attira le premier l'attention des savants sur cette pierre. Il remarqua que si on la grille avec des substances combustibles elle devient phosphorescente. La variété globuleuse rare des environs de Bologne se prête très bien à ce genre d'expérience. On l'a souvent appelée *Phosphore de Bologne*.

Les emplois de la Baryte sulfatée sont inavouables. C'est un élément de fraude : on la mélange à la Céruse (Carbonate de Plomb), à la pâte du papier destiné à être pesé avec des denrées coloniales, afin de la rendre plus pesante.

La baryte sulfatée est très souvent de gangue à la galène. (Plomb sulfuré) Pour séparer le minerai d'avec sa gangue il suffit d'exposer les produits de l'extraction à une chaleur modérée : La Baryte sulfatée décèpille et se réduit d'elle même en poudre, le minerai reste en gros grains ; on fait la séparation au moyen du tamis.

Strontiane sulfatée

$\text{Sr } \ddot{\text{S}}$

338. Grande ressemblance d'aspect avec la Baryte sulfatée. Le Cristal primitif est très voisin de celui de la Baryte sulfatée et l'on rencontre les mêmes formes dérivées et les mêmes clivages.

Il y a cependant bien des moyens de distinguer ces deux espèces. Si les pans du cristal primitif sont visibles on mesure leur dièdre.

$$\begin{aligned} \text{M} \text{ M} &= 101^\circ 42' \text{ dans } \text{Ba } \ddot{\text{S}} \\ \text{M} / \text{M} &= 103^\circ 58' \text{ dans } \text{Sr } \ddot{\text{S}} \end{aligned}$$

Les clivages qui existent suivant M permettent de recourir à ce moyen, si ces faces n'existaient pas ($2^\circ 16'$ de différence)

La densité est inférieure à celle de Ba $\ddot{\text{S}}$ 39 au lieu de 40

La Sr $\ddot{\text{S}}$ humectée d'une goutte d'acide chlorhydrique

colore les flammes en rouge pourpre, surtout si on l'a chauffée au préalable au feu de réduction. Cette propriété est mise à profit dans la fabrication des pièces d'artifice, qui doivent donner des feux rouges et tel.

A Girgenti et à Caltanissetta, c'est le compagnon du soufre.

Corindon

Ä

339. Ou alumine pure. Après la silice et l'eau, l'Alumine est de toutes les substances de la nature la plus abondamment répandue à l'état de combinaison. A l'état libre au contraire elle constitue une pierre gemme du plus grand prix et par conséquent assez rare; car il faut bien le dire, les pierres que l'on est convenu d'appeler précieuses réunissent en effet un certain nombre de qualités naturelles; éclat, belle coloration, dureté, transparence &c. mais elles doivent à tout cela ajouter une condition de plus; la rareté.

L'Alumine est la base de l'argile, qui aujourd'hui peut être considérée comme le minerai d'un métal très léger l'Aluminium. L'Alumine est donc une base. Elle joue aussi quoique plus rarement le rôle d'Acide: Il y a des aluminates comme il y a des silicates.

On rencontre dans la nature des aluminates de Magnésie, de protoxyde de fer, de protoxyde de zinc etc, tous ces composés satisfont à la formule

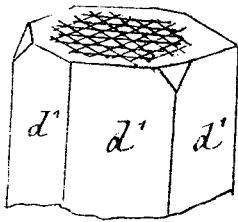
R Ä

Ils cristallisent tous dans le système cubique avec une préférence marquée pour l'octaèdre. Ce sont des Spinelles. Toute substance dont la composition est du type R Ä est un spinelle et cristallise dans le système cubique.

Nous ne citerons que le fer oxydulé Fe Ä.

340. Le Corindon $\overset{\dots}{\text{Al}}$ comme le peroxyde de fer $\overset{\dots}{\text{Fe}}$ cristallise dans le système rhomboédrique.

Le rhomboédre primitif est un rhomboédre aigu c'est à dire à dièdres culminants (arêtes B) aigu - $86^{\circ}, 6$. Ses formes dérivées sont très différentes de celles du quartz. Dans le quartz on rencontre toujours le prisme hexagonal aux angles latéraux e^2 ; ici le prisme hexagonal aux arêtes latérales d^1 est le plus commun. Dans le quartz



les scalénoédres sont toujours dédoublés, ici on en trouve donc la notation sous de la forme d^1/m d^1/n b^1/p et tels que l'on ait toujours

$$\frac{2}{m} = -\frac{1}{n} - \frac{1}{p}$$

Exemples d^2 $d^{1/2}$ b^1 ; d^1 $d^{1/7}$ $b^{1/5} = l$

Ces scalénoédres deviennent alors des doubles pyramides à base hexagonale des isocéloédres.

Ces solides sont d'ordinaire basés par addition de la face a^1 .

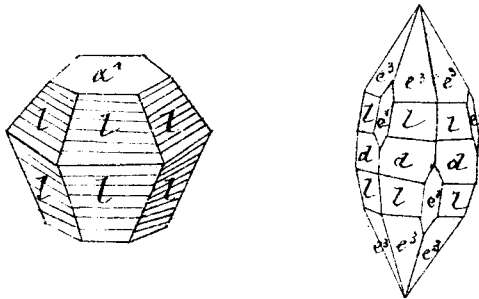
La face a^1 présente bien souvent trois systèmes de stries parallèles aux trois directions

des côtés d'un hexagone régulier. Il existe des clivages peu marqués parallèles aux faces du rhomboédre primitif et à la face a^1 . Ces clivages sont cependant bien marqués dans le Corindon adamantin;

La dureté est représentée par 9; celle du diamant l'étant par 10. L'on ne connaît aucun minéral offrant une dureté intermédiaire entre ces deux espèces.

Voilà donc un caractère décisif.

La densité est très considérable 4,00. Celle du Diamant



3,5)

Transparent, translucide, élastique vitreuse.

Sorte de pierres gemmes du plus grand prix. Il y a des Corindons blancs - C'est le Saphir blanc mauvaise dénomination car l'expression de saphir implique une pierre bleue.

- Rouge cramoisi - C'est le rubis oriental. Si on le place entre les pinces à tourmalines de manière à ce que les faces à l'touchent les lames on aperçoit une série d'anneaux colorés traversés par une croix noire.

(Moyen de distinguer le rubis oriental cristallin sous la forme du $\text{S} \text{M} \text{S}$ d'avec le spinelle rouge ou rubis bataïk $\text{M} \text{g} \text{Al}_2$ qui cristallise sous la forme d'un octaèdre régulier et qui dès lors est monoréfringent.)

Corindon jaune - Copaze orientale

Corindon bleu - Saphir oriental

Corindon vert - Émeraude orientale

Corindon violet - Améthyste orientale.

Malgré cette variation de teintes l'analyse ne peut saisir aucune trace de matière colorante.

Infusible au chalumeau.

Il y a une variété que l'on désigne sous le nom de Corindon adamantin. La transparence est disparue ; mais les clivages sont très sensibles. Ces corindons présentent des teintes bronzées très sensibles, lorsqu'ils sont polis. On y trouve très bien marquées ces stries de la face A^1 . En projetant sur cette face une lumière un peu vive, l'on y aperçoit par réflexion, le phénomène de l'astérie (§ 181)

Le corindon existe à l'état compacte, il ressemble alors au silex, moins la dureté, et l'on n'y trouve plus trace de clivage.

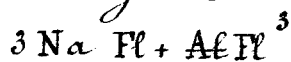
341. Il y a une variété de corindon à texture graine, offrant des teintes sombres, qui résulte d'un mélange d'Alumine avec des grains métalliques de peroxyde de fer. C'est l'Emeri. Remarque l'association de ces deux substances isomorphes. Cette variété est très recherchée dans l'Industrie on sa direction est mise à profit pour polir les substances les plus dures. Elle provient de l'île de Naxos. C'est un des revenus du royaume de Grèce. Il y en a aussi des gîtes importants dans l'île Mineure à Mula, et à Smyrne. Voyez l'importance de la Minéralogie. Les Américains qui sont cependant des hommes pratiques, avaient jusqu'en 1866, foulé en les dédaignant des gîtes d'une manière brutale, qu'ils avaient pris pour un mauvais minerai de fer. C'était cependant de l'Emeri, que nous avons vu pour la première fois figurer à l'exposition universelle de 1867; sous des étiquettes américaines. Aujourd'hui, l'Amérique qui était obligée d'emprunter à l'Europe ce minéral, l'expédie dans le monde entier.

Le corindon se rencontre dans les roches massives anciennes, tout au plus, dans les couches schisteuses qui représentent les plus anciennes couches sédimentaires. On le recueille dans l'Inde, le Thibet et la Chine. On en trouve également dans la Haute Loire, au ruisseau d'Espailly; mais si dans cette localité on l'observe dans des roches volcaniques, c'est que les cheminées par lesquelles ont été rejetés ces produits, sont ouvertes dans des terrains anciens, et que ces roches éruptives ont apporté avec elles des fragments des parois du conduit, qui les a elles-mêmes amenées au jour.

M. Gaudin a cherché et a réussi à faire du Corindon en fondant de l'alun ammoniacal au chalumeau, à double courant d'oxygène et d'hydrogène. L'Alun est entièrement décomposé; l'alumine seule reste et cristallise; en y ajoutant un

peu de chromate jaune de potasse, on obtient un véritable rubis. Ebelmen a employé une autre méthode. Pour faire cristalliser l'Alumine à haute température, il s'est servi du moyen habituellement mis en pratique, pour faire cristalliser à basse température et par évaporation, les sels solubles. L'acide borique fondu, lui a servi de dissolvant pour l'alumine. L'acide est éliminé, et l'alumine cristallise.

Cryolite



342. Voilà un nom bien expressif et parfaitement choisi, qui signifie pietre de glace. C'est un minéral d'aluminium. Un marin danois apporta en 1795 à Copenhague le premier échantillon de cette substance. La cryolite fond à la flamme d'une bougie. Elle coule alors comme serait un morceau de glace. Ce minéral a été très longtemps assez rare: on ne le trouve que dans le fond de golfes très profonds du Groënland. M^r Deville a eu l'idée d'employer ce minéral pour remplacer le chlorure d'ouble d'Aluminium et de Sodium, qu'il avait appris à composer de toutes pièces, pour la préparation de l'aluminium.

Il possède trois clivages bien nets, que l'on avait eû rectangulaires entre eux; mais M^r des Cloizeaux, dont le nom a déjà été si souvent cité ici, a montré qu'en vertu des propriétés optiques, il fallait rapporter les cristaux à un prisme dissymétrique, et que les clivages n'étaient pas en réalité rectangulaires.

Dureté de la chaux carbonatée

Densité 2,95

Blanc de neige
Eclair vitreux

On trouve dans l'Oural un minéral qui ne diffère de celui-ci que par les proportions de fluorure d'Aluminium. Aussi facilement fusible que lui; c'est la pierre de neige *Chiolite*



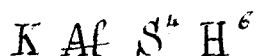
Alunites

343. On donne ce nom à toutes les roches qui fournissent directement l'Alun. Pour cela il suffit de les calciner, puis de les laisser pendant quelques mois exposés aux actions atmosphériques en y aidant par des arrosages fréquents. En broyant ces masses effleurées et lessivées à chaud, l'alun se sépare de la liqueur et cristallise.

L'Alunite est donc la mine d'Alun. On pourrait dire même que c'est un produit du sommeil volcanique. En effet nous avons dit que lorsqu'un volcan rentre dans le calme il continue à rejeter de l'eau et de l'acide sulfurique qui se transforme en $\ddot{\text{S}}$ et en $\ddot{\text{S}}$, lequel attaque les roches volcaniques et par conséquent feldspathiques du conduit. Il en résulte des sulfates d'Alumine et d'Alcali c'est à dire des sels qui renferment les quatre éléments de l'Alun, Alkali, Alumine, Acide sulfurique et eau (Rappelons que la formule des aluns est calquée sur celle du feldspath Orthose $\ddot{\text{K}} \ddot{\text{S}} + \ddot{\text{R}} \ddot{\text{S}} + 24 \text{H}$). Cette histoire de l'origine des Alunites nous apprend que l'on n'a point affaire à un minéral défini, car ces roches sont des produits plus ou moins avancés de la décomposition amenée par des vapeurs acides, du feldspath de roches d'épanchement et en particulier du *Trachyte*.

Alunite.

344. Cependant l'espèce paraît exister exceptionnellement sous forme de petits rhomboédres presque cubiques ($89^{\circ} 10'$) qui tapissent les cavités des trachytes. Ces cristaux ont une composition qui peut se traduire par la formule suivante :

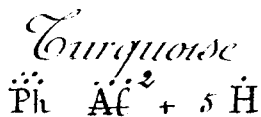


Mais d'ordinaire c'est une substance sans composition fixe, d'aspect pierreux ou à structure un peu fibreuse de couleur grise ou rougeâtre. À cet égard l'alunite ressemble à la pierre meulière. Elle s'en distingue cependant par la dureté. La pierre meulière fait feu au briquet tandis que l'Alunite est rayée par l'acier.

Les plus belles carrières sont celles de la Colfa près de Civita - Vecchia. On exploite aussi cette roche dans la Haute - Hongrie près de Muzay et de Derezaz ou l'on en fabrique des meules de moulin; en Algérie, au mont Dore, au pic du Sancy. Nous citerions ainsi tous les anciens sols volcaniques, rentrés aujourd'hui dans le calme. Autrefois il fallait aller puiser à ces sources pour se procurer de l'alun assez pur, pour se prêter aux opérations délicates de la teinture; mais aujourd'hui, l'on est parvenu en France à fabriquer de toutes pièces des aluns, qui ne laissent rien à désirer.

345. Certains schistes aluminés renfermant de la pyrite de fer se prêtent aussi à la fabrication de l'Alun par la transformation du soufre de la pyrite en S^4 , on les désigne souvent sous le nom de schistes alunifères.

Un mot de la



346. C'est un phosphate d'alumine contenant toujours un

peu de chaux et de cuivre. Colorée en bleu par du cuivre. Pas de cristaux. Éclat de la Cite. Colore les flammes en bleu. Le centre d'importation est Moscou. Le major Mac-Donald a exposé à Londres en 1851 une magnifique collection de Turquoises, dont quelques unes atteignent la grosseur d'une noisette, elles provenaient des déserts de l'Arabie.

Plus dure que le verre; mais rayée par le quartz
Soluble dans les Acides.

Une turquoise que l'on fait passer trop brusquement du froid au chaud, ou d'un air humide à un air sec, se tue, c'est à dire verdit. N'est ce point là l'origine de cette croyance populaire qui prête à la turquoise la singulière propriété de verdir quand un événement fâcheux survient dans une famille? M^r de Kobell, qui est un chasseur de chamois des plus expérimentés, nous apprend que la turquoise a encore la propriété, de protéger le chasseur contre le venin!!! Les chasseurs Tyroliens portent tous au doigt une bague ornée d'une turquoise.

L'on rencontre dans les terrains les plus récents, des os et des dents de Mastodonte et de Dinotherium, pénétrés d'infiltrations cuivreuses, qui simulent presque complètement la turquoise. On les rencontre dans le Sud de la France (Gers) dans l'Argovie (en Suisse). En Sibirie, les dents de Cammouths colorées également par le cuivre, offrent les mêmes apparences. C'est la Turquoise de nouvelle roche, par opposition à la Turquoise d'ancienne roche qui est la véritable.

Minerais Métalliques (la plupart d'ores de l'éclat métallique)

O. r A u

347. L'or cristallisé dans le système cubique, sous forme d'octaèdre, de dodécaèdre rhomboïdal, de trapézoèdre. Les cristaux sont très-petits en groupés de manière à former de petites lamelles, des fibres & des filaments. On le rencontre aussi en masses amorphes appelées pépites.

C'est un métal bien reconnaissable à sa grande densité: 19,3 à 19,6. Le platine seul a une densité voisine et il est blanc, tandis que l'or est d'une couleur jaune.

Il est plus mou que l'argent.

Il est inutile de dire que c'est un métal cher; mais sa grande malléabilité et son extrême ductilité, sont pour ainsi dire un remède à son prix. On a calculé qu'avec l'or, qui entre dans une pièce de 20 francs, on pourrait rigoureusement dorer une statue équestre. De tous les métaux usuels c'est encore celui qui développe au soleil le plus de surface polie; bien manifeste de sa ductilité, puisque c'est le plus précieux.

Sa couleur est le jaune, le jaune verdâtre s'il renferme de l'argent ou du palladium.

Il est inattaquable aux acides, très-facilement fusible au chalumeau.

Sa gangue ordinaire est le quartz, parfois la pyrite de fer. Il est toujours à l'état natif. Il est parfois répandu dans sa gangue en grains si fins qu'il faut la loupe pour l'apercevoir ou même traiter la roche réduite au préalable en poudre par le Mercure. Un minerai qui renferme $\frac{1}{200,000}$ d'or, est exploitable.

348 En Europe on trouve l'or répandu dans des pyrites en Hongrie et Transylvanie. - Chemnitz, Magurka, Vorospatak, Nagagay

Mais on va surtout le chercher dans les sables qui proviennent de la désagrégation de sa gangue. L'Autriche charrie de l'or (auri gera); depuis le 7^e siècle on exploite ainsi le sable du Rhin, depuis Bâle jusqu'à Mannheim et l'on en extrait annuellement un poids d'une valeur de 45,000 ₣. En Transylvanie, on le trouve dans le lit de l'Aranyos (le Doré, el Dorado.) Il y a des laveries sur les bords du Danube & de la Theiss. En Bavière, laveries peu importantes. Dans l'Oural près de Catharinenbourg, les laveries ont produit en 1842, 18,000 livres d'or. Quelquefois, on a la bonne fortune de trouver des pépites. On en voit au musée du corps des mines à Pétersbourg du poids de 4,5,9 kilogrammes. Un jour en démenageant, un ouvrier russe enfoua sa hache dans une pépité du poids de 32 kilogrammes. On a fait beaucoup d'expéditions en Russie pour découvrir de nouveaux gisements d'or, quelques unes sont restées sans résultat, d'autres ont réussi, (1842), dans le Gouvernement de Jeniseïsk en particulier. Celui qui trouve un gîte aurifère doit le déclarer et il en obtient l'exploitation pour 12 années. Les gîtes de l'Oural ont été découverts en 1819, ceux de Sibérie en 1829.

La Chine & le Japon sont très riches en or. On en trouve également à Sumatra à côté des pierres précieuses. On l'a découvert aussi à Bornéo et il ne serait pas impossible que la richesse du Sud de l'Asie égale celle de l'Amérique.

Dans l'antiquité, l'Afrique passait pour un pays essentiellement aurifère, en particulier l'ancienne Éthiopie, l'Abyssinie et la Guinée.

De nos jours, les exploitations de la Californie et de l'Australie ont pris en Amérique une importance qui efface celle des exploitations du Mexique, du Chili et du Brésil. C'est à un chef d'atelier nommé Marshall que l'on doit la découverte de l'or en Californie (1848). Il faisait à la fin de Mai creuser un Canal destiné à amener les eaux

a une science mécanique, quand il observa des traces incontestables d'or. Au commencement de l'Automne, 5,000 travailleurs étaient déjà réunis sur ce point, chacun d'eux gagnant 1,000 dollars. L'année suivante ce n'était plus 5,000 chercheurs, mais 50,000 qui étaient accourus sur ce point. Bien peu d'entre eux se sont enrichis, car les objets de première nécessité, nourriture et vêtements avaient pris tout de suite une valeur énorme. Une livre de viande se payait jusqu'à 7^{fr}.50 et un petit verre d'eau de vie jusqu'à 4^{fr}.. La journée d'un travailleur était estimée 65^{fr}.. Aussi la misère sévissait-elle d'une manière bien cruelle dans cette population et des centaines de travailleurs décimés par les fièvres périssaient tous les jours sur les rives de San - Sacramento, privés de tout secours. Production annuelle 50,000,000 de dollars.

Les gîtes d'Australie sont aussi très riches et en particulier ceux de la Colonie Victoria. On y a trouvé des pepites gigantesques, l'une d'elles pesait 27 livres une autre 134 livres. Production annuelle 80,000,000 de dollars.

M. Zippe estime à 4,000 quintaux le poids d'or annuellement extrait, dans toutes les parties du monde. L'histoire nous apprend que bien des pays réputés comme riches en or sont aujourd'hui devenus improducteurs. On a calculé que Salomon pour la construction du temple de Jérusalem avait mis en œuvre 7,500 quintaux d'or en qu'Opbit (ou pense que c'est l'ancien nom de Pegu - Indes anglaises) en fournissait annuellement 8,600 quintaux. Sous les Consuls à Rome, le Trésor public a contenu à plusieurs reprises 7,500 quintaux d'or. L'Espagne passait à cette époque pour en renfermer des amas inépuisables. L'Italie, la Grèce et l'Égypte avaient aussi cette réputation. Chez les Perses, ce métal était si commun que les armes et les mors de la cavalerie étaient d'or. D'après Hérodote, les esclaves éthiopiens portaient des chaînes d'or et chez les anciens grecs il y avait des statues en pied entièrement d'or.

349. La disparition de l'or dans toutes ces contrées s'explique par l'avidité avec laquelle il a été recherché partout où il a été rencontré. Sous les rois d'Égypte les prisonniers et les condamnés sans cesse enchaînés étaient contraints à travailler nuit et jour aux mines d'or. Les Athéniens en étaient si avides que le bruit s'étant un jour répandu que l'on avait vu de l'or sur le mont Ilymette en la possession des belliqueux Cécrops, ils prirent aussitôt les armes et leur livrèrent bataille, mais après la lutte on ne trouva pas trace d'or.

Les Romains ne l'estimaient pas moins. Tarquin l'Ancien portait une tunique d'or (Attalica) en 200 ans avant notre ère, l'usage était à Rome de se poudrer le visage avec de la poudre d'or. En a vu cela à Paris il y a peu d'années encore.

Les plus anciennes monnaies d'or ne remontent pas à plus de 500 ans avant J.C. La dorure au mercure remonte aussi à une date très ancienne, mais inconnue.

350 Pour faire l'essai des alliages d'or et de cuivre (monnaies, bijoux...) le plus expéditif est de recourir à la pierre de touche (jaspe noir). On a des aiguilles d'alliages gradués d'or et de cuivre et en les frottant sur la pierre on obtient diverses teintes, on frotte également sur la pierre l'objet à essayer et on compare la nuance de cette trace avec celles précédemment obtenues; la composition est celle de l'aiguille qui a donné même teinte.

351. *Syvanite* et *Nagyagite*. — L'or graphique ou syvanite $(Ag Au) Te^2$ et le minéral foliacé ou Nagyagite $(Pb Au)^2 (S, Te, Sb)^3$. On le voit, l'or est accidentellement associé au Tellure. Ces deux minéraux appartiennent à la Transylvanie, on ne les a jamais trouvés qu'à Zalathana Nagyag & Offenbanya.

Platine

Pl

352. Il est probable que ce métal a été connu des anciens, car à

côte de l'or, ils font mention d'un métal grisâtre de la densité de l'or. Mais ils l'avaient négligé. C'est un géomètre espagnol don Ulloa, qui dans un voyage scientifique qu'il fit aux bords du fleuve Pinto (Nouvelle Grenade) a découvert de nouveau ce métal. Il fut examiné par W. Oston ainsi que par De Beffe Directeur de la monnaie de Stockholm, qui lui trouva toutes les propriétés de ce métal précieux on l'appela Or-blanc, mais le nom de Platine (de l'Espagnol Plata-argent) qui lui avait été donné par les mineurs de la Nouvelle Grenade lui est resté.

Ce métal possède deux qualités précieuses. Il résiste aussi bien que l'or à tous les agents chimiques, mais de plus et ce n'est pas le cas de l'or, il est infusible aux températures les plus élevées. C'est cette propriété qui le fait rechercher des chimistes, pour en fabriquer des capsules susceptibles de ne pas s'altérer sous l'action des acides ou des alcalis et de résister cependant aux feux les plus violents.

Il est plus dur que l'or. C'est de tous les métaux le moins dilatable par la chaleur. Il est toujours à l'état natif, jamais cristallisé. Sa densité est supérieure à celle de l'or, quand il est parfaitement martelé elle s'élève à 21,4. En revanche sa couleur est moins agréable que celle de l'or et de l'argent, elle est d'un gris d'acier. Ces gisements sont ceux de l'or. Il se présente en petits grains, petites écailles, quelquefois en fragments isolés d'un poids considérable. Les principales centres d'exploitation sont ceux de l'Amérique du Sud & l'Uruguay. Dans l'Uruguay on a trouvé des pepites du poids de 5 & 10 Kilog. Depuis la découverte de ce métal dans cette contrée (1819) on en a extrait 300 quintaux métriques. De 1824 à 1834 il a été monnayé en Russie et on en a frappé pour 10,000,000 de francs environ. L'Etat achète la platine aux particuliers. C'est la famille Demidoff qui possède les plus belles exploitations, mais depuis 1845 ces monnaies ont été retirées. Il existe quelques gîtes de Platine à Bornes. Il y'en a des traces

en France dans le Département de la Charente, & en Espagne.

A raison de son infusibilité, c'est un métal très difficile à travailler, mais il possède comme le fer la propriété de se souder à lui-même à une température élevée, sous le choc répété du marteau. Il faut donc l'amener par le martelage de l'état divisé (éponge de Platine) à celui de plaque ou de baguette. Aussi y a-t-il près de 150^l de différence entre la livre de platine travaillée et la livre brute.

Le Platine renferme presque toujours d'autres métaux précieux. L'Iridium et l'Osmium d'Iridium, le Palladium, le Rhodium et le Ruthenium.

L'Iridium est le plus pesant des corps : sa densité est de 24 sa ductilité égale à celle du Feldspath.

Minerais d'Argent.

353. Le Platine se présente toujours à l'état natif. C'est aussi à cet état que l'on rencontre presque toujours l'or. Il n'en est pas ainsi de l'argent qui assez rarement s'offre à nous, à l'état de pureté, mais d'ordinaire à celui de combinaison.

Argent natif

A g.

354 Les Cristaux sont peu discernables. Ils forment des filaments, des lamelles, des masses ramuleuses. On observe aussi des grains délicés semés dans une gangue; cependant à la loupe on reconnaît dans tous ces cas des cristaux du système cubique en particulier l'octaèdre. — Clivages ?

Dureté : à peu près celle du Calcaire.

Densité : 10 - 11. Et l'état de pureté absolue 10,52.

Il est blanc, mais sa surface est presque toujours couverte d'un enduit brunâtre ou noirâtre dû à l'action de l'acide H₂S.

Facilement fusible

Soluble dans H_2O et si l'on ajoute un chlorure quelconque, on fait naître un précipité caséux, qui de blanc qu'il était, devient, puis noir. (Photographie).

On n'en trouve pas comme l'or et le platine dans les sables d'alluvion, mais dans les filons qui traversent les terrains anciens. Les mines d'argent ont toutes fourni des pepites d'argent natif, à Schneeberg (Erzgebirge) on a trouvé des filaments d'argent natif de 0^m. 20 & 0^m. 30 de longueur et des masses pesant 100 livres. à Hongsberg en Norwège on a trouvé une fente remplie d'argent. Cette masse ne pèse pas moins de 436 livres. L'Altai est aussi très riche en argent natif. Ce métal apparaît aussi à côté du cuivre natif sur les bords du Lac Supérieur. Les rapports de prix entre l'Argent, le Platine & l'Or sont les suivants :

$$\frac{\text{A g}}{1} = \frac{\text{P t}}{3} = \frac{\text{A u}}{15}$$

355. Les autres minéraux d'argent sont

- 1° Argent sulfuré ou Argent noir,
- 2° Argent sulf^{arsenic} ou Argent rouge
- 3° Argent sulf^{antimonie}
- 4° Argent chloruré ou argent corré.

Argent sulfuré

A g S

356. L'argent sulfuré cristallise dans le système cubique en octaèdre ou dodécaèdre, mais les cristaux sont très petits, non isolés, mais, serrés en grand nombre, souvent groupés en filaments allongés, en dendrites, ; plus souvent encore ce minéral est en masses amorphes. Clivages cubiques peu marqués; aussi la coque présente celle des arrachements à raison de la difficulté des clivages

Durété entre gypse et calcite se laisse couper au couteau

ou donne des copeaux courbes.

Densité : 7.

Couleur noire, mais les surfaces fraîchement-découvertes sont d'un gris d'acier et offrent un éclat semi-vitreux (minerais vitreux, Glaserz des Allemands).

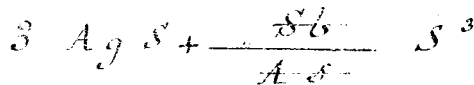
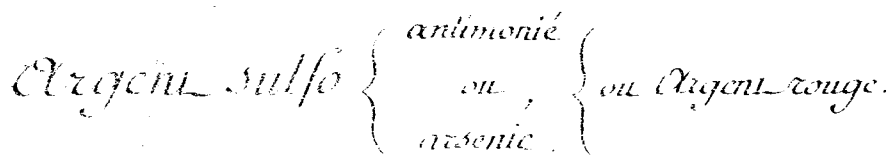
Il se laisse appliquer presque aussi facilement que le plomb, ce qui témoigne d'une grande ductilité. Il fond à la flamme d'une bougie.

En échauffant à la flamme oxydante il dégage l'argent de S et il reste sur le charbon un culot d'argent natif. On sépare en un instant les deux éléments constituants.

C'est l'argent noir des mineurs.

Gîtes : Schumannitz, Langsberg, Freiberg, Joachimsthal, Harz, Mexique. S^{te} et Marie, aux mines dans les Vosges.

Ce minerai existe d'une manière occulte dans les Guelctes dites Argentifères. Le sulfure d'argent y accompagne le sulfure de Pb et S . Nous possédons en France plusieurs de ces gîtes.



357. Mêmes gisements que le précédent. L'Antimoine et l'Arsenic peuvent se remplacer par substitutions isomorphiques; on trouve cependant les deux termes extrêmes à savoir des minerais exclusivement sulfé-antimoniés (Pyrazgizite) et d'autres exclusivement sulfé-arseniés (Proustite).

Les variétés où domine l'Antimoine sont d'un rouge

foncée en leur rhomboïdre primitif est voisin de celui de la Pyratopyrite.
 $108^{\circ} 42'$.

Les variétés où domine l'arsenic sont d'un rouge clair et leur rhomboïdre primitif se rapproche de celui de la Cronstite.
 $107^{\circ} 50'$.

Nous ne citons pas de formes dérivées par la raison que nous avons déjà donnée en parlant de la chaux carbonatée. En effet ici aussi on trouve aussi toutes les formes qui dérivent du rhomboïdre.

Éclatages assez sensibles parallèles aux faces du rhomboïdre primitif.

Dureté intermédiaire entre celle du gypse et celle du calcare.

Densité 5,80.

Couleur: Nu par réflexion gris noir, - par transmission, rouge, sombre ou clair si c'est l'antimoine ou l'arsenic qui domine.

Poussière, toujours rouge.

Échauffé dans un tube, éclatte, décrépite. Sur le charbon donne à la fois l'odeur de S, l'odeur alliée d'acide arsenieux et un anneau blanc dû à l'antimoine. L'argent reste sous forme de culot.

Argent chloruré ou Argent corné.

A. g. Cl

358 Ce n'est pas un minéral européen mais exclusivement américain, on ne le trouve en masses exploitables qu'au Pérou et au Mexique: Il est ordinairement allié au bromure et même à l'iodure d'argent. Quand il est entièrement pur il est blanc gris, si il y entre une quantité notable de bromure il jaunit; il verdit si il y a mélange d'iodure. La cristallisation est assez rarement observable.

Système cubique.

Il a l'apparence de la cire. Sa dureté est si faible qu'on peut le couper au couteau comme de la cire et même au moyen du marteau le façonner comme de la cire un peu endurcie. Cependant au moment où il est extrait de la mine le minerai est un peu translucide et possède un éclat adamantin.

Fond à basse température, - par addition de carbonate de soude donne un bouton d'argent.

Par le simple frottement d'une lame de fer ou de zinc humide il se décompose, le chlore est éliminé et l'argent est revivifié. On le trouve surtout dans les gangues terreuses ou ferrugineuses, des affleurements de filons argentifères : J'insiste sur le terme gangue ferrugineuse, car il y a un proverbe allemand qui dit : "Kein Bergbau ist gut - Der nicht hat den eisernen Hut"; Il n'y a pas de bon gîte qui n'ait un chapeau de fer. Le chapeau du filon est son affleurement. Ces gangues ferrugineuses riches en argent sont les pacos du Pérou, les Colorados du Mexique.

Ce minerai existe en très petite quantité disséminé dans un mauvais minerai de fer en Bretagne.

359. L'Espagne a été plus vantée encore pour ses mines d'argent que pour ses mines d'or. On a signalé en particulier les Sources du Guadalquivir comme ayant offert des gîtes d'argent d'une richesse extraordinaire : Diodore de Sicile rapporte que des bergers ayant incendié les forêts qui couraient les montagnes du Nord de l'Espagne (d'où le nom de Pyrénées), l'on put après cet immense embrasement observer sur bon nombre de points des gouttelettes d'argent. La première fois que les Phéniciens se rendirent en Espagne pour y vendre leurs marchandises, ils en obtinrent en échange une si grande quantité d'argent que leurs galères avaient peine à les transporter. C'est avec l'argent espagnol qu'Annibal put faire la seconde guerre punique et lorsque les Romains furent maîtres de Carthagène, ils y trouvèrent des mines d'argent qui occupèrent

40,000 Travailleurs. L'exploitation de ces mines a été reprise il y a 300 ans par une famille allemande d'Augobourq en avec un si grand succès qu'en peu d'années elle avau acquis 25 millions.

Les Romains travaillaient fort bien l'argent, ils en fondaient des statues. Lors du siège de Rome Alaric exigea qu'on lui comptât 5,000 livres d'or et 50,000 livres d'argent et pour s'acquitter, il fut nécessaire de fondre les statues des Dieux. Ils connaissaient aussi parfaitement l'art du plaqué.

360. L'argent renferme toujours un peu d'or, aussi depuis que les connaissances chimiques permettent d'opérer la séparation de ces métaux s'est-on appliqué à affiner l'argent monnayé. Il y a encore fort peu de temps on affinait annuellement à Paris un poids d'argent monnayé représentant 200 millions de francs.

Comme l'or, il faut l'allier au cuivre quand on veut le convertir en monnaie, pour lui donner la dureté suffisante. L'usage de la monnaie d'argent ne paraît pas monter au delà du 7^e siècle après J. C. Dans le cabinet des médailles et des antiquités à Vienne, on voit une pièce perse de cette date.

Minerais de Fer.

361. C'est le seul métal qui entre dans l'organisme humain; répandu dans le sang. Nous sommes environ 200 dans cet amphithéâtre et si l'on nous saignait à blanc nous pourrions fournir 1 Kil. de fer, car 100 hommes donnent à peu près une livre.

Fer natif.

362. Le fer natif n'existe à la surface du sol ou dans les profondeurs qu'à l'état d'accident. On ne l'observe ainsi que très rarement et en

étudiant les circonstances dans lesquelles on le rencontre, on peut s'assurer qu'il est toujours le produit de la réduction, soit d'un oxyde, soit d'un sulfure. Ce n'est donc pas un minéral, proprement dit.

Mais le fer natif est un minéral extra-terrestre; il nous arrive des espaces célestes avec les météorites qui souvent en sont exclusivement composées. Le fer natif météorique renferme toujours 15 à 16 p % de nickel, tandis que le fer terrestre en est dépourvu. En 1751, le 26 e Mai à 6^h du soir après une détonation violente il tomba à Agram en Croatie une masse de fer du poids de 71 livres. Cette masse est déposée au musée minéralogique de Vienne. Le 14 Juillet 1847, il tomba en Bohême deux masses de fer, l'une du poids de 42 livres, l'autre du poids de 30 livres. Le fer y est cristallisé et se laisse cliver suivant les faces du cube.

En 1550, cinq météorites ferrugineuses, chacune de la grosseur d'une tête sont tombées à Miskolcz en Hongrie.

En 1749, à Krasnojarsk en Sibirie on trouva une masse ferrugineuse du poids de 1270 livres russes que Pallas, quelques années plus tard fit transporter à Pétersbourg (Fer de Pallas). Dans tous ces blocs, la cristallisation est très apparente; en polissant une surface et l'arrosant d'acide on y aperçoit des lignes saillantes dessinées par une substance insoluble dans l'acide, qui s'est logée entre les lames de chlorure. C'est un phosphate triple de fer, de nickel et de magnésium: (Lignes de Widmannstadt.)

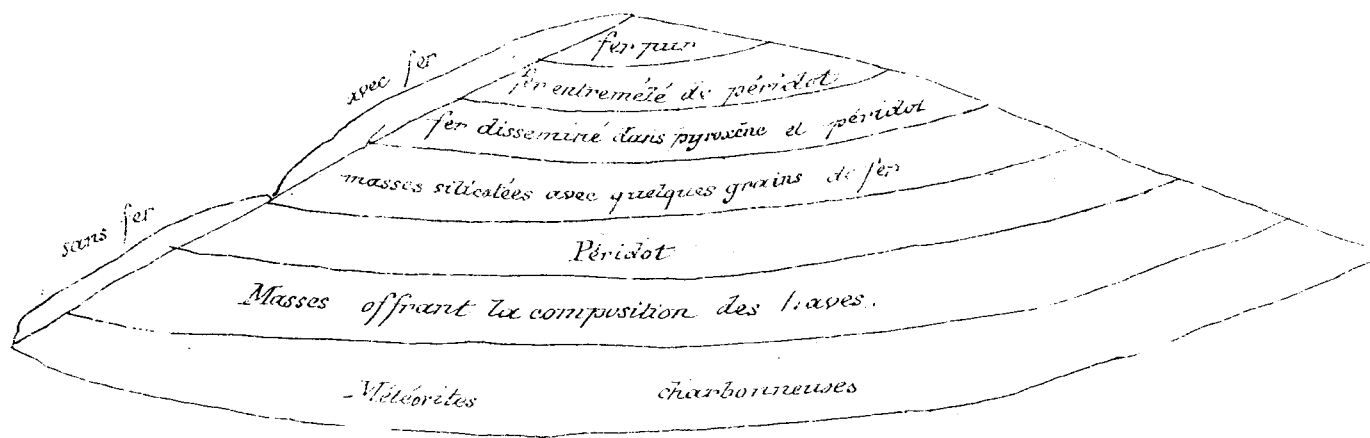
Le musée de Paris possède une masse de fer-météorique du poids de 590 Kilogr., découverte près de Grasse (autrefois Var; aujourd'hui Alpes Maritimes). Elle paraît avoir servi à amarrer des navires, car dans les trous dont elle est percée étaient fixés des crochets en fer.

Le fer météorique fournit des aciers excellents. Les lances de Damas étaient fabriquées avec du fer tombé du ciel. Plusieurs passages des poètes arabes nous l'apprennent d'une manière positive. L'Empereur Alexandre 1^{er} de Russie possédait une épée dont la lame avait été tirée d'un fragment

de fer-météorique tombé dans l'Afrique du Sud. Les Esquimaux en fabriquent des coutoux.

363. Les chûtes des météorites sont d'ailleurs assez fréquentes. On en compte 500 à 600 par an : Elles ne renferment pas toutes du fer.

M. Daubrée classe les météorites de la manière suivante :



Les anciens arabes déjà observé ces chûtes et l'on a sur ces faits des indications qui remontent à 500 ans avant J. C. A la Mosquée de la Mecque on a introduit dans l'un des murs à hauteur d'homme une pierre météorique que vénèrent les pélerins. Elle est tombée blanche du Ciel, dit la tradition, mais par la vertu qu'elle possède d'absorber les péchés des pélerins, elle est aujourd'hui devenue noire.

Plin nous raconte que 465 ans avant notre ère, il est tombé en Thrace une pierre météorique du volume de deux meules de moulin.

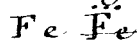
En 1492, une pierre de même origine est tombée à Ensisheim en Alsace.

Elle est placée dans l'Eglise où on lui a l'inscription et-après en vers allemands :

Mille quatorze cent quatre vingt onze,
 Se répandit partout une grande rumeur,
 Tout près en dehors de la ville,
 Le septième jour de Novembre,
 Une grosse pierre, par un jour clair,
 Tomba avec un bruit de tonnerre,
 Elle pesait deux quintaux et demi,
 De couleur de fer, on l'a apportée ici
 En brillante procession.
 On s'en est distribué bien des morceaux.

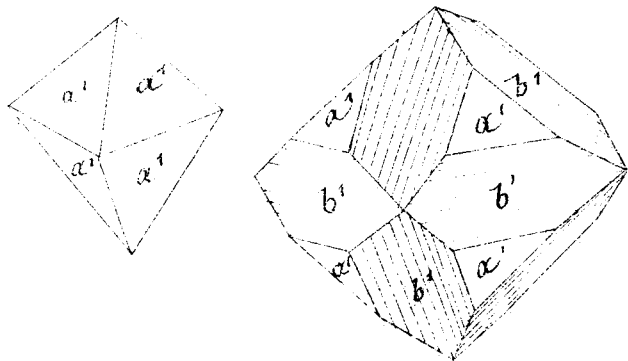
364. Les minerais de fer sont des oxydes ou le carbonate,
 Le fer oxydulé $\text{Fe} \ddot{\text{Fe}}$ (spinelle) - syst. cubique (poussière noire).
 Le fer oligiste $\ddot{\text{Fe}}$ (isomorphe de $\ddot{\text{Al}}$) syst. rhomboédrique (poussière rouge)
 Le fer peroxyde hydraté $\ddot{\text{Fe}} + \text{HO}$ (poussière jaune)
 Le fer carbonaté $\text{Fe} \ddot{\text{C}}$ (isomorphe de $\text{Ca} \ddot{\text{C}}$) syst. rhomboédrique.

Fer oxydulé



365. C'est le fer magnétique des physiciens, le corps magnétique polaire dont nous nous sommes déjà entretenu. C'est le plus riche des minerais de fer. Il cristallise dans le système cubique et le plus souvent sous forme d'octaèdre. Il le fait bien puisque c'est un spinelle.

L'octaèdre porte sur ses arêtes les faces du dodicaèdre rhomboédral b' avec des stries dans le sens des longues diagonales des rhombes. Très souvent en masse amorphe. Densité 4,9. Dureté celle du feldspath.



Éclat semi-métallique, semi-vitreux surtout sur les faces fraîchement découvertes

Couleur noir de fer ou gris d'acier. Couleur de la poussière noir-pour

Toujours magnétique, c'est-à-dire susceptible d'être attiré par le barreau aimanté. Les variétés compactes, lithoïdes, un peu creusées sont douées du magnétisme polaire.

Au chalumeau avec le borax, au feu d'oxydation, perle rouge sombre tant qu'elle est chaude, jaune pâle quand elle est refroidie, au feu de réduction vert bouteille.

Se dissout très difficilement à chaud dans l'HCl, point dans
 A 2

Les gîtes importants de ce minéral sont dans le Nord, à Arendal en Norvège - à Danemora et à Taberg en Suède. - à Torneo et à Gällivara en Laponie - à Blagodar dans l'Oural - dans l'Amérique du Nord. Cependant on l'exploite aussi dans des Contrées plus méridionales, au Cap Calamita (Ile d'Elbe), dans les environs de Bone en Algérie, dans le Piémont à Coque et à Traverselle, dans le Tyrol, en Styrie. C'est à ce minéral que l'on doit la connaissance des phénomènes magnétiques. Pline raconte que le berger Magnes passant sur un gîte de pierre d'aimant vit tourner le bouc ferré de son bâton et les clous de ses souliers arrachés et fixés sur le sol. Quant à la boussole elle ne remonterait pas d'après la tradition au delà du 12^e siècle. C'est un poète provençal qui en fait la première mention. Il compare l'aiguille à un brin de paille, qui surnage au-dessus des eaux, se tournant toujours vers le Nord.

Qui se tourne la pointe toute

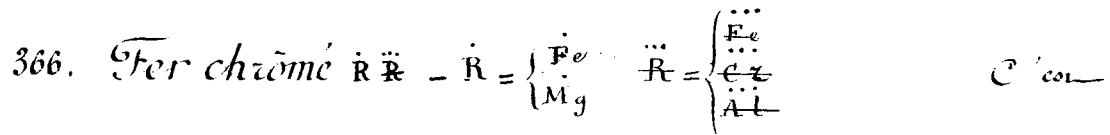
Contre l'estoile sans doute.

(Guyon de Provence).

Suivant d'autres cependant, les Chinois l'auraient connu et appliqué 1100 ans avant J.-C. Quand on songe que nous devons à cette substance d'apparence si vulgaire de pouvoir nous diriger au milieu des mers, que d'est à elle

que nous sommes redevables de nos connaissances des phénomènes magnétiques par conséquent aussi de l'électro-magnétisme, on ne peut manquer d'avouer que les études minéralogiques ont été le point de départ de plus brillantes découvertes.

Le fer oxydulé se rencontre souvent dans les roches volcaniques et en particulier dans les basaltes. On va souvent le chercher dans les sables provenant de la désagrégation de ces roches. On l'isole au moyen du barreau aimanté. Il est toujours accompagné dans ces gîtes de fer titane



encore un spinelle, un fer oxydulé, dont le sesquioxyde de fer est partiellement remplacé par du sesquioxyde de chrome. Mêmes formes cristallines, même aspect. Aussi ces deux minéraux sont ils très souvent pris l'un pour l'autre.

Durété entre celle de l'apatite et celle du feldspath.

Densité 4,4.

Noir de fer. L'ouïère jaune brun.

En chalumeau se distingue facilement de $\text{Fe} \ddot{\text{Fe}}$, car avec le borax au feu d'oxydation le verre offre à chaud les couleurs de fer, mais à froid prend la teinte vert émeraude.

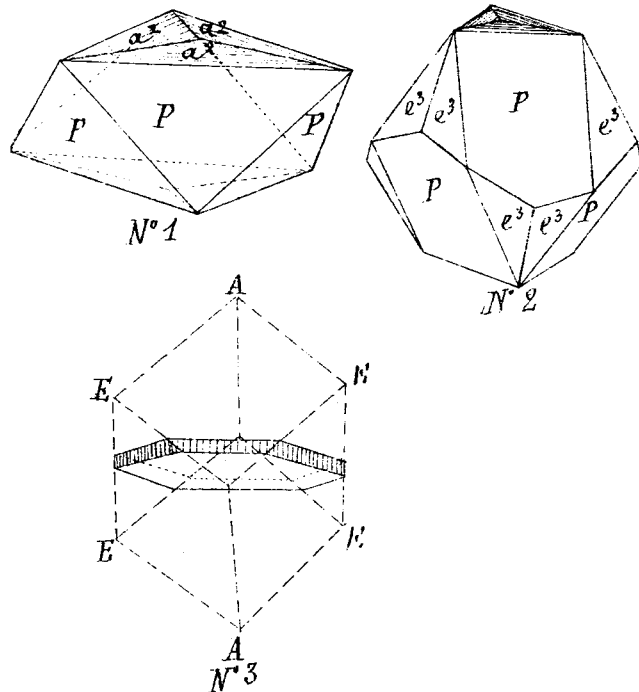
Département du Nav. - Styrie - Écosse - Norwège.

Tout le monde sait que le chrome ou mieux l'acide chromique s'unit aux alcalis pour former deux séries de sels, les uns neutres de couleur jaune, les autres biacides de couleur rouge. C'est Vanquelin qui a découvert le chrome dans un minerai de plomb de Sibirie.

Fer oligiste.

367. Son système cristallin est connu de nous. Il cristallise sous les formes

dérivées d'un rhomboïdre de 86° . Par une lumière très vive, on observe des clivages parallèles aux faces du rhomboïdre primitif en à la face a' . On rencontre le rhomboïdre primitif dégénéré en octaèdre (S/113) par addition de la face a' .



Ce tronçon est surmonté de faces d'un autre rhomboïdre surbaissé a'' (N° 1.)

Cette forme se complique quelquefois des faces du scalénoèdre e'' (N° 2).

Si la tronçature sur les angles A (a') descend au dessous des angles E , il ne reste plus que des tables hexagonales plates, résidus du rhomboïdre primitif (N° 3). Cette forme s'observe fréquemment dans les roches volcaniques. Ces tables sont souvent assez minces pour se colorer en rouge, qui est la couleur

de la poussière, c'est-à-dire des parties atténuées. Elles portent presque toujours comme le coarindon adamantin, des stries parallèles aux contours de la base. Ces cristaux peuvent être reproduits artificiellement en faisant réagir de la vapeur d'eau sur le perchlorure de fer.

Couleur, noir de fer ou gris d'acier. Couleur de la poussière.

Rouge sang. - Les faces des cristaux sont recouvertes par suite de l'existence d'une pellicule d'oxyde hydraté.

Magnétisme très faible, peut être nul.

Densité 5,2.

Dureté - En moyenne celle du feldspath.

Infusible au chalumeau, avec les flux se comporte comme $\text{Fe}^{\text{+++}}$.

Soluble avec difficulté dans les acides.

368. L'Ématite rouge est considérée comme la variété concrétionnée ou compacte du fer oligiste. La cristallisation est ici dissimulée et le peu que nous en voyons tendrait plutôt à faire croire que l'hématite rouge est constituée par des fibres radiales appartenant à un système prismatique.

La couleur de ces masses est le rouge sombre. Elles sont tantôt sphéroïdes, tantôt mammelonnées, stratifiées ou compactes. La couleur s'éclaircit toujours quand on les réduit en poudre, ou qu'il y a mélange d'argile (ocre rouge). Tous les gîtes d'oligiste renferment aussi de l'hématite rouge, mais il n'y a pas passage d'un minéral à l'autre.

Il y a des gîtes spéciaux d'hématite rouge : en Cumberland dans les fontes d'hématite sont si renommées, en Westphalie, près de Dillenburg, dans le voisinage de masses trapéennes éruptives on voit toutes les couches imprégnées d'hématites qui s'isolent de place en place sous forme de concrétions. Dans la vallée de la Meuse on trouve au dessous du terrain houiller des hématites rouges en grains oolitiques. Le lias supérieur renferme souvent de l'hématite rouge (quelque fois brune), dans la Moselle, en Bourgogne, dans l'Isère par exemple, à un niveau plus élevé encore (grande oolite) près de Lavoulte, à Besoignes, à Trivas, on trouve des hématites rouges. Dans cette dernière localité, on rencontre en contact le minéral appartenant à ces deux niveaux, et dans une même galerie, on abat simultanément le minéral de la grande oolite et celui du lias. Je me promets plus tard de vous préciser ces horizons.

Fer peroxydé - hydraté.

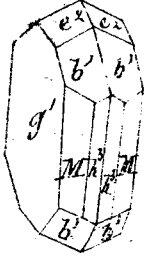
$$\text{Fe} + \text{H}$$

369. Götthite. - Variété cristallisée rare. C'est l'oligiste hydraté tant à fait analogue au Diapore qui est un coquidon hydraté.

Cristallise sous forme d'un prisme droit à base rhombe de $94^{\circ}52'$.

Formes dérivées : le prisme primitif avec octaèdre b' , dôme c^2 , faces g' , et

en prisme h³



Les pans M sont striés longitudinalement.

Clivage très net dans le sens du plan diagonal déterminé par les petites diagonales basiques. Dureté un peu supérieure à celle de l'apatite.

Densité 3,8 à 4,2.

Couleur, noir brun; - rayure jaune; - poussière jaune.

Transparent sur les bords amincis seulement. Éclat soyeux.

La poudre chauffée dans le Tube donne de l'eau et devient rouge; Au chalumeau, réactions du fer. Facilement soluble dans l'acide chlorhydrique abandonné assez souvent un résidu de silice.

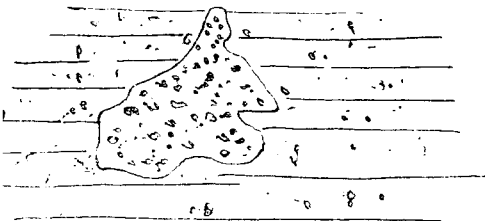
Mémalite brune.

370. La Mémalite brune n'a pas exactement la composition de la götbité. Cette composition répond assez exactement à la formule $\text{Fe}^2 + 3\text{H}$.

Pas de cristallisation. Masses ayant la configuration des stalactites avec structure fibreuse. La densité est de 4,00. La dureté égale à celle de l'apatite ou à très peu près. Couleur brun foncé. Poussière de couleur jaune. La surface des masses stalactites est souvent recouverte d'un enduit noirâtre, qui est en général de l'oxyde de manganèse, (c'est incertain des Pyrénées). La cassure est souvent soyeuse.

Au chalumeau et aux acides comme götbité.

On la voit aussi à l'état nodulaire qui n'est qu'un diminutif de l'état concretionné, elle est alors mélangée à des argiles dont il faut le débarrasser par le lavage.



C'est là le minéral essentiellement français. On le trouve en abondance dans les calcaires jurassiques, renfermé dans des poches qui ont été évidemment remplis par le brun. Il faut croire cependant que ces excavations

sont en relation avec de véritables filons, c'est-à-dire avec des fentes profondes qui ont pu amener les émanations ferrugineuses.

Tous les minerais de fer du Jura suisse laissent deviner cette dépendance.

Ce minerai est aussi très abondant dans le Berry, en Champagne et en Franche-Comté. Ce sont des minerais d'alluvion, des minerais terreux en plaquettes, en modules, de qualité inférieure aux minerais oolithiques. Il appartient aux terrains les plus récents : ces minerais que l'on peut désigner sous le nom de : générique de fer hydroxyde doivent contenir au moins 45% d'hydroxyde pour être utilement exploités.

L'hydroxyde de fer disséminé dans l'argile lui communique une belle couleur jaune : (Ocre jaunes). L'ocre qui admet parties égales d'hydroxyde et d'argile est d'une très belle teinte.

371. La décomposition putride des végétaux dans des eaux qui tiennent du fer en dissolution donne lieu à la formation d'un minerai dit des marais ou limonite. Ce sont des masses tuberculeuses, irrégulières qui ressemblent au fer hydroxyde commun, mais qui en diffèrent cependant par leur couleur qui est verte et luisante : Ce minerai renferme toujours des phosphates qui proviennent de matières animales qui se sont déposées en même temps que lui. Ce minerai se forme sous nos yeux : En France, il n'est pas exploité, il l'est au contraire dans l'Allemagne du Nord et en Russie.

Fer carbonaté

F e C

372. Il faut distinguer deux variétés :

1° Le fer carbonaté spathique ou clivable, - la mine d'acier, - minerai de filon ;

2° Le fer carbonaté lithoïde ou compacté, - la mine de fer, minerai en couches.

373. 1°. Fer carbonaté spathique.

Cristallise sous les formes du rhomboëdre. Rhomboëdre primitif de 107°.

Tendance à offrir la forme primitive, celle à laquelle on pourra toujours ramener les cristaux, puisqu'il existe des clivages assez faciles parallèles aux faces du rhomboëdre primitif.

On trouve aussi des rhomboëdres dérivés très plats dont les arêtes en zig-zag sont par conséquent très tranchantes. - Ces cristaux sont appelés lenticulaires.

Densité : 3,9.

Éclat, rappelle l'éclat un peu nacré de la dolomie.

Couleurs, fraîchement extrait de la mine, blanc, mais brun à l'air, parce qu'il tend à se transformer au contact de l'air et de l'eau en peroxyde ou hydrate de fer. Le manganèse carbonaté dont il renferme toujours des traces tend aussi à éprouver une altération semblable, car plus ce sel est abondant, plus ces teintes brunes deviennent intenses. Ajoutons que plus ce sel est abondant, mieux aussi ce minerai se prête à la fabrication de l'acier. Soluble dans les acides avec une légère effervescence. Au chalumeau dans la flamme desoxydante, il devient attirable au barreau aimanté (partiellement transformé en Fe⁺⁺⁺ Fe⁺⁺.)

Ce n'est pas un minerai commun. Nous en possédons en France deux gîtes très importants, l'un au Carignon, dans les Pyrénées, l'autre, aux environs d'Allevard, dans l'Isère. Les filons si célèbres de Stahlberg (montagne d'acier) en Westphalie fournissent un minerai qui se prête admirablement à la fabrication des aciers naturels. - Styrie

Il y a une variété à structure fibreuse que l'on rencontre dans les argiles schisteuses des houillères, parfois aussi dans les cavités des roches éruptives. Elle se présente sous des formes mamelonnées à surface veloutée (Sphaeroidozite).

Enfin plus exceptionnellement encore, on trouve le fer carbonaté prismatique, c'est une aragonite à base de fer isomorphe avec tous les carbonates

prismatiques : Arragonite, Baryte carbonatée, Strontiane carbonatée &c.
(Voir § 327.)

374. 2°. Fer carbonaté lithoïde ou Fer carbonaté des bouillères
On le rencontre en nodules ou rognons alignés dans les argiles ou les grès du terrain houiller. Sa cassure est conchoïdale quelquefois compacte avec éclat terreux.

La couleur est le gris ou le brun jaunâtre.

La densité est de 3,20 à 3,50.

Elux acides et au chalumeau comme variété précédente.

Quand on brise ces rognons on a souvent occasion de s'assurer que la substance ferrugineuse s'est déposée autour de corps organisés, poissons, ossements de reptiles &c. .. qui ont servi de centres d'attraction.

On n'en trouve que de assez faibles quantités dans nos bouillères françaises, ou parfois il existe en couches (Alvignon). Mais dans la plupart des cas, il n'offre pas une assez grande pureté pour être exploité utilement. Il en est tout autrement en Angleterre et en particulier dans les bassins houillers du pays de Galles & de l'Écosse où c'est le minerai de fer usuel. C'est en grande partie à ce fait que l'Angleterre doit sa grande puissance industrielle au point de vue de la fabrication du fer. Tandis qu'en France nous sommes obligés de faire venir de loin les minerais de fer pour les fondre dans les usines situées près des exploitations de combustibles, en Angleterre, au contraire, la même bourse d'extraction amène au jour le combustible et le minerai. C'est là un avantage d'autant plus précieux que de tous les minerais de fer, c'est le carbonaté que l'on peut le plus promptement et le plus économiquement convertir en fonte.

On nomme des pyrites de fer.

Ce ne sont pas à vrai dire des minerais de fer, mais plutôt des minerais de soufre.

Pyrite jaune de fer.

Pyrite jaune de fer.

Fe S^2

375. Nous avons déjà parlé (§. 67) des propriétés physiques de ce minéral; nous nous bornerons à les rappeler sommairement. Syst. cubique - Cubes striés (§. 142) dodécaèdre pentagonal ... Combinaisons de l'octaèdre et du dodécaèdre pentagonal, c'est-à-dire Icosaèdre. Faces d'un solide hémicube du solide à 48 faces apparaissant sur les angles du cube.

Clivage cubique très imparfait.

Durété entre celle du feldspath et celle du quartz. fait feu au briquet.

Densité: 4,9 à 5,2.

Couleur: jaune laiton, jaune d'or, rayure plus sombre.

Chalumeau répand odeur de S ou après élimination du soufre avec les flux les réactions du fer.

Les acides non oxydants sont sans effet.

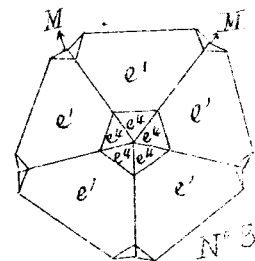
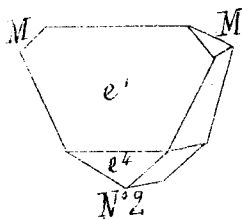
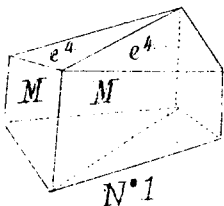
En masses concrétionnées, boules hérissées de pointes, à cassure toujours compacte.

Inaltérable à l'air, très rarement se convertit en peroxyde de fer anhydre dans l'air sec ou en peroxyde de fer hydraté dans l'air humide. Inerte souvent des débris organiques.

Pyrite blanche de fer.

Fe S^2

376. Forme primitive: Prisme droit... $\approx 106^\circ 5'$



Les cristaux dérivés sont composés du prisme primitif en des faces du même e^h qui efface les bases (N° 1).

Les cristaux de pyrite blanche sont souvent groupés au nombre de cinq autour d'un axe commun.

Les cristaux composants sont représentés en perspective dans la figure (N° 2).

La figure (N° 3) montre leur groupement régulier en rosace.

Clivage prismatique parallèlement aux pans M

Durété; comme la pyrite jaune sans feu au briquet.

Densité 4,6 à 4,8.

Couleur jaune livide transparent sur le blanc.

Autres caractères: comme pyrite jaune.

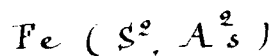
Se décompose à l'air humide très facilement et se transforme en vitriol (ou fer sulfate), sert à fabriquer la couperose verte.

Se trouve rarement dans les filons abonde dans les terrains sédimentaires.

Toutes les pyrites de fer à cassure fibreuse appartiennent à cette espèce. Se trouve en masses fibreuses dendritiques, cellulaires et compactes. Ces dernières sont celles qui se décomposent le plus vite.

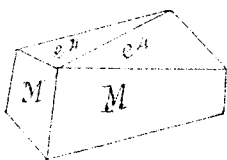
Les deux pyrites de fer brûlent comme des combustibles en dégageant de l'acide sulfurique que l'on transforme dans les chambres de plomb en acide sulfurique.

Fer arsenical ou Mispickel.



377. Forme primitive, prisme droit, à base rhombe de $111^\circ 12'$.

La cristallisation offre beaucoup d'analogie avec celle de la pyrite blanche de fer, la forme M, e^h , signalée dans la pyrite se rencontre encore ici.



Durété comme pyrite blanche. Fait feu au briquet en dégageant une odeur alliée.

Densité : 5,8 à 6,2.

Écra cassant Cassure inégale et granulaire.

Couleur : blanc d'étain.

Au chalumeau, à la flamme d'oxydation, odeur à la fois arsenicale et sulfureuse. Après réduction, chauffé dans la flamme intérieure donne un bouton attirable au barreau aimanté.

Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré avec abandon de soufre.

On le rencontre dans les filons d'étain et d'argent et dans les roches anciennes. C'est un vrai minéral d'arsenic. Il est exploité comme tel à Reichensstein en Silésie. On le rencontre en amas dans la serpentine. Cependant dans ces gîtes, l'analyse n'indique plus que des traces insignifiantes de soufre. C'est un fer presque exclusivement arsenical.

Les masses de Mispickel sont parfois semi-cristallines, fibreuses, compactes. La cassure est toujours grenue. Il est assez souvent argentifère (Andreasberg) et surtout cobaltifère, - le cobalt prenant la place du fer. (New-Hampshire, Norwège). - On rencontre même au Chili et dans le Bonnet, un mispickel d'où le fer a entièrement disparu au profit du cobalt.

Minerais de Manganèse.

378. Le fer et le manganèse sont deux compagnons, en ce sens qu'il est peu de minerais de fer qui ne renferment des traces de Manganèse. Le Manganèse ne se présente pas dans la nature à l'état natif, il est même assez difficile de l'obtenir à cet état par les procédés de réduction. C'est par un chimiste autrichien, Kaim, qu'il a été découvert en 1740.

L'espèce la plus importante est la :

Pyrolusite

Mn.

379. Mn qui signifie (lavé au feu) parce que ce minéral a été toujours employé à blanchir au feu les verres colorés par l'oxyde de fer et par conséquent à les lessiver par le feu. C'est le savon des verriers. En brûlant il dégage de l'oxygène qui brûle le charbon mêlé à la pâte du verre et oxyde les sels de fer, la teinte violette qui subsiste se combine à la nuance verte du verre en une teinte grisâtre à peine sensible. C'est le peroxyde de Manganèse Mn.

Il cristallise dans le système d'un prisme droit de $93^{\circ}40$

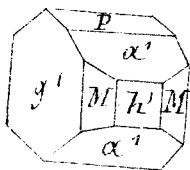
Les cristaux sont rarement bien distincts, courts, implantés profondément dans leur gangue de manière à montrer à peine leurs sommets.

Cliivages peu distincts dans le sens des pans du prisme primitif.

Densité, 4,85

Couleur gris sombre, noir. - Rayure noire.

Poussière noire.



La poussière chauffée avec HCl se dissout et dégage du chlore en abondance; chauffée dans un tube, dégage de l'oxygène et permet de rallumer une allumette qui ne présente plus que quelques points en ignition.

Avec les flux réactions du Manganèse perle violette au feu d'oxydation, incolore au feu de réduction.

On rencontre la Pyrolusite en masses concrétionnées, tuberculeuses, stalactiformes à caillottes fibreuses, amorphes, enfin en dendrites.

On ne sait si la Pyrolusite doit être considérée comme une véritable espèce ou le produit de l'altération de l'arcordite $Mn + H$ ou bien encore le résultat de la désagrégation d'un minéral cohérent nettement cristallisé de même composition que M. Breithaupt a appelé Polianite.

La Pyrolusite a un grand nombre d'applications: Préparation de l'oxygène, chauffée au rouge blanc en dégage 12%. Préparation du chlore ($Mn + 2HCl = MnCl + 2H + Cl$) pour les blanchisseries. Purification du verre, coloration

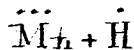
des émaner. Aujourd'hui on ajoute des minerais de Manganèse à ceux de fer dans la fabrication des fontes destinées à être converties en acier.

Nous possédons un gîte très puissant d'un minerai particulier de Manganèse. (Romanèche près de Mâcon). On y rencontre la bécryte à côté de l'oxyde de manganèse. Il n'y a pas de cristaux, ce sont des concrétions à structures fibreuses, stalactiformes ou complètement amorphes.

Durété considérable, due probablement à un mélange de silice; C'est un produit de sources minérales appelé Psilomélane.

Autour environs de Luxeuil (Vosges), il y a une source thermale qui aujourd'hui même laisse déposer du Psilomélane provenant du carbonate de Manganèse que ces eaux tiennent en dissolution.

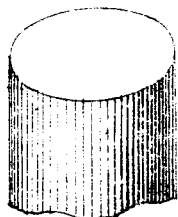
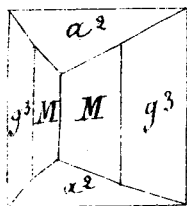
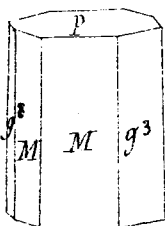
Acerdèse.



380. Mn qui signifie (pas de gain). En effet ce minéral n'a pas comme le précédent, la propriété de dégager de l'oxygène, et il ne reçoit, par conséquent, aucune application. C'est le sesquioxyde hydraté.

C'est une substance qui cristallise sous les formes de la götbité. ($\overset{\cdot\cdot\cdot}{\text{Fe}} + \overset{\cdot}{\text{H}}$) son isomorphe.

Prième rhomboïdal droit de $99^{\circ} 40'$, les faces dominantes sont toujours les pans du prième et les faces du biseau g^3 . On voit souvent la base, d'autres fois elle est remplacée par le dôme a^2 .



D'autres fois des faces beaucoup plus nombreuses

encore donnent aux cristaux une apparence cylindroïde et amènent des cannelures profondes dans la zone des pans.

Quelquefois des cristaux déliés rayonnent autour d'un centre.

Clivages parallèles à toutes les faces de la forme primitive. - une autre plus facile encore parallèle au plan diagonal déterminé par les petites diagonales brisées.

Dureté égale à celle du spath fluor

Densité: 4,33.

Éclat imparfaitement métallique. - Couleur brun noir. - poussière brune. Caractère qui permet de distinguer l'acordise d'avec la pyrolusite

Dans le tube dégage de l'eau, mais pas d'oxygène, autres caractères distinctifs.

Traité par l'acide chlorhydrique dégage peu de chlore.

Au chalumeau avec les flux se compacte comme la pyrolusite.

On rencontre cette espèce avec des configurations concrétionnées, stalactiforme, oolithique même.

Vicdessos (Ariège), La Voulte (Ardèche), dans les Cévennes, les Vosges.

Manganèse Carbonaté.

Mn \ddot{C}

381. Substance rare, de couleur rose. - Donne au chalumeau la réaction du manganèse en fait effervescence lente avec les acides.

Wolfram

W (Fe, Mn)

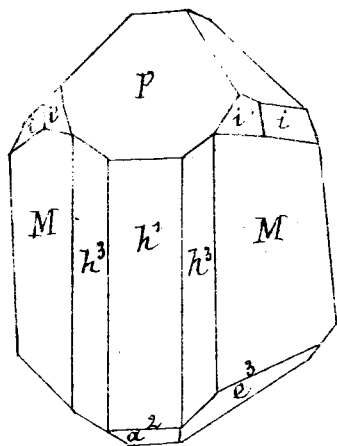
382. C'est une substance au sujet de laquelle les plus savants cristallographes d'Europe ont longuement discuté, mais c'est encore notre savant compatriote, M^r de Cloizeaux, qui à notre gré a fait triompher son opinion.

La forme primitive est celle d'un prisme à base π bombe légèrement oblique.

Voici un cristal de Zimmwald qui présente à peu près toutes les faces observées dans cette espèce. - T, M, h', h², a², e², ou des faces i et i' de

notation compliquée.

Il existe un clivage très facile parallèle à la face possible g' , (c'est-à-dire au plan diagonal comprenant les petites diagonales basiques).



Durété entre celle de l'apatite et celle du feldspath.

Densité 7,5.

Couleur gris foncé. - Bleu noirâtre. Poussière d'un violet sombre.

L'acide chlorhydrique l'attaque difficilement, à chaud l'acide tungstique se sépare à la longue sous forme de précipité jaunâtre.

Au chalumeau il fond difficilement en un globule magnétique dont la surface est hérissée de pointes cristallines.

Avec le borax donne les réactions du fer, avec le sel de phosphore les réactions du Tungstène, avec la sonde sur la lame de platine les réactions du Manganèse.

Ce minéral est le fidèle compagnon du minerai d'étain en Saxe, en Bohême, dans le Cornwall.

Il est exploité en France près de Chanteloube.

On remarque que ce minerai bien débarrassé d'arsenic, mélangé à la gence liquide fait acquies à la fonte une grande résistance à la rupture. Cette application en la préparation de différentes couleurs, tels sont les seuls emplois du Wolfram.

Minerais de Nickel et de Cobalt.

383. On ne saurait séparer ces deux classes de minerais qui se trouvent presque toujours réunis dans les mêmes gîtes. Nous serons d'ailleurs très bref à leur endroit.

Le mot Nickel est un mot populaire d'une courtoisie plus que douteuse, emprunté à la vieille langue allemande, qui signifie entêté. Nous allons voir tout à l'heure pourquoi on a appliqué cette dénomination à ce métal.

Le Minéral de Nickel le plus important est le :

Nickel Arsenical .

Ni As .

384. Il est d'une couleur rougeâtre qui rappelle celle du cuivre. Les anciens mineurs saxons trompés par cette coloration étaient persuadés que ce minéral renfermait du cuivre, et cependant l'on ne pouvait parvenir à en extraire ce métal ; c'est pourquoi ils l'avaient appelé : entêté, nickel. Quand en 1754, Cronstedt y reconnut la présence d'un nouveau métal, le nom de nickel resta à ce radical.

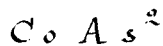
Le Nickel arsenical n'est pas cristallisé. C'est le seul minéral de la nature avec le Bismuth natif qui offre cette coloration cuivrée. Ce caractère suffit donc pour le distinguer : Au chalumeau, il répand l'odeur d'acide arsenieux, et si un peu d'antimoine s'est substitué à l'arsenic ^{il donne} une auréole blanche sur le charbon. Il se trouve avec d'autres minerais de Nickel en Saxe, à Riechelsdorf dans la Meuse, dans le duché de Bade, au Harz, en Portugal. Le Nickel allié au cuivre et au zinc donne le Maillechort. Cet alliage est fabriqué en Europe depuis 50 ans environ ; il est connu depuis plusieurs siècles par les Chinois sous le nom de Paek-Tong, (cuivre blanc).

385. Le Nickel Sulfureux Ni S est un minéral très fibreuse et rare.

386. Le Nickel arseniaté est d'une couleur vert pomme caractéristique. À l'état d'enduit ou de fine poussière répandu à la surface des autres minerais de Nickel. Il est utile d'apprendre à connaître exactement la nuance de sa coloration, car ce minéral est comme le signe qui annonce la présence de tous les autres.

387. Le nom du Cobalt provient de l'altération du mot Kobold qui signifie farfadet. Kobold est une des divinités des Mines, point méchant, seulement malin. Kobold protégera le mineur à l'occasion, mais il s'amusera volontiers à cacher ses outils et à détourner le minerai abattu. C'est à lui que l'on attribuait autrefois toutes ces représentations d'animaux ou de végétaux que l'on trouve à la surface de certaines roches et que nous appelons des fossiles; c'étaient des dessins qu'il exécutait pour charmer ses ennuis. Les premiers mineurs allemands qui trouvèrent des minerais de Cobalt ne pouvant en extraire le métal pensèrent que c'était là une nouvelle plaisanterie de Kobold, nom que Brandt conserva au radical qu'il y découvrit en 1733.

Cobalt arsenical



388. Le Cobalt arsenical se rencontre sous forme de petite cristallisation cubes ou octaédres et aussi en masses compactes.

Il est d'une couleur blanc d'étain.

Éclat métallique très vif.

Dureté entre celle de l'apatite et celle du feldspath.

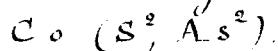
Densité 7.00.

Se dissout dans Az^{\dots} . - La solution devient rose.

Au chalumeau, odeur arsenicale, et après grillage, un grain imperceptible communique aux flux une coloration bleu de ciel très intense.

C'est un minerai de filon exploité en Suède, en Saxe, dans la Bohême.

Cobalt gris.



389. Il est très bien cristallisé. On y trouve toutes les formes du cube, sauf le trapezoèdre et le cube pyramidal.

La couleur est un blanc mélangé de teintes rosées qu'il faut apprendre à connaître.

Il fait feu au briquet.

Densité : 6.9.

Se distingue du précédent au chalumeau en ce qu'il donne à la fois l'odeur arsenicale & sulfurée.

390. Le Cobalt arseniaté (comme le Nickel arseniaté) se présente sous forme d'enduit à la surface des mines minerais de Cobalt. La couleur rose qui lui est toute à fait spéciale est donc un excellent indice pour signaler la présence de ces minerais. C'est la fleur de Cobalt³⁹¹. Les minerais de Cobalt sont convertis en oxyde par le grillage. L'oxyde de Cobalt, vous le savez, a la propriété de colorer en bleu les substances vitreuses ou translucides, porcelaine, verre, &c..... En fondant l'oxyde avec du sable blanc ~~ou du carbonate de potasse, on prépare un verre~~ qui pulvérisé en tamis constitue le Smalt. Cette poudre est employée à la décoration des poteries. On l'emploie même pour donner une nuance bleue au linge et au papier, mais on ne peut le délayer dans l'eau par conséquent l'employer en peinture. M. Eberard a obtenu un bleu délayable en calcinant ensemble du phosphate de Cobalt et de l'alumine en gelée. Cette belle couleur appelée bleu Eberard permet de se passer du lapis-lazuli, mais elle a le défaut capital de pousser au noir.

Ces procédés de colorations par l'acide de Cobalt étaient déjà connus des anciens et l'on trouve même des enduits céramiques ainsi colorés sur les idoles d'Égypte et dans de vieilles mosaïques romaines. Au XVI^e siècle le Néerl. Christoph Schurer de Platten en Bohême retrouva par hasard ce procédé. Les Hollandais ont longtemps monopolisé le commerce de ces couleurs. Ils avaient établi des fabriques en Saxe en pays des marchés pour que tout le minéral leur fût vendu.

Cuire.

Minerais de Cuivre

392. Origine du mot. Ile de Chypre qui en fournissait autrefois beaucoup. Ce métal est connu depuis la plus haute antiquité. Il a été mis à profit pour la fabrication des armes et de toutes sortes d'instruments à une époque où la métallurgie du fer était encore ignorée. Les armes des guerriers, à l'époque du siège de Troie, étaient en cuivre de même que les socs des charrettes. Les Sabins en faisaient des ciseaux et des couteaux. L'usage de la monnaie remonte aux plus anciens âges. Les coins et les marteaux des anciens habitants de la Sibirie étaient en cuivre fondu et lors de la découverte de l'Amérique les armes des Péruviens et des Mexicains étaient aussi de cuivre. L'emploi presque général du cuivre s'explique tout naturellement; c'est ce qu'on le rencontre assez fréquemment à l'état natif et qu'on a pu par conséquent l'utiliser directement à une époque où l'ignorance des procédés métallurgiques ne permettait pas d'aller puiser les métaux dans les minerais. Ajoutons qu'après le fer, le cuivre est le métal le plus dur et qu'il peut se fondre facilement tandis que le fer s'y refuse.

393. Les minerais sont très nombreux, nous n'examinerons que les suivants :

Cuivre natif.....	Cu
Cuivre oxydulé.....	Cu
Cuivre sulfuré.....	Cu, S
Cuivre panaché.....	$3\text{CuS} + \text{FeS}_2$
Cuivre pyriteux.....	$(\text{CuS} + \text{FeS})^2\text{FeS}_2$
Cuivre gris.....	$4\text{RS} + \text{RS}_2$
Cuivre carbonaté bleu.....	$\text{Cu}^3\text{C}^2 + \text{H}$
Cuivre carbonaté vert.....	$\text{Cu}^2\text{C} + \text{H}$
Cuivre chloruré.....	$\text{CuCl} + 3\text{Cu} + 3\text{H}$

394. Si l'on grille sur le charbon l'un quelconque des minerais qui contiennent du soufre, de l'arsenic ou de l'antimoine après les avoir réduits en

poudre et humecté d'une goutte d'acide chlorhydrique, ils colorent en bleu verdâtre les flammes. Les autres minerais humectés d'une goutte d'acide peuvent être employés directement. La plupart de ces minerais sont immédiatement réductibles par le carbonate de soude. Si on les dissout dans AZ et qu'on ajoute de l' AZH^2 la dissolution est d'un beau bleu; en y plongeant la lame d'un couteau elle se couvre aussitôt de cuivre.

Cuivre natif

C u .

395. On le voit en petits cristaux cubes et octaédres; mais le plus souvent en masses amorphes, en lames, filaments, fragments dendritiques. Sa ductilité est supérieure à celle de la chaux carbonatée.

Densité 8,5 à 9.

Couleur rouge.

Fond facilement au chalumeau.

Soluble dans AZ qu'il colore en bleu.

On le rencontre avec d'autres minerais de cuivre dans le Cornwall, à Chessy, près de Lyon, à Moldawa dans le Banat, au Brésil, au Chili, au Japon, (ici pureté exceptionnelle) et enfin en quantité énormes dans l'état du Michigan, sur les bords du Lac Supérieur dans l'Amérique du Nord. Dans ce dernier gîte, on a trouvé en 1853 un bloc de 13^m.00 de longueur du poids de 100 tonnes. On le rencontre aussi dans le Sud de l'Australie. En 1845, à l'occasion de la fête de la Société des mines de la Colonie Adélaïde on promena un bloc du poids de 600 Kilogr. estimé 1,000 francs. Les mines de Burras-Burras sont les plus célèbres. En France, on le rencontre à St. Bel et à Chessy.

La densité du cuivre natif est plus faible que celle du cuivre fondu, il est aussi moins sonore; en vertu de ces deux circonstances, il y a lieu de croire qu'il a été précipité par voie humide ou galvanique.

La sonorité est une des qualités que l'on recherche dans le cuivre

et plus encore dans certains de ses alliages.

On a eu longtemps qu'une petite quantité d'argent mélangée au cuivre en augmentait beaucoup la sonorité, lui communiquait un timbre argentin. Il était autrefois d'usage que les parraïns d'une cloche fassent dor au fondeur d'une somme d'argent que celui-ci devait jeter dans la coulée, mais il est aujourd'hui certain que cet argent recevait une toute autre destination, car au moment de la Révolution l'on a fondu plus de 100,000 cloches pour les convertir en canons ou en monnaie de billon, on y a jamais trouvé traces d'argent.

Tout le monde sait que :

Le bronze est un alliage de cuivre et d'étain ;

Le laiton " " " de zinc.

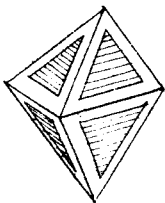
Cuivre oxydulé.

—

396. Ce minéral cristallise dans le système cubique avec des clivages parallèles aux faces du cube.

Les Cristaux sont souvent très gros et parfaitement formés. Les octaèdres et les dodécédres recueillis à Ekfroy près de Lyon sont d'une si grande régularité, qu'ils constituent de véritables ornements de collection. Ils sont quelquefois altérés à la surface et recouverts d'un enduit mince de carbonate vert.

Le centre des faces de l'octaèdre est souvent rongé, tandis que les arêtes demeurent parfaitement rectilignes.



Dureté égale à celle du spath fluor.

Densité 5,7 à 6,0

Éclat semi-métallique, semi-adamantin.

Trans lucide sous de petites épaisseurs.

Couleur : par transmission, rouge foncé - couleur de la poussière rouge cochenille.

Soluble dans l'acide chlorhydrique qu'il colore en vert bruniâtre.

Au chalumeau, à la flamme de réduction, se réduit avec la plus grande facilité, avec ou sans addition de carbonate de soude en un bouton de cuivre ductile et malléable: et avec les flux perle vert émeraude, au feu d'oxydation, rouge brique au feu de réduction (réactions du cuivre.)

Coruwal; Chessy, d^e Bel près de Lyon, - Moldawa (Banca),
Cural, - Colombie, - Chili.

Les Cristaux sont souvent très petits et servent à former des filles capillaires. Après souvent ce minéral a pour gangue l'hématite rouge, et alors à raison de la similitude des couleurs, il y a une certaine difficulté à distinguer le minéral d'avec sa gangue. Comme caractère empirique, on peut citer ces teintes vertes que l'on trouve toujours sur quelques parties altérées du minéral qui ont passé au carbonate vert. En tout cas on peut faire un essai au chalumeau.

Cuivre Sulfuré.

— Cu S.

397. La formule du cuivre sulfuré est calquée sur celle de l'oxydure. Les caractères fondamentaux de cette espèce sont au nombre de deux qui appartiennent aussi à l'argent noir.

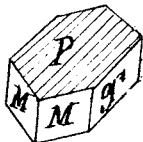
- 1^o. Se laisser couper au couteau en copeaux courbes,
- 2^o. Fondre à la flamme de la bougie.

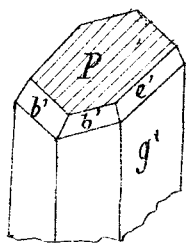
Le cuivre sulfuré cristallise sous la forme d'un prisme rhomboïdal droit de $119^{\circ} 25'$, de telle sorte que la troncature g' va nous donner des prismes presque identiques à ceux qui décivent d'un rhomboïdre. Il faut dès lors nous attendre à rencontrer ici des formes qui simulent des formes rhomboïdiques, (voir *Mica* et *Arragonite*).

On voit des prismes hexagonaux presque réguliers.

La base P porte des stries parallèles à l'intersection de P et de g' .

Les cristaux sont souvent tabulaires.





On observe aussi cette forme avec addition des faces de l'octaèdre b' et du dôme c' .

Les clivages sont peu marqués, ils sont parallèles aux plans M et à g' , ils conduisent par conséquent à un prisme hexagonal.

Dureté : Entre celle du gypse et celle de la chaux carbonatée.

Densité : 5,6.

Il est d'une couleur bleue, presque noire avec éclat métallique ou presque métallique. Sur un ten de bioëin, il laisse une trace d'un noir peu foncé.

Il fond à la flamme d'une bougie et répand l'odeur de S.

Si on le grille au chalumeau, puis que l'on ajoute un peu de carbonate de soude, on obtient aussitôt un culot de cuivre.

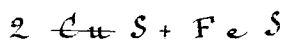
Il est soluble dans Az mais à chaud, point à froid.

Le plus souvent, il est en masses lamelleuses ou compactes, ou bien en masses ramifiées ou stalactiformes, dans ces deux derniers cas il doit être considéré comme du cuivre natif sulfuré après coup. (S. 141).

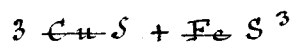
Cornwal, Nassau, Suède, Norwège, Sibérie, Massachusetts.

Cuivre panaché

398. La formule de ce minéral est mal établie. On en a proposé plusieurs parmi lesquelles celles qui s'accordent le mieux avec les analyses sont :



ou mieux :



La forme primitive des cristaux est le cube, mais ils sont très rares, leurs faces sont peu nettes et courbes. Il y a des indices de clivages parallèles aux faces de l'octaèdre.

Dureté égale à celle de la chaux carbonatée

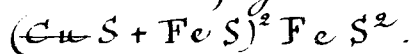
Densité 4,7 à 5,1.

Ce minéral possède un caractère qui le fait toujours reconnaître. La couleur des faces extérieures, est bleu violacé (gorge de pigeon), mais si on le brise, les surfaces mises à jour sont une couleur bronze obscur. C'est aussi la couleur de sa poussière.

Au chalumeau, à la flamme de réduction, il fond sous la forme d'un bouton noirâtre attirable au barreau aimanté (Fer), après refroidissement la couleur est un peu rougeâtre. Et la flamme d'oxydation il donne l'odeur sulfureuse (Soufre). Réduit en poudre et humecté d'une goutte d'acide le résidu de grillage colore les flammes en bleu (cuivre), les trois éléments de la substance sont déterminés.

Ordinairement le cuivre panaché se présente en masses compactes dont la coloration ne permet pas de le confondre avec aucun autre minéral. C'est le minéral Toscan. Il en existe des filons sur plusieurs points de la Toscane. Le centre d'exploitation le plus importante est Monte Catini. On le rencontre dans un filon de stéatite sous forme de nodules; ces filons et d'autres qui sont du même âge accompagnent des épanchements de serpentine. En Sibérie, le cuivre panaché constitue aussi un véritable minéral.

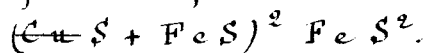
Cuivre pyriteux.



399. Voilà le véritable minéral de cuivre, celui qui fournit plus des 2/3 du Cuivre du Commerce.

Comme le cuivre panaché, c'est un sulfure double de cuivre et de fer.

Sa composition répond à la formule :



C'est un minéral des plus faciles à reconnaître à cause de sa belle coloration jaune laiton. Il ne pourrait en effet être confondu qu'avec

la pyrite de fer mais on peut les distinguer par un des procédés les plus simples : la pyrite de fer fait feu au briquet (voir § 373), c'est une pyrite scintillante ; la pyrite de cuivre, au contraire, ne fait point feu, mais s'émiette sous le choc de l'acier.

La pyrite de cuivre est rarement cristallisée. Le système cristallin est celui d'un prisme droit à base carrée, très voisin d'un cube. Les formes dérivées sont souvent hémihédriques.

Plivages assez distincts parallèles aux faces de l'octaèdre à' même distincts parallèlement à la base d'un prisme primitif.

Durété du spat. fluor.

Densité : 4,1.

Cassure inégale et raboteuse. Éclat essentiellement métallique.

Couleur jaune laiton. Ses surfaces de courtes souvent de toutes les couleurs dues à des altérations. Comme ce que nous avons dit du traitement au chalumeau du cuivre panache s'applique au cuivre pyriteux.

Si on dissout dans l' Az bouillonnant ce que l'on traite par l' AzH^3 on obtiendra un précipité abondant de fer. Si on filtre, la liqueur qui passe sera d'une belle couleur azur. (Si on avait traité de la pyrite de fer, la liqueur filtrée serait incolore). Si dans cette liqueur bleuâtre on plonge une lame d'acier, elle se couvre aussitôt de cuivre rouge.

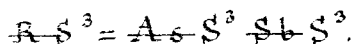
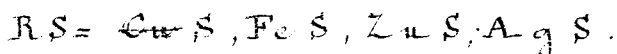
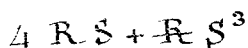
Le cuivre pyriteux affecte aussi l'état conglomératif ou compact. On le rencontre en masses considérables dans une roche schisteuse. (Cristalline, voir plus bas) à Erskine en Suède, à Orsa en Norwège ; à Merrengand en Hongrie, en filon dans des schistes argileux (Lillo) dans les mines de St Agnes et de St Austle, en Angleterre, dans des conditions toutes semblables à Schmolnitz, en Hongrie, en filon au milieu du terrain de craie, à Monte-Catini, en Toscane. Dans le Harz, le pays des Mansfeld, la base Silésie où la pyrite de cuivre est dans des terrains de sédiments qui ont été traversés par des sources minérales. Il en existe

quelques gîtes en France, mais ils sont très restreints. Citons Chassy en St. Bel près de Lyon, Maigorry (Pyénées) la Gardette dans l'Isère, où l'on a aussi trouvé de l'or natif.

Cuivre gris.

400. Nous avons déjà vu (§ 357.), l'Argent rouge nous offre deux types chimiques distincts, un type arsenical, un type antimonial; il en est de même du cuivre gris; il faut distinguer entre le cuivre gris arsenical ou Tennantite et le Cuivre gris proprement dit ou antimonial.

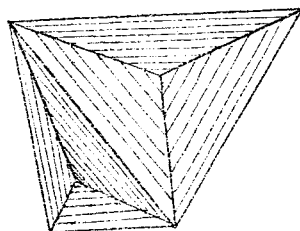
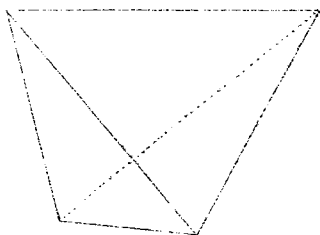
La formule de ce minéral est :



401. La Tennantite cristallise d'une manière bien nette sous la forme de dodécèdres rhomboïdaux sur lesquelles apparaissent des faces qui appartiennent au tétraèdre.

Couleur gris de fer. Sa poussière est gris noirâtre.

402. Le Cuivre gris proprement dit est aussi plus commun. Il cristallise d'une manière très nette sous la forme du tétraèdre dérivant du cube, ou sous la forme d'un tétraèdre pyramidal. Solide biconcave du trapèze (Voyez § 93). On trouve de très beaux cristaux dans les filons



de Mougata en Algérie; de Kapnick en Hongrie et dans le Cornwall.

Il existe des indices de clivages octaédriques.

Durété: variable de

Spalt de Hollande à celle du Spalt fluor.

Densité 4,5 à 5,2.

Sa cassure con grenue, éclatante: l'éclat s'altère peu à l'air.
Substance aigre et fragile.

Couleur gris d'acier, sa poussière est noirâtre, teintée de rouge si le zinc est abondant.

Au chalumeau fusible, répand l'odeur sulfureuse, une très faible odeur alliée due à des traces d'arsenic, large anneau d'antimoine sur le charbon.

Attaquable par l' Az^{III} ou le plus souvent l'acide antimonique en anosité précipité.

Le cuivre gris se présente aussi en masses amorphes. C'est un minéral que l'on rencontre dans toutes les mines de cuivre, mais rarement en grandes masses. Citons cependant, à titre d'exception les filons de Mouzaïa en Algérie, mais c'est, je crois, le seul exemple que l'on puisse donner d'un filon où le cuivre gris soit le minéral dominant. Il est parfois traité pour Cuivre & Argent.

Carbonates de Cuivre

403 Les Carbonates de Cuivre sont au nombre de deux :

Le Carbonate bleu ou Azurite $\text{Cu}^3 \text{C}^2 + \text{H}$ ou $2 \text{Cu} \text{C} + \text{Cu} \text{H}$

Le Carbonate vert ou Malachite $\text{Cu}^2 \text{C} + \text{H}$ ou $\text{Cu} \text{C} + \text{Cu} \text{H}$

La formule de l'Azurite peut s'écrire $\text{Cu}^6 \text{C}^4 \text{H}^5$

Celle de la Malachite peut s'écrire $\text{Cu}^6 \text{C}^3 \text{H}^3$

L'on a dès lors :

Dans l'Azurite :

$$\frac{\text{Cu}}{6} = \frac{\text{C}}{4} = \frac{\text{H}}{5}$$

Dans la Malachite :

$$\frac{\text{Cu}}{6} = \frac{\text{C}}{3} = \frac{\text{H}}{3}$$

Il serait superflu de décrire ces espèces que l'on reconnaît si facilement à leur couleur spéciale. Toutes deux, elles sont solubles dans les acides avec effervescence, à condition que l'on chauffe un peu. Au chalumeau à la flamme de réduction, avec ou sans addition de carbonate de soude, le cuivre est revivifié.

L'azurite était autrefois très-abondante à Chésoy ?

On la trouve encore aujourd'hui à Oravitz et à Moldawa, dans le Banat, à Saalfeld & Lamsdorf, en Thuringe, en Sibérie.

La Malachite est une magnifique pierre d'ornement, certaines variétés sont fibreuses, presque soyeuses, elles viennent de Gumeschewsk dans l'Oural. Dans la collection du corps des mines à Pétersbourg, on voit un bloc de 3 pieds 6 pouces de hauteur et presque aussi large, estimé 525,000 roubles. On en façonne des vases, des tablettes &c. Les hautes colonnes de l'Eglise Isaac sont ornées de Malachite, ainsi que toute une salle du Palais d'hiver. Les plus beaux vases de malachite que l'on puisse voir sont à Munich à la Résidence.

Buraitite.

404. Nous ferons ici mention de la Buraitite bien que ce soit un minéral assez rare, par la raison qu'il a été dédié à votre futur professeur d'exploitation des Mines, M^r Bureau, mon savant maître. Sa composition répond à la formule :

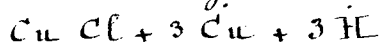


R représente de l'oxyde de cuivre qui peut être en partie remplacé par le protoxyde de zinc ou la chaux : C'est une substance cristalline affectant la forme de longues aiguilles parfois soudées entre elles.

Sa densité est de 3,32. Bleue de ciel, verdâtre. Son éclat est un peu nacré. Elle donne de l'eau dans le tube. Sur le charbon avec le carbonate de soude, on obtient un culot de cuivre et un enduit d'oxyde d'étain.

On rencontre ce mineral à Chessy, - à Volterra en Toscane, à Framont, dans les Vosges et à Loktewok dans l'Altai

Cuivre oxychloruré



405. C'est un mineral de cuivre spécial à l'Amérique du Sud.

Il se présente parfois sous la forme d'aiguilles radiales que l'on rapporte à un prisme rhomboédral droit.

Un clivage facile parallèle au plan diagonal déterminé par les petites diagonales basiques.

Trans lucide. Éclat vitreux. - Vert émeraude foncé différent de celui de la Malachite.

Caractère distinctif. Colore directement les flammes en bleu. On comprendra facilement ce phénomène en se rapportant à ce que nous avons dit (§ 394) des essais pyrognostiques des composés à base de cuivre.

Se dissout sans effervescence dans AZ .

En masse compacte, à l'état de sable.

Chili, - Découvert à Atacama au Pérou, - Pérou.

Minerais de Zinc.

406. Les Minerais de Zinc chauffés sur le charbon avec ou sans carbonate de soude émettent des vapeurs qui en retombant forment à la surface du support un enduit jaune à chaud et blanc à froid.

Il n'y a que deux minerais de zinc:

Le zinc sulfuré Zn S ou Bleue,

Le zinc carbonaté Zn C ou Calamine.

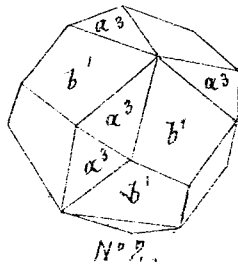
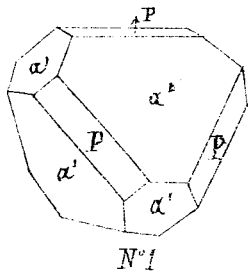
Les minerais de zinc n'ont pas l'aspect franchement métallique et

bien longtemps, on n'a su y reconnaître l'existence de ce métal. — Aussi les Anciens n'ont-ils pas connu le zinc. Ils obtenaient le laiton, non pas en mélangeant au cuivre fondu du zinc métallique, mais ce minéral qu'ils appelaient *Cadmia* qui d'après leurs descriptions n'était autre chose que le Carbonate de Zinc. Avouons même que nous avons fait comme les Anciens, nous avons foulé aux pieds jusqu'en 1865 ou à très peu près le gîte très important de Calamine de la Sardaigne sans y reconnaître ce minéral. On n'a commencé à préparer le zinc que dans le XV^e siècle. Les procédés métallurgiques ont été très perfectionnés dans le Cours du XVIII^e siècle.

Blende

Zn S.

407. Cristallise dans le système cubique. Tendance marquée vers les formes hémihédres.



On trouve fréquemment le tétraèdre $\frac{1}{2} a'$ combiné avec les faces P du Cube (N°1).

Le dodécaèdre rhomboïdal b^1 combiné avec le solide hémihédre du trapezoèdre α^3 (N°2).

Les cristaux ont encore une grande tendance à se grouper au nombre de deux sur un plan de

jonction parallèle à l'une des faces du dodécaèdre rhomboïdal.

Caractère fondamental: le clivage. Il existe six directions de clivage parallèles aux faces d'un d'un dodécaèdre rhomboïdal.

On peut toujours en plaçant un cristal quelconque dans les mâchoires d'un étau en frappant sur un couteau dont le tranchant est convenablement orienté à la surface du cristal, en tirer un dodécaèdre rhomboïdal.

Densité 3,9 à 4,2.

Durétés tout au plus égale à celle du spath fluor.

Éclat très variable. Éclat adamantin; si pure

Éclat de la cire; si renferme du Cadmium.

Éclat pseudo-métallique; si renferme du Cadmium et du Fer.

Couleurs variables suivant ces mélanges.

Jaune; si pure (Kapnick - Hongrie).

Brunâtre; si renferme du Cadmium (Freiberg - Cumberland).

Noire; si renferme du Fer (la plus commune).

Troussière de teinte toujours plus claire que l'échantillon en masse.

Les variétés jaunes sont phosphorescentes par frottement et il suffit de les frotter avec une barbe de plume pour apercevoir le phénomène.

Elle est soluble avec difficulté, après pulvérisation dans AZ , il y a séparation du soufre.

On chauffe au chalumeau de grille très difficilement et il ne faut pas la chauffer sur le charbon si l'on veut constater la présence du soufre, car le peu qui s'en dégage se répandant sphériquement autour du fragment que l'on essaie, l'organe de l'odorat à peine à saisir l'odeur caractéristique de S; il faut la griller dans un tube ouvert. Cependant après une longue insufflation sur le charbon apparaît une auréole blanche (après refroidissement) et même un peu orangée si elle renferme du Cadmium.

La difficulté de griller la Bleude nous explique pourquoi ce minerai a été longtemps rejeté comme intraitable! Ce n'est que depuis 30 ans environ que l'on a imaginé des fours à reverbères capables de produire l'oxydation convenable. On s'est alors aperçu que si la Bleude se rencontre fréquemment à côté d'autres sulfures ou de la Calamine, elle est toujours peu, abondamment répandue. On la voit aussi quelquefois à l'état lamellaire.

Les Bleudes cadmifères offrent assez souvent une structure radiale.

Une variété jaune chamois d'aspect lithoïde avec éclat un peu résineux,

nullement métallique, concrétionnée ou compacte se rencontre dans la vallée de la Meuse. Il est bon d'en voir quelques échantillons, car il est difficile sous ces apparences pierreuses de reconnaître un sulfure métallique. Souvent il y a alternance avec des couches de pyrite, de fer ou de galène.

La Blonde est exploitée dans les filons de galène (voir plus bas) associée à la pyrite de fer et même au cuivre gris. On la trouve aussi à côté de la Calamine.

Zinc Carbonaté ou Calamine.



Par Calamine, il faut entendre le minéral traitable de Zinc différent du sulfure. C'est en général du Carbonaté de Zinc mélangé de silicaté.

Le Zinc carbonaté est isomorphe de la chaux carbonatée (voir S 138.). Son système cristallin et ses clivages sont donc comme de nous l'angle caractéristique de sa forme primitive, nous le devinons, approximativement au moins.

R rhomboèdre primitif $107^{\circ} 40'$.

Les formes dérivées sont le rhomboèdre équiaxe b^3 , le rhomboèdre aigu c^4 , les scalénoèdres. Les cristaux sont assez petits et serrés en densés. Ils sont ternes et comme couverts d'un enduit pulvérulent, caractère qui permet de les distinguer des cristaux de Zinc silicaté qui sont toujours très brillants souvent même, complètement vitreux.

Densité 4,5.

Durété égale à celle de l'apatite.

Couleur blanche à l'état de pureté, mais presque toujours assez variable et due à des mélanges de matières étrangères. Couleur blonde, par exemple, due à la présence du fer.

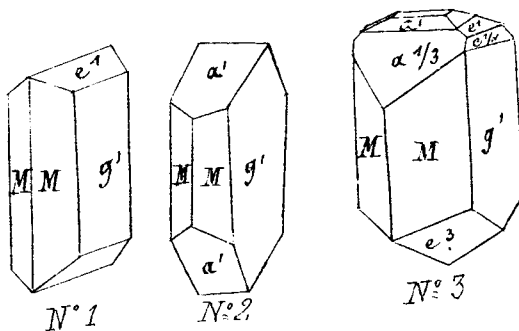
Renferme toujours un peu de chaux et de magnésie, soluble avec effervescence dans l'acide chlorhydrique sans donner de gelée comme fait le silicaté de zinc.

Insoluble au chalumeau, mais laisse dégager des fumées de zinc jaunes à chaud et blanches à froid qui en retombant forment un enduit sur le charbon. Cet enduit humecté d'une goutte de nitrate de cobalt en chauffé fortement devient vert. (Excellent procédé pour reconnaître les composés à bases de zinc).

Le zinc carbonaté est très fréquemment cristallisé, mais les cristaux sont répandus dans des masses de calamine non cristallisée, affectant l'état concretionné ou compact. Les masses concretionnées sont en général hérisées de ces petits cristaux. Elles ont l'apparence d'un calcaire un peu osseux. C'est aussi l'apparence des masses compactes. La calamine se rencontre dans les filons ou plutôt dans des amas ou des gîtes irréguliers disséminés dans des couches sédimentaires. A la Vieille-Montagne, près de Morvins en Belgique et près d'Aix-la-Chapelle, à Nerviaz, à Almya-Carnowitz en Silésie, à Santander en Espagne.

409. Il y a un hydrocarbonate de zinc considéré autrefois comme un produit accidentel, mais qui en Espagne constitue un véritable minéral; il est blanc comme la craie, affecte une disposition foliacée. Chauffé dans le tube, on le voit jaunir (Zn) - il donne de l'eau (H). Aux acides, il fait effervescence (C). Les trois éléments constitutifs sont ainsi bien vite reconnus.

410 La Calamine est presque toujours associée au Zinc silicaté, ($2 \text{Zn}^2 \text{Si} + 3 \text{H}$). Les masses de silicate sont comme celles de carbonaté concretionnées en compactes. On les reconnaît aux géodes de cristaux qui se développent. Les cristaux décivent d'un prisme rhomboïdal droit



Voici les formes les plus communes. Une large troncature qu'elles leur donne une apparence tabulaire.

Remarquez le cristal N° 3, il est hémisphère, à la façon d'une

BIBLIOTHÈQUE
HÉBERT

tourmaline, les deux extrémités du cristal sont différentes. Aussi cette espèce comme la tourmaline, s'électrise-t-elle par la chaleur. Ces cristaux n'ont rien de commun avec des formes dérivant d'un rhomboèdre, de plus, ils sont mitoyants en par conséquent, on ne saurait les confondre avec ceux de Calamine.

Densité : 3,5 au lieu de 4,5 (celle de la Calamine).

La Calamine fait effervescence aux acides, mais ne donne pas de gelée. Le silicate ne fait pas effervescence, mais donne une gelée siliceuse.

Mêmes gisements que le Carbonate

Minerais de Plomb.

411. Les minerais de plomb chauffés au chalumeau, donnent sur le charbon, un enduit jaunâtre.

Le Plomb natif se rencontre exceptionnellement dans la nature. En on trouve quelques petits fragments dans les galènes des environs de Vera-Cruz (Zomelahuacan), dans l'Oural (Bogolowsk), près de Carlsberg et à Madère.

Les minerais dont on extrait le plomb, sont au nombre de deux :

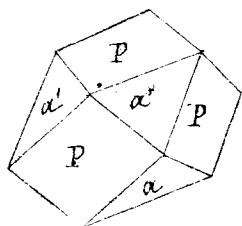
Le Plomb sulfuré PbS ou Galène,

Le Plomb carbonaté PbC ou Plomb blanc.

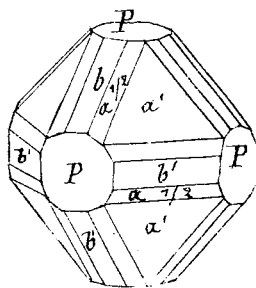
Galène



412. La Galène cristallise dans le système cubique. Les formes les plus habituelles sous lesquelles elle se présente sont l'octaèdre α^1 . Le cubo octaèdre Γ , α^1 .



Des cristaux où l'on rencontre à la fois les faces P , α^1 . Les faces du dodécaèdre rhomboïdal β^1 et de l'octaèdre pyramidé $\alpha^1/2$.



C'est un minéral essentiellement clivable. On peut par le choc faire naître des faces qui viennent toutes au jour avec la même facilité et offrent le même éclat. Ces faces sont orientées dans trois directions rectangulaires entre elles, et représentent, par conséquent, les faces d'un cube. La poussière regardée à la loupe laisse aussi apercevoir

de petits cubes

La dureté est comprise entre celle du gypse et celle du spath d'Islande.

Densité 7,3 à 7,6.

Les faces naturelles des cristaux sont d'un gris bleuâtre très foncé; les faces de clivage sont d'un beau blanc d'argent et douées d'un éclat métallique très vif.

Soluble à chaud dans HCl et dans AZ étendu.

Si l'on plonge dans la solution une lame de zinc, elle se couvre aussitôt de Plomb.

Au chalumeau, fond avec la plus grande facilité (après avoir décrépité) répand l'odeur de S et des fumées d'oxyde de plomb qui vont se condenser sous forme d'aiguilles à peu de distance de l'échantillon. Celui-ci donne enfin un bouton malléable de Plomb.

Le plus souvent on trouve la galène sous forme de masses cristallines, formées de cristaux imparfaitement développés, ou même en masses spathiques associées à du quartz, du spath-fluor, de la baryte sulfatée et de la blende. Ces masses passent d'elles-mêmes à une structure finement grenue et même compacte, (dans ce dernier cas, couleur bleue intense)

413. Il n'est pas de galènes qui ne renferme quelques traces de sulfure d'argent. - PbS et AgS sont isomorphes. Aussi doit-elle être considérée comme un véritable minéral d'argent. On juge à première vue si une galène peut ou non être riche en argent. Les galènes à grand clivage nettement cristallines sont pauvres; les galènes à cassure tout à fait compacte

sont aussi très pauvres, les galènes grossièrement spathiques ou à grains fins et brillants sont bien souvent argentifères (0,01 à 0,05 d'argent), mais, ne l'oubliez pas, ce sont là des conditions nécessaires, non suffisantes, c'est pourquoi nous nous sommes bornés à dire que les galènes qui offrent ces caractères peuvent être argentifères.

Le Sélénium & l'Antimoine entrent parfois dans la galène.

C'est un minéral de filon. Les filons où on le rencontre sont d'ordinaire bien réglés, continus et présentent cette structure rubanée dont nous nous entretiendrons plus tard. Ces fentes sont ouvertes dans les terrains schisteux - (Harz, Saxe, St^e & Marie-aux-Mines dans les Vosges, Pontébaud en Auvergne, Roullaucou et Kuelgoat en Bretagne, dans les terrains primaires - (Cornwall en Cumberland, - Etage du calcaire carbonifère), dans les terrains secondaires (Bleiberg en Carinthie). On rencontre aussi la galène dans des gîtes irréguliers dont l'origine se rattache à la venue au jour des roches éruptives - (Allone & Confolens dans la Charente). Enfin elle peut être disséminée à l'état de grains plus ou moins grossiers dans des couches sédimentaires - (Prusse rhénane, Elbe, Espe.)

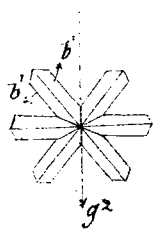
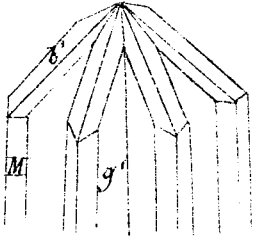
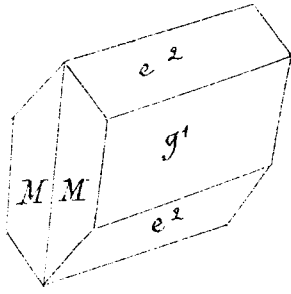
Plomb Carbonaté ou Plomb blanc.

Pb \bar{C}

44. C'est un minéral plus rare que le précédent, bien que les gisements soient les mêmes. On l'ajoute à la galène dans le traitement que l'on fait subir à ce minéral.

Au point de vue morphologique il est de la famille des carbonates prismatiques, l'isomorphe de l'Arragonite, de la Strontiane carbonatée de la baryte carbonatée, c'est-à-dire qu'il cristallise sous la forme d'un prisme rhomboïdal droit voisin de 120° . L'angle caractéristique est ici de $117^\circ 1/2'$.

Les formes décrites sont celles de l'Arragonite. On rencontre aussi



des cristaux très aplatis suivant g^1 . Ces cristaux s'associent parfois au nombre de six. La disposition du groupement est représentée en élévation et en plan par les deux figures ci-jointes. La face de jonction est g^2 . Cette face serait perpendiculaire sur ML si l'angle $\frac{ML}{ML}$ était de 120° , mais nous avons vu qu'il était seulement de $11^\circ 14'$, cependant à raison du faible écart de ces

angles, le vide intérieur qui en résulte se remplit de matière et le groupement a la forme d'une étoile à six branches. Des clivages peu sensibles existent parallèlement aux pans M .

Densité 6,5.

Durété à peine supérieure à celle de la chaux carbonatée.

Couleur : blanc, blanc gris, blanc jaunâtre.

C'est une substance transparente, au moins translucide.

Le plan des axes optiques se confond avec le plan diagonal passant par les petites diagonales basiques, il est par conséquent parallèle à g^1 les axes étant peu écartés (écart apparent 16°) on voit fort bien dans les pinces à tourmalines les deux systèmes d'anneaux colorés et les lemniscates bordées des plus belles couleurs qui limitent la figure. Aussi les lemniscates du Plomb carbonaté sont-elles justement renommées parmi les physiciens. (Voyez S/168).

Son éclat est adamantin sur les faces naturelles; éclat gras sur les faces mises à nu par la cassure.

En présence des acides, effervescence lente et à chaud seulement.

Au chalumeau décrépite, donne l'auréole jaunâtre et un culot de Plomb métallique.

On le rencontre aussi en masses cristallines saccharoïdes, ou en masses amorphes en terreuses.

Voici les caractères dévoilés par l'usage du chalumeau sous définitifs.

415. Nous citerons en pour mémoire le Plomb vert ou Plomb phosphaté.

Il serait plus juste de dire Plomb phosphaté arsenaté. C'est une reproduction de la composition de l'apatite où la chaux est remplacée par le Plomb. La formule $3 Pb^{2+} PO_4^{3-} + Pb \frac{Cl}{Fl}$ en fait foi. Ce sont des apatites plombées. Aussi la forme dominante est elle encore le prisme hexagonal régulier comme pour l'apatite: couleur verte ou jaune.

Caractère au chalumeau entièrement décisif.

À la flamme oxydante, il fond sans se réduire et donne une perle qui par le refroidissement cristallise aussitôt et prend des formes polyédriques.

Minerais d'Étain.

416. Il n'existe qu'un seul Minerais d'Étain à savoir l'

Étain oxydé.

Sn

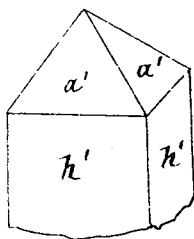
C'est l'acide stannique des chimistes. Il cristallise dans le système d'un prisme droit à base carrée.

Les Cristaux simples sont assez rares.

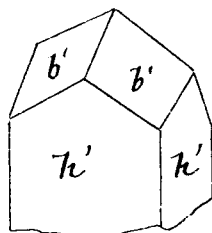
On trouve le prisme droit à base carrée le dérivé du prisme primitif par troncature sur les arêtes

des pans H (voir S/99) surmonté des faces de l'octaèdre naissant sur les angles a' . Ce même prisme dérivé le surmonté des faces de l'octaèdre b' .

Les cristaux d'ordinaire deux cristaux du type N° 1 s'accouplent; le plus

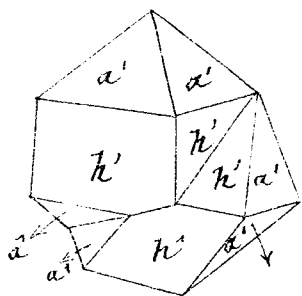


N° 1



N° 2.

de jonction étant une face parallèle à l'une des faces de l'octaèdre b' . Ces deux cristaux déterminent par leur rapprochement un dièdre creux (α/a , que les mineurs appellent le Bec d'Étain).



Par une lumière très vive on observe des clivages parallèles aux faces b'

Densité 68.

Dureté intermédiaire entre celles des feldspath et du quartz, raye facilement le verre, fait feu au briquet, cassure inégale.

Colorations Azécs variables. Exceptionnellement incolore et transparent. - Dans la plupart des cas, brun rougeâtre, passant au noir.

Éclat adamantin très vif sur les faces ; vitreux sur une cassure fraîche.

Infusible au chalumeau, mais sur le charbon avec addition de borax fond facilement. Comment en serait-il autrement puisque l'oxyde d'étain est la base de tous les émaux ? Se réduit difficilement par addition de Carbonate de soude en étain métallique.

Peut être considéré comme à peu près inattaquable par les acides.

On le rencontre à l'état concrétionné (Étain de bois). Ce sont des masses mammelonées, couleur acajou, formées de couches concentriques diversement colorées, à texture fibreuse, rappelant sur une surface de cassure la disposition des couches ligneuses. C'est l'étain amorphe sous forme de cailloux ou de grains de sable.

417. On distingue dans le Commerce l'Étain d'alluvion d'avec l'Étain de roche. L'Étain d'alluvion est celui qui provient du minerai qui a été recueilli dans le lit des rivières ou des torrents, et qui par conséquent, a subi un lavage, qui l'a séparé des autres substances métalliques, moins denses que lui, qui l'accompagnaient dans le filon. C'est le seul Étain bien pur, le seul qui fasse entendre le Cri

quand on le ploye. C'est le Minerai de Banca & de Malacca. (Indes Orientales).

L'Étain de roche est celui qui provient du minerai directement extrait du filon et qui dès lors demeure associé à des sulfures métalliques. L'Étain obtenu par la fusion de ce minerai est loin d'offrir la pureté de l'autre (Cornwall - Devonshire - Erzgebirge - Zinnwald.)

418. Les filons d'Étain ont traversé les couches schisteuses, à peine les premières couches primaires. Ce sont les plus anciens filons.

La France possède quelques gîtes d'Étain et l'on peut dire qu'elles nous procurent l'occasion d'admirer la sagacité des Gaulois, nos pères. Le minerai s'y présente presque partout à un état de dissémination, qui le rend si difficile à reconnaître, que plus d'un Minéralogiste de profession pourrait y être trompé.

Dans la Haute-Vienne, près de Naubay, et dans la Creuse, à Montebazou on a trouvé des débris de mines, si abondants, que l'on a cru pendant longtemps y reconnaître des ouvrages militaires destinés à protéger un camp. Il résulte aujourd'hui de documents très précis qu'il y a eu sur ces points des Exploitations, qui ont porté à la fois sur la roche des filons et sur les sables provenant de la démolition de leur gangue quartzueuse. Aujourd'hui les connaissances minéralogiques sont assez répandues et cependant la richesse stannifère de ces gîtes nous eût échappé sans ces témoins d'anciens travaux. Les Gaulois ont encore exploité l'étain dans des roches quartzueuses dont l'abatage ne peut être aujourd'hui tenté qu'avec le secours de la mine : dans la Loire-Inférieure et dans le Morbihan à Penestin (nom dont on reconnaît facilement l'origine - Cap d'Étain).

Minerai de Bismuth.

419. Le seul Minerai important est le Bismuth natif. Rhomboédre

de 87° 40' en clivage basique parfait ^{391.} ^{quivalent à}. Cassure inégale, Blanc rougeâtre, avec teintes azurées. Dureté entre gypse et calcaire. Densité 9,8. Fusible à la flamme de la bougie; Cristaux rarement discernables; masses grenues lamelleuses; - Erzgebirge Saxon, - Wittichen dans la Forêt noire; Biebow dans la Silésie.

Ce métal donne avec l'Etain ou le Plomb des alliages très fusibles, mis à profit pour reproduire par moulage des clichés et aussi pour fabriquer ces plaques fusibles dont on munit parfois les chaudières à vapeur. La Saxe en produit annuellement 2 Tonnes ½.

Minerais d'Antimoine

420 L'Antimoine est un des métaux qui a eu le privilège d'attirer l'attention des anciens chimistes, à cause de ses applications dans la Médecine et divers alliages.

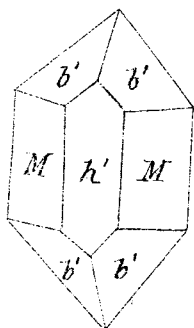
Les Romains connaissaient déjà l'Antimoine sulfuré qu'ils appelaient Stibium, mot tiré du grec qui signifie fard. Les Grecs et les habitants de l'Asie s'en servaient pour se teindre les cheveux et les sourcils, habitude qui s'en est conservée encore aujourd'hui chez les Egyptiens. Sa vertu médicinale avait surtout frappé les anciens chimistes. Basilins Valentinus (XV^e Siècle), a écrit un traité qui a pour titre: *Châz Triomphal de l'Antimoine*, où il vante beaucoup les qualités curatives des divers composés de ce métal.

L'Antimoine se rencontre très rarement dans la nature à l'état natif. Il forme alors des masses lamelleuses ou grenues d'une couleur blanc d'étain et d'un éclat métallique très vif, - il est très cassant, assez dur et brûle facilement à la flamme d'une bougie en émettant des fumées blanches. - Si l'on fait cette expérience sur le charbon, on voit ces fumées aller se condenser à une grande distance de l'échantillon.

Antimoine Sulfuré.



424. Il cristallise sous les formes dérivées d'un prisme droit rhomboïdal de $90^\circ 45'$. Forme assez commune: les pans du prisme M, le couple de faces b' , l'octaèdre b' .



est inégale.

Il présente un clivage d'une remarquable facilité parallèle au plan diagonal comprenant les petites diagonales basiques - (parallèle à la modification q'). On en détache très facilement à l'angle des lames parallèles à cette direction. Dans toute autre direction, la cassure

Densité 4,6.

Les faces du clivage sont rayables à l'ongle, les autres ne le sont pas.

La couleur est le gris bleuâtre. Celle de la poussière le gris noirâtre. Si on promène sur le clivage une feuille de papier, elle est aussitôt noircie.

Éclat métallique des plus vifs sur les faces de clivage.

Il fond à la flamme de la bougie, donne des vapeurs sulfureuses et l'auréole blanche sur le charbon.

Une solution bouillante de potasse caustique l'attaque et il y a dépôt après refroidissement d'une poudre rouge brune que l'on appelle le Xermès minéral. Il se présente ordinairement sous forme de longues baguettes ou aiguilles dont les surfaces offrent assez souvent des teintes irisées, en masses fibreuse et grenue. La Hongrie possède plusieurs gîtes importants d'Antimoine Sulfuré à Schemnitz, Kremnitz, Magurka. On le rencontre en France dans l'Orléans et le Gard en Bohême à Przibram, à Wolfach, dans le Duché de Bade.

422. On trouve aussi l'Antimoine à l'état d'oxyde. A cet état, il est dimorphe et revêt tantôt des formes prismatiques, tantôt des formes cubiques. On ne le rencontre en assez grande quantité pour constituer un véritable minerai qu'en Algérie. C'est un sesquioxyde Sb_2O_3 . Il se présente sous forme de masses blanches ou jaunes dépourvues de l'éclat métallique caractéristique qui distingue nettement ces espèces d'avec l'Antimoine sulfuré, et cependant on y reconnaît la présence de l'Antimoine à l'Étincelle blanche qu'elle donne sur le charbon quand on le chauffe au chalumeau.

L'Antimoine est allié au Plomb et à l'Étain pour la fabrication des caractères d'imprimerie. Ses combinaisons sulfurées ou oxydées sont la base d'un grand nombre de médicaments. Mais il faut avouer cependant qu'il a coûté la vie à bien des gens. Pendant bien longtemps on n'a pu se préparer les composés antimoniaux avec toute la pureté désirable et se rendre un compte exact de leurs effets. Un ouvrage écrit sur cette matière par Guy-Patin nous apprend qu'au XVI^e siècle, le nombre des victimes de l'Antimoine fut si considérable qu'un Arrêt du Parlement (1566), en proscrivit l'emploi en médecine. L'origine du mal dérive de l'isomorphisme, de l'Antimoine et de l'Arsenic et de la difficulté que l'on éprouve à séparer ces deux radicaux, que la nature réunit presque toujours.

Minerais d'Arsenic.

423. Dénomination tirée d'un mot grec qui signifie violent, probablement pour faire allusion à l'énergie avec laquelle il agit sur l'organisme animal. Les Grecs connaissaient les deux sulfures : le Realgar (rouge) l'Orpiment (jaune). C'est le chimiste allemand Schröder qui le premier (1834) est parvenu à isoler le radical métallique.

On le trouve dans la nature à l'état natif

Il cristallise dans le système rhomboédrique : - R rhomboédrique

primitif : $85^{\circ} 4'$ (1)

Sur une cassure fraîche, il est de couleur blanc d'étain, mais il noircit bien vite à l'air.

Au chalumeau, il se volatilise, sans entrer en fusion, en dégageant des vapeurs blanches, dont l'odeur rappelle celle de l'ail, (odeur alliacee), chauffé dans un tube fermé il est sublimé en nature et va former sur les parties froides un enduit grisâtre et métallique d'Arsenic.

Il est assez rare et se présente d'ordinaire sous forme de petites masses testacées laissant voir sur une tranche des zones courbes superposées dont la cassure est compacte ou finement grenue.

On le rencontre dans des filons qui ont traversé l'affleurement de la cassure, - Alsace, - Styrie.

Arsenic Sulfurés.

424 Arsenic sulfuré rouge, (rouge aurore), Realgar As_2S_3 .

Arsenic sulfuré jaune; (jaune citron), Orpiment As_2S_3 .

Deux substances rares, chauffées au chalumeau dégagent l'odeur alliacee. Ces minéraux sont parfaitement caractérisés par leur coloration qui les distingue entre eux et de tous les autres minéraux.

Le véritable minéral d'Arsenic est le Mispickel (Poir 8377).

Minerais de Mercure.

425. Tandis que tous les autres métaux de la nature se présentent à nous

(1)	L'ombroïde primitif de l'Arsenic	$85^{\circ} 4'$	}	Minéraux magnétiques.
	de l'Tellure	$86^{\circ} 57'$		
	de l'Antimoine	$87^{\circ} 35'$		
	de Bismuth	$87^{\circ} 40'$		

à l'état solide et que même leur point de fusion est très éloigné des températures normales de nos climats, - le Mercure, au contraire, rencontre dans notre atmosphère son calorique de fusion et il faut pour le voir se solidifier le transporter dans la zone boréale, dans la région où le thermomètre descend jusqu'à 40° . au dessous de 0° .

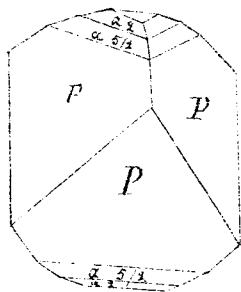
Le Mercure existe dans la nature à côté du sulfure ou Cinabre.

On le trouve sous forme de gouttelettes attachées aux parois des roches où on exploite le Cinabre. Ces gouttes se réunissent parfois dans des poches (terreins schisteux ou primaires). Le mercure que l'on extrait de ces gîtes ne coule pas très facilement, cela tient à ce qu'il renferme un peu d'argent en dissolution. Et côté du mercure natif, on remarque bien souvent de l'Argent amalgamé. En chauffant dans le tube ouvert, un fragment de cet amalgame on peut éliminer le mercure qui se détache sous forme de gouttelettes aux parois froides et l'argent est isolé.

Cinabre.

Hg S.

426. Cristallise sous les formes qui découlent d'un rhomboëdre aigu de $71^{\circ} 48'$. Cristaux assez petits, serrés en masses : on voit souvent les faces du rhomboëdre primitif, associées à celles de rhomboëdres plus plans a^2 jusqu'à celui qui se réduit à deux plans parallèles a .



et ne considérées que les clivages, il semblerait que la molécule a la forme d'un prisme hexagonal régulier.

Fusible entre elle du gypse et celle du spath d'Islande.

Densité 8 à 8,2.

État adamantin.

Transparent, ou au moins, translucide. Couleur rouge cochenille. Couleur

de la poussière rouge vermillon. Si on taille une lame perpendiculaire à l'axe, on ne voit pas dans les appareils de polarisation la croix noire pénétrer dans l'anneau central et si on tourne la tourmaline oculaire ou mieux l'analyseur qui en tiens lieu de gauche à droite ou de droite à gauche, l'anneau central s'élargit ou se contracte. C'est M. des Cloizeaux qui a observé pour la première fois ce phénomène. Le Cinabre est donc donc comme le quartz du pouvoir rotatoire. (Voy §. 221).

Il n'y a pas dans toute la nature un corps transparent ou translucide qui possède une aussi grande densité. Par ce caractère il s'isole de tous les autres minerais.

Au chalumeau, sur le charbon, il est volatilisé complètement en partie à l'état de sulfure, en partie à l'état de mercure et d'acide sulfurique.

Dans le tube fermé volatil sans décomposition. Soluble dans l'eau régale seulement et pas facilement.

Les gîtes les plus célèbres de Cinabre sont ceux d'Almadén en Espagne et d'Idria en Carniole, les premiers beaucoup plus productifs que les seconds (proportion $\frac{20}{3}$). Ces deux exploitations sont déjà fort anciennes. Le gîte d'Idria a été découvert en 1497 par un ouvrier tonnelier; Il venait de fabriquer une cuve et l'avait placée dans une petite dépression du sol où coulait une source; pour s'assurer si elle tenait bien l'eau; le lendemain la cuve était devenue si lourde qu'il eut de la peine à la soulever, elle était en partie pleine de mercure. On a découvert dans ces dernières années des gîtes de cinabre au Chili, au Mexique et en Californie.

Les Grecs et les Romains se servaient de Cinabre comme de fard et même les jours de fête, ils en barbouillaient les visages des statues de Jupiter & de Bacchus. Ils peignaient aussi au moyen de Cinabre les titres de leurs ouvrages et les premières lettres des Chapitres.

Minerais de Chrome

On tire le Chrome du fer Chromé (voir §366).

Minerais de Molybdène, d'Uranium, de Titane, de Cérium, de Tantale, d'Yttrium.

427 Le molybdène s'offre ordinairement à nous l'état de sulfure. Le molybdène sulfuré affecte la forme de tables hexagonales très plates; ou de masses feuilletées ou compactes, d'une couleur gris de plomb. C'est un minéral très mou et d'un toucher gras. Il est assez difficile de le distinguer d'avec le graphite, on peut le faire au moyen du chalumeau. En effet le graphite brûle sans résidu, le molybdène sulfuré brûle après avoir été chauffé longtemps en dégageant une odeur sulfureuse et il laisse un résidu blanc jaunâtre, infusible, d'acide molybdique.

428 L'Uranium existe à l'état d'oxyde dans l'Erzgebirge saxon et bohémien et dans le Cornouailles. C'est l'Oxide d'Uranium UO_2 . C'est une substance qui certainement cristallise dans le système octaédrique puisque c'est une spinelle. Cependant on ne l'a jamais vu qu'à l'état amorphe. Noir de pouce. Poudre d'un noir verdâtre.

Densité, 6,5.

Au chalumeau, avec le borax, au feu d'oxydation verre jaune; au feu de réduction verre vert.

429. On rencontre aussi Uran phosphate cuivreuse $(\text{Cu} + \text{U}) \text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$, tables carrées dérivant d'un prisme droit à base carrée - vert émeraude, vert d'herbe.

Densité 3,6.

Solution dans AZ vert jaunâtre.

430. L'Uranite $(\text{Ca} + \text{U}) \text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$, c'est des Chozoaux a montré que la forme primitive était un prisme droit rhomboïdal de $90^\circ 43'$. C'est un

bien net — parallèle à la base.

Densité 3, 9.

Autun, - Chanteloube.

431. Le Titane oxydé est dimorphe.

Rutile, Anatase, Brookite.

Composition commune Ti .

Rutile & Anatase, forme primitive, prisme droit à base carrée.

Le rutile en prismes cannelés en geniculés, (c'est-à-dire accouplés de manière à simuler le genou ployé).

Densité 4, 27.

Couleur rouge brunâtre.

L'Anatase en octaèdres aigus.

Densité 3, 80 seulement.

Couleur brune ou brun bleuâtre.

La Brookite. Cristaux sous forme de petites tables minces d'un brun rougeâtre, translucides.

Densité 4, 13.

Toutes ces espèces sont inattaquables par les acides et infusibles au chalumeau et avec les flux donnent les réactions de l'acide titanique à savoir un verre qui à la flamme de réduction est d'abord jaune, et finalement d'un bleu violacé.

Rutile, - Somosierra (Espagne), - Rosenau, (Hongrie),
Georgie aux Etats-Unis, - St. Yrieix, (Haute-Vienne), -
St. Gothard (Suisse).

Anatase et Brookite - Bourg d'Oisans (Isère).

432. Le Tantal se rencontre à l'état de Tantalate de fer et de Manganèse.

433. Le Cérium forme avec le silice un silicate hydraté Célite ou le Cerium peut être remplacé partiellement par le Laubane & le Didyme.

434. L' Yttrium se présente aussi à l'état de silicate :

L' Yttria est susceptible d'être remplacé par l'oxyde de Cerium en le protoxyde de fer.

Enfin l'on rencontre aussi un Tantalate d' Yttria et un silicate double d' Alumine et de Cerium.

Provenances de ces divers minerais (voir § 294)

435. Ici se termine l'histoire des divers éléments du sol qui présentent quelque intérêt au point de vue de l'Ingénieur.

Il ne faut point, Messieurs, vous imaginer qu'en lisant et relisant vos cahiers de notes, vous puissiez vous graver dans la mémoire les traits distinctifs des Espèces minérales.

Tout le zèle que vous pourriez employer à cette tâche serait peine perdue.

Il est indispensable de faire de nombreuses visites à notre Cabinet de Minéralogie, qui renferme toutes les variétés, dont nous nous sommes entretenus : et il n'est point encore assez. Vous ne pouvez dans la Salle des Collections toucher les échantillons, les tourner et les retourner, les rayer, les froter, les regarder par transmission &c.

Or ce manquement est indispensable pour apprendre la Minéralogie.

Pour parer à cet inconvénient, j'ai fait faire des boîtes renfermant 126 échantillons d'un très petit format. Ces boîtes sont mises à votre disposition, vous pouvez les emporter chez vous et reconnaître au doigt sur le minéral ses caractères fondamentaux. Essayez-en, je vous prie, et vous serez surpris de voir se graver naturellement dans votre esprit cette longue suite de caractères, qui semble défier la mémoire la plus fidèle

en la mieux exercée. Vous apprendrez alors presque à votre insu à reconnaître les minéraux, comme vous apprenez tous les jours et à votre insu à reconnaître les nombreux visages de vos camarades et de vos amis. J'ai connu des Collectionneurs sans aucune instruction, qui sont devenus très habiles dans cet art et ne voit-on pas dans les Mines les plus jeunes enfants, occupés à trier, c'est-à-dire, à distinguer les minéraux.

Géologie,

436. Nous avons maintenant à nous occuper de la géologie proprement dite. Au début de ces leçons, nous avons traité des causes actuelles, c'est à dire des modifications apportées au sol par les agents externes et internes. Nous avons vu que tandis que les premiers exercent des actions nivelantes, les seconds, au contraire, tendent sans cesse à créer des aspérités. Ce sont ces mêmes agents qui ont façonné le globe dans les temps préhistoriques et à l'intensité près on peut affirmer qu'à toutes les époques se sont produits les mêmes phénomènes.

437. La géologie est une science encore récente. Ses débuts ont été embarrassés dans de longues disputes entre deux écoles rivales, celle des Neptuniens qui ne voulaient voir partout que l'action des eaux, celle des Plutoniens qui voulait tout expliquer par l'action du feu. Nous n'avons pas à discuter ces opinions, nous nous bornerons ici à exposer la théorie de M. Elie de Beaumont, que aujourd'hui on a admise par la plupart des géologues. Cet illustre savant a pris pour point de départ cette même hypothèse de Laplace dont nous avons déjà eu l'occasion d'en dire un mot (§ II.) Rappelons-en ici les traits principaux.

438. À l'origine tout le système solaire n'aurait formé qu'une seule nébuleuse sphérique s'étendant au delà de l'orbite de la planète

la plus éloignée et tournant autour de l'axe autour duquel tourne aujourd'hui encore le Soleil et dans le même sens que cet astre. Cette nébuleuse est allée toujours en se condensant vers son centre. De grandes masses annulaires de matière cosmique se sont successivement détachées de cet ensemble dans la zone équatoriale.

En effet le mouvement allait toujours en augmentant à la surface à mesure que ce globe gazeux se condensait, il est arrivé des moments où la force centrifuge due à cette vitesse croissante s'est trouvée supérieure à la force de condensation. Des anneaux nébuleux se sont donc séparés, mais ceux-ci ne pouvant être parfaitement homogènes dans toutes leurs parties, se sont pelotonnés et ont formé des planètes tournant autour d'elles-mêmes comme la nébuleuse originelle et en même temps autour de cette nébuleuse centrale. Ces sphéroïdes se sont eux-mêmes condensés abandonnant d'autres anneaux, dont un seul subsistait (anneau de Saturne) tandis que d'autres ont ^{formé} des satellites sphéroïdaux. Tous ces astres ont passé successivement par l'état gazeux, puis par l'état liquide, enfin ils se sont solidifiés. Dans ce système, le Soleil nous représente le résidu de la nébuleuse, continuant à se condenser, c'est-à-dire à se refroidir.

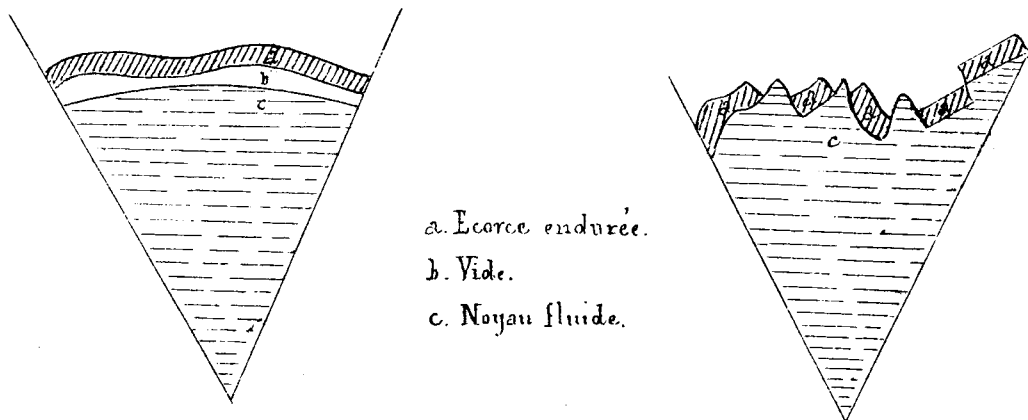
Ainsi si on adopte cette hypothèse, la Terre a été d'abord à l'état de nébuleuse, puis à l'état liquide, elle a pris en dernier lieu sa consistance actuelle. Telle est la base donnée par Laplace et c'est là, sans aucun doute, une des plus merveilleuses conceptions du génie humain, car nous verrons par la suite, qu'inventée pour les besoins de l'astronomie, elle rend compte de tous les faits de la Géologie, de tous sans exception, des plus généraux comme des plus minutieux.

439. Prenons maintenant le Globe à l'état liquide, incandescent & commençant à se solidifier. Il devait offrir quelques ressemblances avec un bouton de coupelle très fluide à l'intérieur et couvert à l'extérieur d'une mince pellicule de litharge. L'atmosphère de cette époque renfermait tous les principes volatils qui sont en grande partie métalliques. Une pellicule

solide s'en donc formée à la surface. Alors a commencé un phénomène qui a été le principe de la vie et de toutes les transformations qu'a subies notre planète. Le noyau interne encore liquide s'en contracté à mesure qu'il rayonnait son calorique dans les espaces, l'enveloppe extérieure a dû se rider pour venir s'appliquer sur cette masse fluide destinée à la supporter.

On trouve des traces de ces rides dans les couches les plus profondes du globe. Mais le noyau fluide intérieur se contractant toujours davantage, le manteau solidifié qui l'enveloppe va toujours augmentant d'épaisseur et devient assez rigide pour ne plus se plier à la manière d'une étoffe flottante, qui s'applique sur l'objet qui le supporte. Cette enveloppe solide fait résistance et pour prendre la forme du sphéroïde sous-jacent, elle se plisse et se gauchit lentement : Or cet état de choses est anormal, car cette voûte dépourvue de piliers qui n'a pour résister aux efforts tranchants exercés par la pesanteur, que sa propre rigidité allant toujours en s'épaississant par l'intérieur, doit tôt ou tard s'effondrer, sa surface extérieure doit alors subir des retranchements pour venir reposer de nouveau sur le noyau liquide qui s'en était séparé par contraction.

C'est ce qu'on exprime d'une manière exagérée ces deux figures où l'on voit l'aspect de la couche endurée avant et après le cataclysme. En



effort il s'en produit alors des écartements suivant des lignes de fractures déterminées. Ces effondrements ont été accompagnés de la venue au jour d'une partie de la masse fluide, qui s'est glissée dans les vides ouverts entre ces fragments rompus et isolés et a formé des bourellets saillants : L'enveloppe est donc redevenue de nouveau sensiblement sphérique. La surface plissée, gauchie, déprimée s'est rapprochée du centre, sauf les extrémités des fragments ou excroissances dans les mouvements de bascule et aussi les bourellets. L'on dit cependant d'ordinaire qu'il y a eu soulèvement le long de la ligne de brisure : c'est là un terme assez impropre, car tout l'ensemble a été abaissé. - Cette expression doit seulement rappeler que le cataclisme a donné lieu à la formation de bourellets saillants correspondant aux lignes de fracture. c'est en vertu du refroidissement secondaire, de nouveaux plissements, de nouveaux gauchissements de production, qui amèneront de nouveaux soulèvements (entendre ce terme dans le sens indiqué) ; l'écorce allant toujours s'épaississant vers l'intérieur, les soulèvements deviendront de plus en plus considérables et les derniers donneront naissance aux Alpes, à l'Himalaya, aux Andes.

440. Dans cette théorie nous voyons le relief du sol se modifier dans ce sens aussi bien par des déformations lentes, déplacées dans ce sens les limites des continents et des mers, que par des mouvements brusques ayant donné lieu à la formation des chaînes de montagnes. c'est avant de faire connaître les résultats particuliers produits par ce phénomène, il convient d'abord de l'étudier d'une manière générale.

Pour mettre de l'ordre dans cette étude, nous établirons 3 divisions :

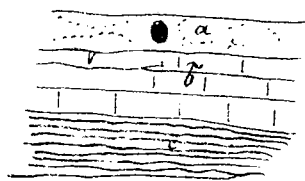
- | | | |
|---|---|---|
| 1 ^o Phénomènes produits en vertu des Mouvements de l'Écorce Terrestre. | { | a) Origine des Montagnes,
b) Mouvements lents,
c) Roches éruptives,
d) Filons,
e) Métamorphisme |
| 2 ^o Phénomènes produits par les eaux animées ; | | |
| 3 ^o Phénomènes qui ont eu leur siège dans les eaux nivelées. | | |

1^o Phénomènes produits en vertu des Mouvements de l'Écorce Terrestre.

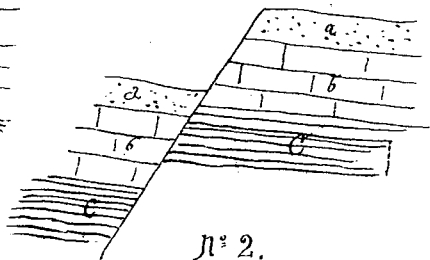
a) Origine des Montagnes

441. Vous avons bientôt à parler des couches sédimentaires et nous verrons qu'il en est démontré par les faits qu'elles ont été déposées horizontalement. Aujourd'hui on trouve ces mêmes couches redressées sur les flancs de ces protubérances, que l'on appelle les chaînes de montagnes. Quel a été le mécanisme qui a produit ce redressement ? Telle est la première question que nous avons à nous adresser ici. L'écorce consolidée du globe dans ce cas en travail pour se mouler sur le noyau fluide intérieur a subi deux genres de déformation : 1^o des cassures verticales ; c'est-à-dire dirigées dans le sens d'un rayon ou failles ; 2^o des plissements dus à des refoulements latéraux, qui ont permis aux couches superficielles d'occuper une moindre étendue de la sphère.

442. Définissons d'abord les failles : Ce sont des cassures qui se produisent suivant des surfaces à peu près planes et à très peu près verticales, dans un glissement d'une portion du terrain par rapport à l'autre. Supposons



N° 1.



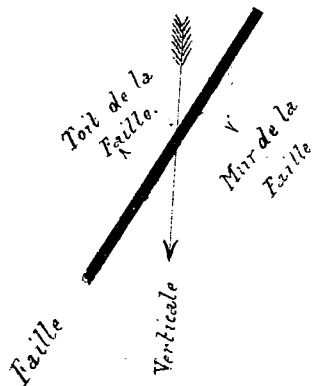
N° 2.

le terrain composé de trois couches superposées (a) sables (b) calcaire (c) argile. Ces couches sont à l'origine en prolongement (N° 1) Une faille vient à se produire qui

sépare cet ensemble en deux tronçons distincts (N° 2). Il est évident que nous ne pouvons connaître que le mouvement relatif des deux fragments. Il se peut que tous deux aient été affaissés inégalement ou que l'un des deux soit resté

ÉPILOGUE

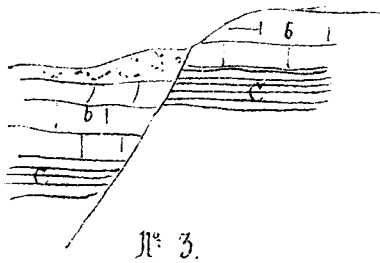
immobile. En général les choses se passent comme si le toit de la faille avait glissé sur son mur suivant la ligne de plus grande pente de la faille (Voyez le Diagramme explicatif ci. contre).



Le phénomène des failles est très facile à observer, car les couches (a), (b), (c) avant dans chaque contrée un faciès particulier et on peut après la dénivellation reconnaître leurs prolongements.

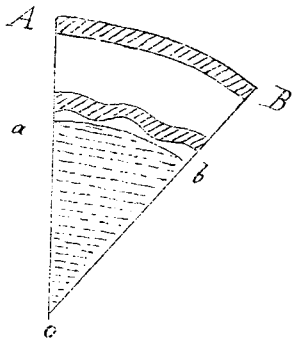
Un seul cas peut offrir de la difficulté, quand des eaux animées d'une extrême violence ont fait disparaître en tout ou partie, par voie d'érosion, la terre saillante de la faille, de manière

à donner au sol un relief simplement ondulé comme le montre la Figure N° 3.



Les failles ont amené des dénivellations de 200 à 500^m dans le Jura et de plusieurs milliers de mètres dans les Alpes. C'est à des failles que sont dues, par exemple, toutes les petites vallées de la Normandie. On peut quelquefois les suivre sur 30 lieues de longueur.

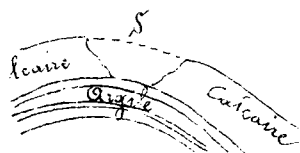
443. Le deuxième genre d'accidents concourant avec les failles à la déformation du relief consiste dans les plissements.



Tant qu'une couche élastique AB occupant l'espace angulaire AOB puisse venir s'appliquer sur la surface a b de moindre développement que AB, il faut non seulement qu'elle se coupe suivant AD et BD, mais encore qu'elle se plisse conformément à l'image ci-jointe.

Il peut paraître surprenant que des couches

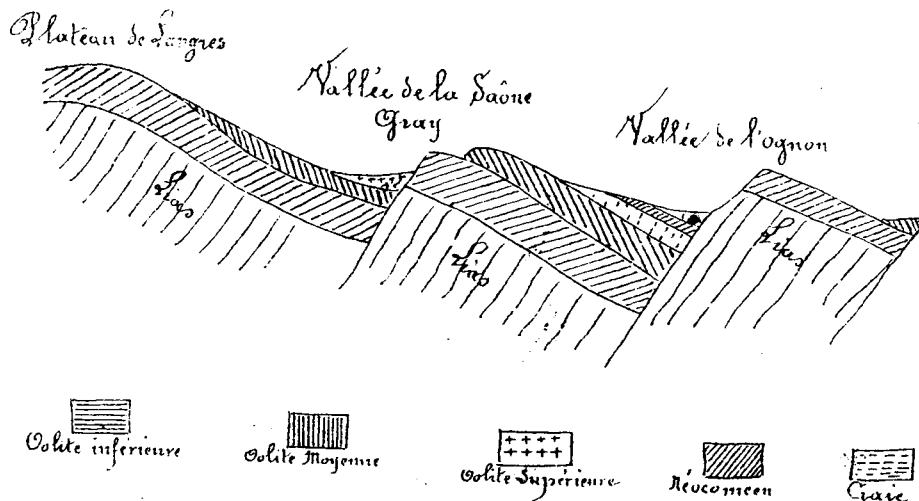
consolidées se replient de cette façon, se contournent même plusieurs fois, pour céder aux pressions latérales qui les refoulent et prendre ces formes ondulées, mais il ne faut point oublier que ce qui n'est pas flexible en petit, l'est en grand, que la nature dispose de forces formidables et que ces couches ont souvent subi ces pressions alors qu'elles avaient longtemps séjourné sous les eaux et avaient conservé des traces de leur plasticité originelle. D'ailleurs, hâtons-nous d'ajouter^{que} dans une foule de circonstances elles n'ont pu résister à la tension très considérable à



laquelle le sommet de la voûte S a été soumis: elles se sont alors déchirées. Ces couches brisées apparaissent comme une série de crêtes, qui encadrent des vallées dirigées suivant l'axe de la chaîne (Vallées longitudinales).

444 Tout ceci va s'expliquer par un exemple. Nous l'emprunterons au Jura, cette chaîne qui a eu le privilège d'être étudiée par les plus grands géologues et où la plupart se sont pour ainsi dire formés.

Partons du Plateau de Langres nous dirigeant vers Gray. Près de cette ville on observe une faille et l'on voit un fragment de terrain

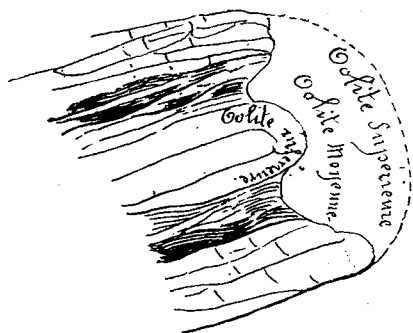
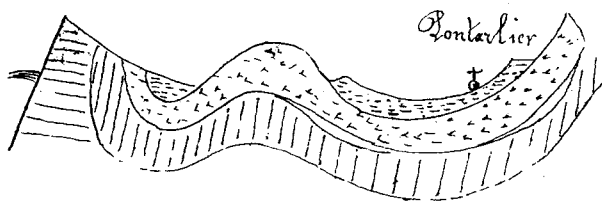


comportant les couches du lias de l'oolite et même du néocomien, qui a glissé par rapport à un autre fragment comparé des mêmes couches.

superposées dans le même ordre.

Dirigeons-nous vers la vallée de l'Oignon et nous pourrions nous assurer que cette décupure du sol a pour origine une faille toute semblable.

Vers le Haut-Jura au contraire, le relief du sol est plutôt dû à des plissements.



Au passage de la Faucille près de Genève on voit des contournements plus accusés encore. Les couches extrêmement violemment ployées n'ont pu se prêter à l'inflexion, elles se sont rompues et l'on observe des crêtes (cristo) renversées sur le côté. Des lignes ponctuées de la figure nous montrent la courbure qu'auraient dû prendre les couches pour obéir sans se déchirer aux pressions latérales qu'elles ont eu à supporter. Celle est l'origine des montagnes,

nous ne pouvons nous arrêter plus longtemps sur ce sujet, mais ce que nous en avons dit renferme en principe toute l'histoire de leur formation.

b). Mouvements lents du sol.

445. Il est certain que l'écorce terrestre a subi parfois des délocalisations subites considérables, qui amenant à la fois sur de très grandes étendues des failles nombreuses, ont modifié d'une manière très sensible les

contours des continents en déplaçant les Domaines des mers. Ces révolutions, qui ont été l'origine des chaînes de montagne, ne sont que le dernier résultat de ce travail permanent de l'écorce terrestre tendant toujours à prendre la forme sphérique du noyau central. Ces grands cataclysmes ont été précédés et doivent même être amenés par des phénomènes d'affaissement et de relèvement extrêmement lent, qui ont pour effet de produire des fentes dans l'écorce terrestre et parfois même des fentes d'une assez grande largeur. C'est dans ces fentes que se sont épanchées les roches éruptives amenées jusqu'au jour par la tension de la vapeur d'eau emprisonnée dans leur pâte (§ 57), comme l'acide carbonique dissout dans la bière fait monter le liquide dans la bouteille :

Mais dira-t-on sur quoi appuyer cette opinion ? Du côté de ce qui nous prouve cette mobilité de l'enveloppe extérieure du globe, de quel côté sans cesse, pour venir s'appuyer sur le sphéroïde intérieure ? Réponse bien simple : l'observation directe des faits.

446. Le sol de la péninsule Scandinave subit un exhaussement lent dans la partie septentrionale et un abaissement dans la partie méridionale. L'Académie d'Upsal a constaté expérimentalement ce phénomène (1791) en faisant pratiquer des entailles dans les rochers baignés par les eaux. On a pu constater après quelques années que ces marques étaient élevées de plusieurs centimètres au-dessus des eaux. On crut d'abord qu'il fallait attribuer ce fait à l'abaissement du fond de la Mer Baltique, mais on renoua bien vite à cette opinion, car pendant que les rochers de la Suède septentrionale s'élevaient, ceux de la Scanie s'abaissaient. Un rocher situé dans le voisinage du port de Fjellebacke était en 1532 à deux pieds au-dessus de la surface des eaux, en 1662 il était à 8 pouces au-dessus. Il s'est élevé de six pieds en trois siècles, soit en moyenne de 0.66 par siècle.

Terre l'Extrême Nord, l'élevation constatée est de 1.40 par siècle.

Une roche signalée en 1749 par Linnée près de Frelleburg en Suède s'était en 1837 rapproché du rivage de 30^m 50. Le sol s'affaisse dans cette région.

L'île de Bornholm se soulève de 6^m 30, le sol de la Finlande de 5^m 80 à 175 par siècle.

Depuis l'époque romaine, l'île de Crète a subi dans sa partie occidentale un exhaussement de 7^m 30. La Nécropole d'Alexandrie son aujourd'hui à 1^m 50 au dessous des eaux.

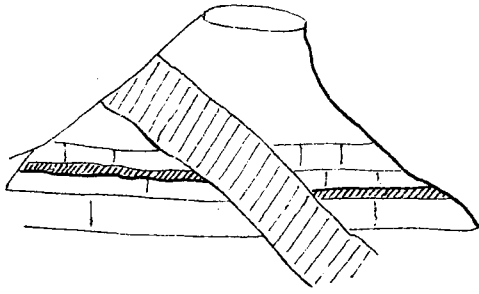
Enfin dans l'Océan pacifique la forme annulaire des récifs modernes nous apprend qu'il se trouvaient autrefois dans ces régions des îles qui ont subi un affaissement.

c) Roches éruptives.

447. Nous venons de dire il y a un instant que les déformations de l'écorce terrestre ont dû nécessairement amener au jour des roches éruptives. Dans l'ancienne Géologie on rapportait les accidents qui ont donné naissance aux chaînes de montagnes à la poussée exercée par ces roches sur l'enveloppe. On disait telle roche, granit, syénite, porphyre, trapp, &c., a soulevé les couches des Trias, du terrain jurassique &c. ... Mais l'observation des faits n'autorise pas cette opinion. La forme des montagnes résulte, nous avons dit, d'un double mécanisme, d'élevations verticales et contournements. Si la poussée d'une matière pâteuse issue des profondeurs pouvait jusqu'à un certain point amener des déviations dans les fragments disloqués de l'écorce, il est au moins impossible de lui attribuer le second ordre d'accidents. Les roches éruptives n'ont rien prouvé; elles ont profité des casures déjà ouvertes dans le sol pour s'y glisser, les remplir & s'épancher à la surface.

Les roches éruptives modernes, c'est-à-dire les laves, qui s'écoulent de nos volcans ne soulèvent pas les couches souvent horizontales qu'elles

traversent. La coulée n'est que la partie extérieure d'une masse invisible, qui s'est élevée dans le canal mettant en communication les couches superficielles et profondes. Si après l'épanchement, le sol volcanique est soumis à une érosion exercée de la part des eaux, on peut alors observer ces conduits avec la roche qui s'est consolidée dans la cheminée.



Bien souvent les roches éruptives non seulement n'ont pas dérangé l'horizontalité des couches sédimentaires qu'elles ont traversées, mais elles se sont même glissées entre ces couches. En Angleterre, on voit des couches éruptives qui ont rempli des roches de houille pour prendre leur place.

En outre, on observe bien souvent l'alternance de nappes éruptives et de couches stratifiées. Ces successions s'expliquent tout naturellement en admettant (ce à quoi on ne peut évidemment se refuser) que les cheminées qui ont amené ces roches, débouchaient dans le fond des mers, où s'opéraient ces dépôts sédimentaires. Ces nappes se sont étendues sur le sol des mers et le dépôt effectué au fond des eaux se poursuivait après l'éruption, ces coulées ont été emprisonnées dans la formation d'origine humide. C'est ainsi qu'ont été intercalés dans des couches sédimentaires les porphyres du Tyrol et les Serpentine des Alpes Occidentales.

448. Il ne faudrait point croire d'ailleurs que dans les Temps Géologiques les roches éruptives aient été plus abondantes qu'aujourd'hui. Ce serait là une erreur grossière. Le cube de lave qui s'est écoulé en 1855 des Volcans de l'Islande représente un solide de 18 lieues de long sur 5 lieues de large d'une épaisseur moyenne de 30 mètres. Je ne sache pas que l'on puisse citer beaucoup de massifs de couches éruptives anciennes plus considérables que celui-ci. Et qu'on le remarque bien

Tout cela est venu au jour sans dislocation sensible, sans perturbation violente.

449. La Chronologie des roches éruptives s'établit logiquement quand on connaît celle des roches sédimentaires. Il suffit pour cela d'observer les couches stratifiées qu'elles ont traversées. Puisqu'elles se sont mou- lées dans des fentes ouvertes dans ces dernières, elles leur sont évidemment postérieures.

d) Filons.

450. Les tensions permanentes auxquelles est soumise l'écorce terrestre, doit, nous avons dit, aboutir à des ruptures partielles, à des fentes qui, une fois ouvertes, peuvent encore s'agrandir en vertu de la pré- sistance du phénomène. C'est là évidemment, l'origine de beaucoup de fentes remplies de matières éruptives pierreuses (filons pierreux). C'est aussi à notre gré l'origine des filons métallifères.

On rencontre en effet des fentes, qui ont été remplies par d'autres matières que des roches éruptives. Elles sont indéfinies en pro- fondeur et il est même probable qu'elles affectent la forme de coins dont le tranchant est tourné vers la surface.

451. La principale masse de ces filons est encore une matière pierreuse appartenant à une ou plusieurs espèces minérales, à savoir :

1^o Le Quartz cristallisé, assez rarement concrétionné, sous forme d'agate;

2^o La Chaux carbonatée spathique - rarement la dolomie ou le fer carbonaté qui alors constitue souvent tout le filon;

3^o Le Spath Fluor qui des belles colorations ont justement fait appeler fleur des filons;

4^o La Baryte sulfatée;

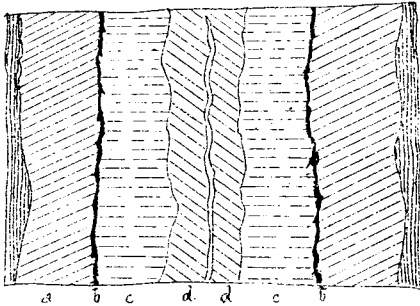
Les gangues ne sont pas dispensées au hazard dans

les filons, mais soumis à certaines règles d'association, en ce qui touche les minerais métalliques qui les accompagnent.

Tous ces minéraux, recueillez bien le remarquez, sont insolubles dans l'eau et cependant ils ne peuvent être reproduits artificiellement que par la voie humide au moyen de l'eau surchauffée.

452. La structure rubanée que l'on remarque dans la disposition des gangues et des minerais est encore une preuve que l'eau a joué le rôle principal dans le remplissage des filons : En effet ces substances pierrennes et métalliques sont déposées par zones correspondantes de même nature, à partir des parois, de telle façon qu'il y a symétrie

par rapport au plan passant par le milieu de la fente, parallèlement à ces parois.



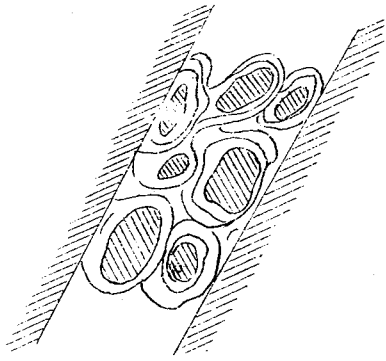
- a Fer carbonaté
- b Blende
- c Dolomine ferifère
- d Spath Calcaire

Nous ne pouvons citer de plus bel exemple de cette symétrie que le filon de Schwarzgrüben près de Tribram en Bohême. La légende qui accompagne la figure en donne la composition.

Les matières qui ont rempli le filon ne sont donc pas venues brutalement, mais il y a eu remplissage successif, soit par des liquides, soit par des émanations gazeuses ou volatiles, dont les précipités ont cristallisé à partir des parois. Si la fente s'élargit brusquement il n'y a plus remplissage de toute la cavité, mais un vide central hérissé de pointes de cristaux. C'est ce que l'on appelle des poches, des fouris à cristaux.

453. Les filons prennent quelquefois la structure globulaire. Les matières pierrennes et métalliques sont groupées par zones concentriques comme dans les solites calcaires. Il y a souvent aussi des fragments plus ou moins lumineux de la roche encaissante, englobés dans la gangue ou le minerai. Dans un même filon l'ordre d'enveloppement est constant. Cette allure du

filon témoin de la cristallisation rapide d'une masse peu fluide, très pâteuse.



Les filons de fer carbonaté à gangue siliceuse offrent souvent cette disposition. La substance la plus abondante s'est consolidée la première et a été enveloppée par la seconde. Il semble ici que la matière du filon ait été injectée d'un seul coup dans la fente à l'état de pâte et que les fragments de la roche encaissante flottants dans

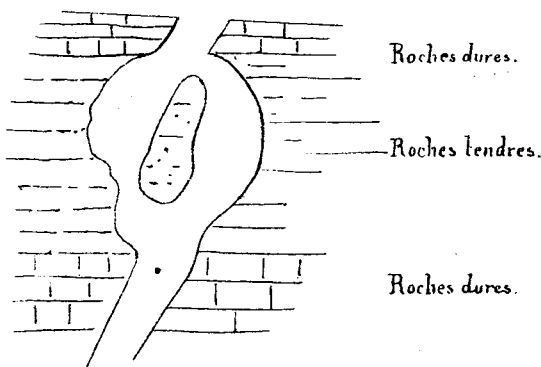
la masse, aient formé noyaux d'attraction. Mais comment expliquer cet état pâteux ? Nous ne le savons point. C'est probablement encore à la voie liquide qu'il faut attribuer la plasticité de ces éléments maintenus en vertu de phénomènes, qui doivent tenir de bien près à ceux qui ont déterminé un état tout semblable dans le silice du granit.

454. La puissance des filons est très variable. Il y a des filons qui n'ont pas l'épaisseur d'une feuille de carton (filons de Tellure aurifère d'Essenbanya en Transylvanie) d'autres atteignent des épaisseurs de 40^m.00 (filon de l'Hôpital à Schemnitz), Hongrie, quelques filons des environs de Clausthal Harz). Les filons de quelques pouces sont les plus nombreux.

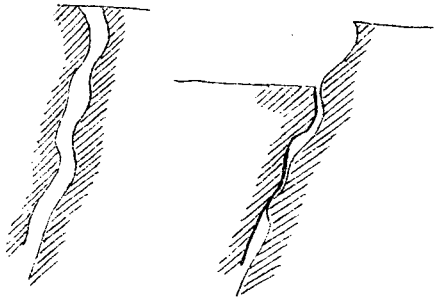
En général, la fente s'élargit en traversant certaines couches

ou se rétrécit dans d'autres.

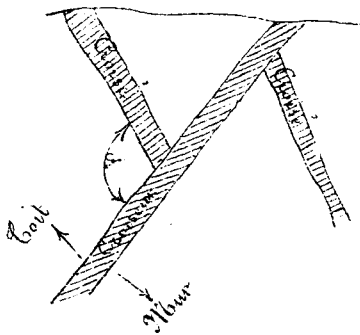
Il est évident que la fente doit être plus nette ou plus étroite dans une roche dure que dans une roche tendre. Dans les roches très tendres, elle peut même se ramifier. La fente se rétrécit parfois d'une manière très sensible, les parois de la



roche encaissante (Époutes) peuvent même se rejoindre, mais elles se séparent plus bas : Ceci s'explique par des glissements survenus postérieurement à l'ouverture de la fente, lesquels ont mis en regard des saillies opposées (voir les deux figures ci-contre). Ces glissements se traduisent fréquemment par des surfaces polies qui apparaissent sur les époutes et qui dénotent le glissement du toit sur le mur.



455. Les filons ne sont pas isolés dans un même district métallifère, mais les alignements des affleurements de même nature y sont constamment parallèles. Et des orientations différentes correspondent aussi des compositions différentes. Il arrive fréquemment que ces filons de direction différente viennent à se rencontrer, le plus jeune des deux (le croiseur) s'est nécessairement logé dans une fente qui a fractionné le plus ancien (le croisé), et dans la plupart des cas il y a une dénivellation entre les deux tronçons séparés du croisé, de telle façon que le croiseur paraît avoir rejeté le croisé. Une loi très simple permet dans la plupart des cas de reconnaître le sens du rejet. En effet le rejet a lieu le plus souvent comme si le toit du croiseur avait glissé sur son mur dans le sens de la pesanteur ou si l'on veut du côté de l'angle obtus α .



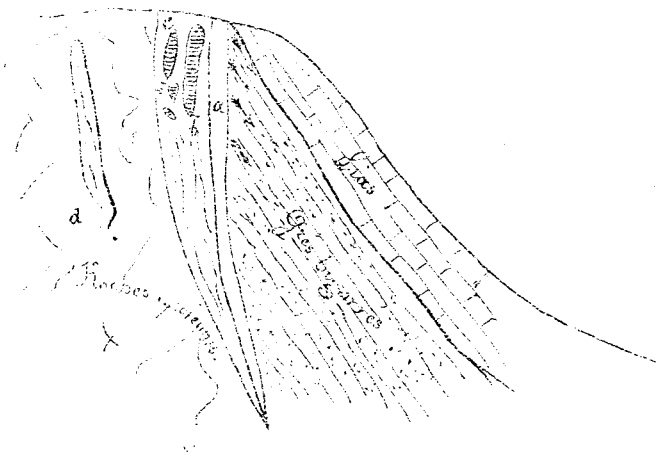
Il y a peu d'exceptions à cette règle quand le sol de la contrée n'a pas subi de dislocation postérieures à l'apparition du croiseur.

456. Si il existe dans la contrée des roches éruptives en vertu de ce que nous disions tout à l'heure (§ 450) les filons et roches éruptives devront se monter côte à côte. L'Allemagne & la France centrale offrent de très

nombreux exemplars de filons pierreux placés dans le voisinage de filons métallifères. Les fentes principales ont été remplies par la roche éruptive, les fentes secondaires plus étroites l'ont été par des gangues et des minerais métalliques. Les fentes comblées par des roches éruptives l'ont été brutalement et à haute température, les fentes étroites l'ont été successivement et il est permis de s'exprimer ainsi à basse température.

457. Mais dans ces circonstances, il arrive souvent que l'on ne trouve plus un filon défini, mais le minerais est en amas irréguliers placés dans le voisinage de la roche éruptive (gîtes de contact), comme si ces substances métalliques s'étaient dégagées de la roche pour venir remplir les vides existants entre cette roche et le terrain encaissant.

Exemple : Trament (Vogés). Le minerais de fer (fer oligiste), est renfermé dans une sorte de cheminée à peu près verticale à parois très irrégulières ouvertes dans le voisinage d'un porphyre injecté dans des schistes et des calcaires. Il en est de même des amas célèbres d'oxydure de fer de Cognac & de Traverscelle (Piémont) de même des gîtes de Chessy? Ici la coupe laisse voir deux amas de minerais b et c de pyrites de



encre noyée dans une diorite compacte d'origine éruptive formant une masse arrondie en coin à la partie inférieure entre masse de diorite et une pyrites et bleue; d: dans le voisinage de la roche encaissante qui est ici le grès

bigarré, une bande a formant une séparation bien nette entre la roche sédimentaire et la roche éruptive cette couche d'applique constituée

par de l'argile renfermant du cuivre oxydulé est évidemment le résultat de la décomposition de la roche éruptive en de la pyzite cuivreuse. Le grès bigarré lui-même, là où nous avons placé quelques flèches, c'est à-dire dans le voisinage de la couche d'argile contient des grains de carbonate bleu de cuivre.

C'est évidemment la roche mafique, qui a amené la pyzite cuivreuse, mais la face de cette masse éruptive, tournée vers l'atmosphère a subi des altérations (en cela est bien naturel, car elle est devenue fond de mer, puisque c'est sur cette face que s'appuyent les dépôts ultérieurs, lias et lias), cette face, disons-nous, a subi des altérations qui ont transformé sur une certaine épaisseur la roche en argile et la pyzite en oxydulé. Ce minéral lui-même en présence de l'acide carbonique dissous dans l'eau s'est transformé en carbonate, confondu aujourd'hui avec le dépôt sédimentaire. Ce sont là des altérations successives de mêmes substances provenant toutes de la roche éruptive.

458. Cependant le minéral reste parfois disséminé dans la roche qui l'a apporté des profondeurs; dans s'en échapper pour aller imbibor à distance les terrains encaissants. Ces masses riches en minéral ont le plus souvent des formes indéterminées; elles sont traversées par des fissures très irrégulières s'entrecroisant dans tous les sens où se trouve la substance métallique.

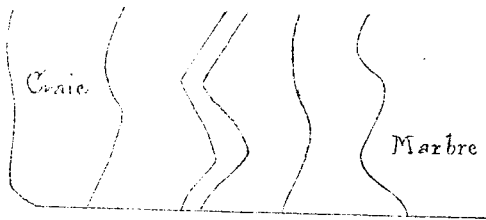
Citons l'amas d'étain oxydé d'Altenberg en Saxe (cette masse de granit porphyroïde).

À Limswald le granit éruptif métallifère est englobé dans une masse d'Évrite; les fissures sont à peu près parallèles et concentriques. Les fentes ont été évidemment ici produites par retrait, quand le granit était encore mal consolidé. Le minéral était dans la roche et a cristallisé en dernier lieu dans les fentes. Ces masses pierieuses traversées par des veines métalliques sont désignées sous le nom de Stockwerk.

c) Métamorphisme.

459. Quand les laves coulent dans le voisinage des argiles, elles leur font subir une sorte de cuisson. Dans ces conditions, la bouille peut être convertie en coke.

Les calcaires passant au marbre, témoin la craie du Comté d'Antrim en Irlande qui traversée par des filons de basalte a été convertie en marbre jusqu'à une distance de 8 à 10 m du filon.



Dans les roches en contact avec le granit on n'observe jamais ces modifications dues à une température très élevée, mais plutôt de

phénomènes que l'on pourra appeler d'imbibition. Autre preuve de ce que nous avons si souvent répété, à savoir que le granit s'est consolidé à basse température, à une température certainement inférieure à celle de la chaleur rouge, puisque jamais l'on observe des phénomènes de cuisson dans les roches de contact. D'ailleurs plus une roche est cristalline, plus basse a dû être aussi la température de sa solidification, mais, disons-nous, on voit souvent qu'il y a en ce sens de la part du granit d'une partie de sa silice et même de quelques uns de ses minéraux accidentels à la roche environnante. Ces phénomènes d'apport de minéraux dans une roche est nécessairement accompagné d'un changement de texture dans cette roche. Ces modifications de composition et de structure amenées dans les roches sédimentaires par le contact des roches éruptives constituent ce que l'on appelle la Métamorphisme.

460. Cet ordre de phénomènes a besoin d'être étudié avec quelques détails.

1°. Au contact de la roche éruptive, la roche sédimentaire se trouve souvent dans des conditions qui ont permis à des éléments accidentels

en même étrangers à sa substance qu'elle renfermait de cristalliser dans son tissu. Ainsi, auprès des filons pyroclastiques on voit souvent du grenat du pyroxène, du mica se développer dans des calcaires aux dépens de petites quantités de silicates aluminés, terreux et alcalins qu'ils renfermaient.

Exemple: Marbre de Carrare. Dans les Pyrénées, on voit de même les calcaires sous l'influence de roches éruptives se charger de minéraux silicatés: grenats, amphiboles, &c...

Ce ne sont pas là évidemment des phénomènes d'imbibition;

2° Mais bien souvent la roche encaissante est silicifiée à grande distance du contact. Les quartzites ont cette origine. Ce sont des schistes argileux qui ont été tellement pénétrés de silice dans le voisinage des filons de quartz que le schiste a été à peu près éliminé au profit de la silice. Peut-être faut-il attribuer ces actions d'imbibition, de pénétration à des sources souterraines siliceuses qui avaient pour point de départ le filon quartzéux, sources analogues à celles qui sillonnent aujourd'hui le sous-sol de l'Holande et viennent au jour sous forme de geysers. Dans les Nooges, certaines régions du plateau central, on voit des grès feldspathiques (on appelle Arkoses ces sortes de grès) dont les débris feldspathiques sont cimentés par des sucs siliceux, qui ont évidemment cette origine.

Les gîtes de Cinabre d'Almaden, ne sont que des grès imprégnés de Mercure sulfuré et le gîte de cuivre de Chessy nous offrirait encore il y a un instant un exemple de ces transports de substances étrangères dans une roche sédimentaire.

3° Action de la pression.

Toute cristallisation dans une masse amorphe implique un nouveau groupement des éléments chimiques. Or ces groupements pourront toujours s'effectuer si deux conditions sont réalisées: 1° sous l'influence de la voie humide; 2° sous l'influence d'une grande pression. Or, à mesure

que les couches sédimentaires ont été recouvertes de terrains postérieurs ; elles ont en à subir des charges de plus en plus considérables ; les cataclysmes qui ont donné naissance aux chaînes des montagnes ont amené aussi des pressions plus grandes encore ; d'autre part l'eau circule dans ces à toute profondeur dans l'écorce terrestre. En voit donc que les conditions exigées pour la cristallisation n'ont pas manqué aux couches profondément situées. Ajoutons que les terrains stratifiés à mesure qu'ils se recouvrent d'autres sédiments sont soumis à des températures de plus en plus élevées et ce calorique devient un nouvel auxiliaire à la cristallisation. Aussi dans les montagnes voit-on partout des traces de cristallisation.

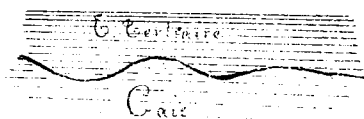
Dans les Calcaires des Alpes et de la Savoie on voit souvent des cristaux d'albite. Dans les schistes argileux de la Bretagne à côté de traces de fossiles on peut recueillir des Cristaux de *Clacé* (singulière composition $\text{Al}^3 \text{Si}^2$ - celle d'une Topaze dépourvue de fluor). Il n'y a pas en ici de phénomènes calorifiques, car la *Clacé* est infusible et les schistes qui la renferment n'ont pas leurs feuillets soudés par la fusion, mais au contraire bien distincts les uns des autres. On observe fort bien tous ces faits dans les pays de montagnes, où à la suite de dislocations, qui dans certaines régions atteignent plusieurs milliers de mètres, les couches profondes sont apparues au jour.

2°. Phénomènes produits par les eaux animées.

461 Au moment où se sont accomplis ces phénomènes brusques qui ont déformé la surface terrestre et ont modifié son relief, les limites des mers et des continents ont été déplacées. Les courants d'eau superficiels ont du aussi changer de direction, il en est résulté que les mers et les eaux courantes lancées avec violence sur des régions précédemment émergées ont du exercer à la surface du sol, des actions.

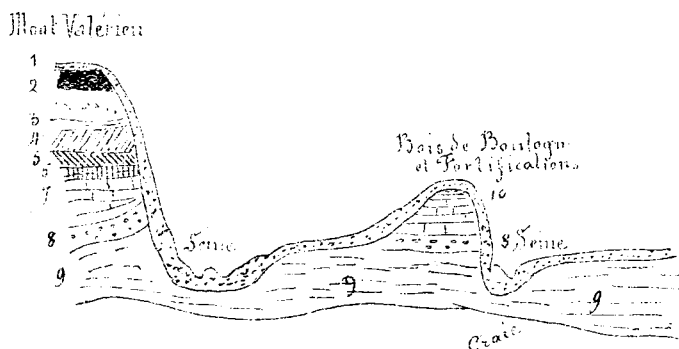
dévastatrices d'une extrême intensité.

Le Paris, par exemple, la craie (visible à Meudon) sert de piédestal aux terrains tertiaires supérieurs. Elle s'y présente en bancs à peu près horizontaux, mais sa surface est corrodée d'une manière très irrégulière. Sur certains points les sondages ou l'observation directe



permettent de découvrir les couches supérieures, de la craie qui font défaut sur d'autres points. La surface de la craie a donc été rongée par des eaux violentes.

Le plateau parisien tout entier est découpé sous forme de buttes ou de collines, dont les couches sont horizontales et se correspondent



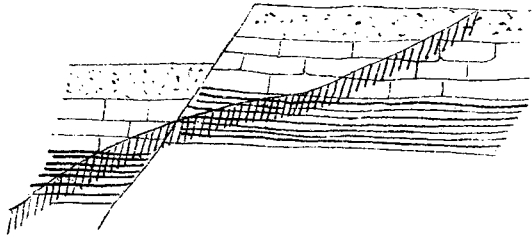
- | | |
|--|--|
| 1 ^e Moulins de Beaune. | 2 ^e Sable de Fontainebleau |
| 3 Marnes Vertes. | 4 ^e Gypse (calcaire de Champigny) |
| 5 Calcaire de St-Ouen | 6 Sable de Beauchamp |
| 7 Calcaire grossier supérieur | 8 Calcaire grossier inférieur |
| 9 Argiles plastiques et Sables inférieurs. | 10 Diluvium de la Seine |

de part et d'autre des tranchées qui les séparent. Prenons une coupe du Mont Valérien au Bois de Boulogne; nous voyons des couches horizontales de composition identique renfermant les mêmes fossiles, qui se correspondent aux mêmes altitudes de part et d'autre de la vallée de la Seine. C'est encore

à l'action érosive des eaux qu'il faut attribuer les lacunes qui existent entre ces couches, qui autrefois étaient évidemment en prolongement. Les buttes qui subsistent, Butte Montmartre, Butte Chaumoni, Butte Jannoy, Mont Valérien etc., ne sont que les témoins de ce vaste travail de débâlement exécuté par des masses d'eau animées d'une grande vitesse.

Nous avons dit déjà (voir §442) que dans les pays accidentés par

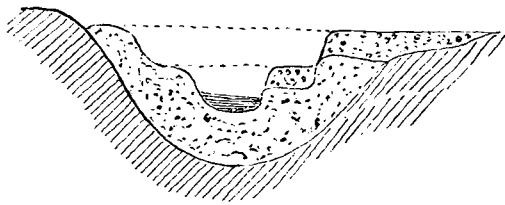
Des failles, les saillies dues à ces dénivellations étaient parfois effacées



parce que le surcroît de relief, amené d'un côté par le bord relevé était enlevé par des agents d'érosion. La figure ci-jointe où la ligne qui est accompagnée des hachures représente le relief après

la dénudation fait comprendre le phénomène.

Enfin l'examen des vallées qui sillonnent les pays de plaine nous montre que les couches qui affleurent sur leurs flancs se correspondent exactement. Il est donc évident que ces couches ont fait partie d'un même dépôt et que le large sillon qui les isole aujourd'hui n'a pas toujours existé et a été creusé par des eaux animées d'une grande vitesse : Les cours d'eau qui circulent dans les plaines sont tous placés dans le prolongement des vallées montagneuses, qui sont dues, soit à des fractures, soit à des plissements. On remarque d'ordinaire que ces grandes vallées sont bordées de terrasses sableuses dont les niveaux



se correspondent de part et d'autre du cours d'eau. Le creusement de la vallée & le dépôt des terrasses sont dus à l'action des eaux, mais nous réservons ce sujet pour en parler en détail quand nous ferons

l'histoire de la période glaciaire. (Voir plus bas).

3° Phénomènes qui ont leur siège dans les eaux nivelées

462 La Mobilité de l'écorce terrestre, qui est l'origine de tous les phénomènes, dont nous venons de nous entretenir a dû à toutes les époques avoir pour conséquence de déplacer le domaine des mers. C'est à lui qu'il résulte

de l'observation des faits que pendant de longues périodes, ces déplacements ont été insensibles, aussi insensibles que l'est aujourd'hui le déplacement de la Baltique.

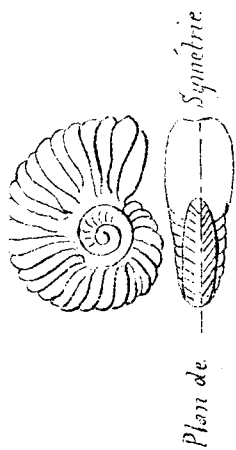
Pendant ces périodes de calme les agents d'érosion ont donc pu travailler à la démolition lente des continents et ces débris balayés par les eaux courantes ou arrachés par les vagues ont été portés à la mer et se sont étalés sur son fond en nappes successives ou strates horizontales (Terrains stratifiés).

L'on ne peut douter que les couches terrestres, qui ont été déposées par voie de précipitation au fond des eaux, n'aient été à l'origine parfaitement horizontales : Ces couches sont souvent formées de débris roulés, or, puisqu'il y a eu arrêt, puis que le repos a succédé au mouvement, cela n'a pu évidemment avoir lieu qu'à la condition que ces masses, qui d'ailleurs sont toujours terminées à leur surface supérieure, aient trouvé leur équilibre parfait, c'est à dire aient occupé une portion horizontale. Les éléments dont sont composées ces strates n'ont pu eux-mêmes rester en repos qu'à la condition d'être portés dans des régions où les pentes s'évanouissent, c'est à dire dans les bassins des mers.

Il semble cependant au premier abord que les faits soient en contradiction avec cette donnée, car nous observons à tout pas des couches sédimentaires, plissées, contournées occupant des altitudes au-dessus de la surface des eaux de 3000^m en plus en Europe, de 4000^m et 5000^m en Asie. Les couches, il est vrai, ne sont pas continues sur de très grandes étendues, mais rompues, dénivelées, déformées de toute façon et l'on pourrait sans d'autres preuves conclure de cet état de choses qu'elles n'occupent pas leur position première, mais ont été dérangées de leur situation originelle. C'est M. de Saussure qui le premier a donné des preuves incontestables à l'appui de ce principe.

Le savant géologue en observant les couches inclinées du poudingue de

la Valcoine dans le Valais, remarqua que tous les galets discoïdaux de la roche étaient tous situés de façon que leurs plans de symétrie soient parallèles entre eux et à un plan qui était celui suivant lequel la roche se divisait en bancs. Or ce fait est absolument général dans toutes les couches inclinées où l'on voit des galets de forme discoïde ou des animaux fossiles possédant un plan de symétrie. Des Ammonites, par exemple, ces galets ou ces débris d'animaux sont toujours placés dans l'intérieur de la couche de façon à ce que leur plan de symétrie soit parallèle aux plans terminaux des couches ou comme l'on dit d'ordinaire au plan de stratification. Il est évident que ces corps n'ont pu être déposés dans une position inclinée, qui eût infailliblement produit leur glissement, mais qu'ils l'ont été dans une position horizontale : si donc ils ont été redressés, c'est que les couches, qui les renfermaient l'ont été aussi et comme eux :



463. Nous ne parlerons pas de la formation des couches sédimentaires, ce sujet a été traité quand nous avons parlé des causes actuelles. Les roches qu'on y rencontre constamment sont les grès, les argiles et les calcaires. Nous avons insisté déjà sur l'origine des grès et des argiles, et nous avons laissé soupçonner (§ 30 & 58), l'origine des calcaires, mais quelques détails encore ne seront pas superflus. Il est certain que dans les profondeurs du globe il existe des réservoirs immenses de silicates de chaux (pyroxène & amphibole). Les basaltes et les laves sont riches en silicates de chaux. Sous l'influence des eaux chargées d'acide carbonique qui circulent dans les profondeurs du sol, ainsi que nous l'avons prouvé l'étude des volcans, ces silicates sont transformés en bicarbonates solubles. Si donc le fond de la mer est en communication avec une solution profonde ouverte dans l'écorce terrestre, il y aura

nécessairement apport incessant dans les eaux nivelées de bi-carbonate de chaux, lequel sera fixé à l'état de carbonate insoluble par l'activité des organismes vivants à test calcaire.

464. Quelques définitions bonnes à retenir ;

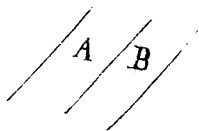
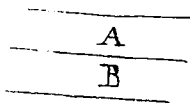
Les couches stratifiées sont comprises sous deux plans terminaux que l'on appelle plans de stratification ou plans de joint.

La direction d'une couche est définie par l'angle que fait avec la ligne C'ord. Sud de la boussole une horizontale quelconque tracée dans son plan de joint.

L'angle à l'horizon d'une perpendiculaire à cette horizontale (ligne des plus grandes pentes du plan du joint) est l'inclinaison de la couche.

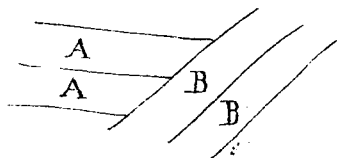
La puissance est la plus courte distance comprise entre ses plans de joint terminaux (entre toit et mur).

465. On dit que deux couches ou ensembles de couches A et B,



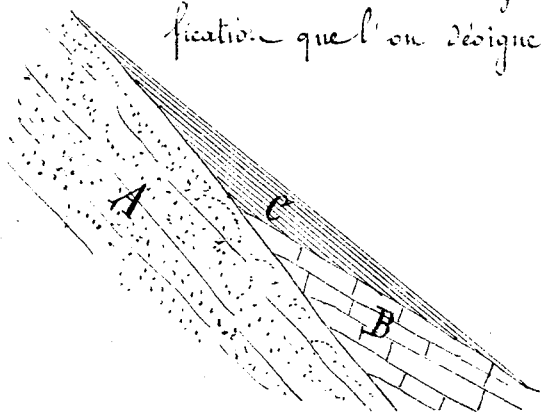
sont en stratification concordante quand leurs plans de joint sont parallèles, qu'ils soient d'ailleurs inclinés ou non à l'horizon.

Deux couches ou deux ensembles de couches A et B sont en



stratification discordante quand leurs plans de joint font entre eux un angle quelconque.

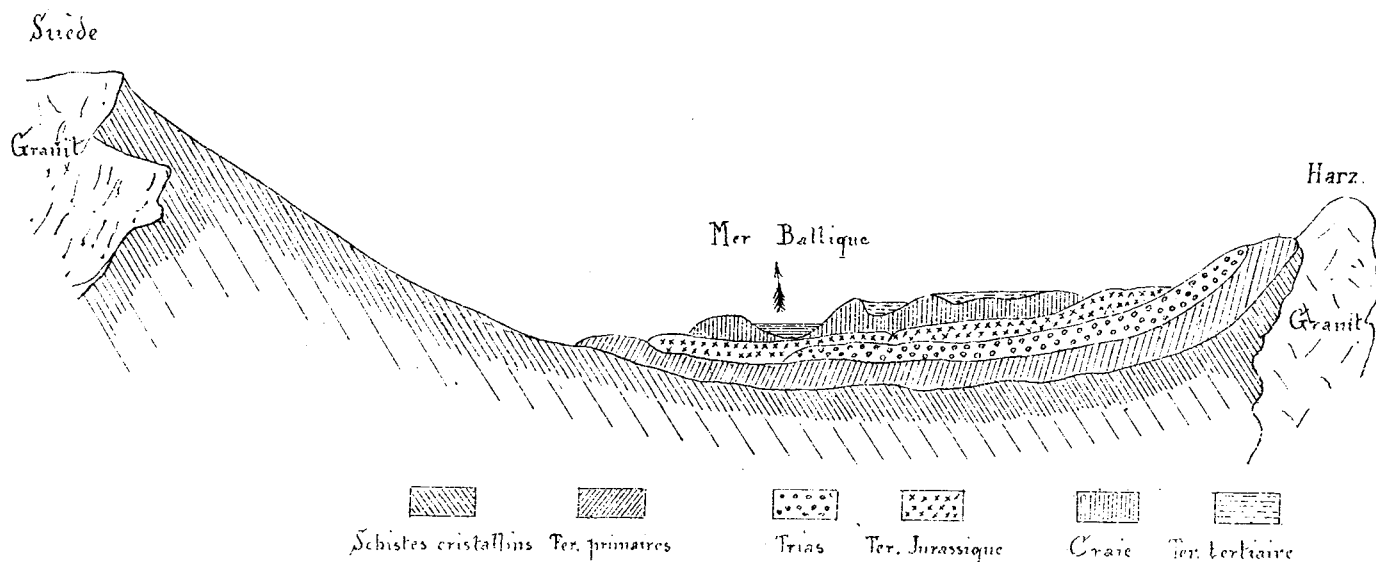
Il y a lieu de considérer encore un genre de stratification que l'on désigne sous le nom de stratification transgressive.



Soient deux ensembles de couches B et C qui ont été reconnues comme se faisant constamment suite. On constatera que dans une région particulière C se repose sur B par une de ses extrémités, mais par l'autre

extrémité repose sur un ensemble de couches A, plus ancien que B.

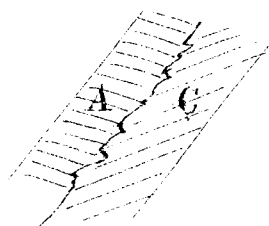
Une coupe dirigée de la Suède méridionale vers le Harz montre un bel exemple de stratification transgressive. On y voit le terrain jurassique reposer en Hanovre sur le Trias et en Suède sur les terrains primaires.



Ceci nous apprend qu'entre le dépôt du Trias et celui du terrain jurassique, le sol a subi une oscillation, s'est affaissé au Nord et s'est relevé vers le Sud. Les eaux ont donc été chassées d'un côté et appelées de l'autre.

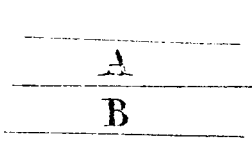
406. Ces mouvements du sol, disons-le en passant, s'accusent parfois autrement, c'est-à-dire par les traces de pholades ou autres coquilles lithophages. Ces coquilles se fixent sur les rochers du rivage en des points où ils ne se déposent pas de sédiments. Si donc on observe un terrain A reposant sur un autre C offrant des surfaces perforées, l'on peut être assuré qu'il

une lacune entre A et C, car pendant le temps que ces coquilles lithophages rongeaient la surface C, il se déposait ailleurs des sédiments, mais point dans cette région, donc

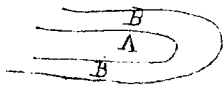


A et C ne forment pas les termes successifs d'un même terrain. Ces surfaces perforées sont encore pour nous des indices certains d'anciens rivages.

467 C'est sur l'ordre de stratification que s'appuie le géologue pour déterminer l'âge des couches sédimentaires. Il est évident en effet que si une couche A est superposée à une autre couche B, c'est que cette dernière a été le fond du bassin qui a reçu les sédiments A; B, cor- donc antérieure à A. Ceci est de toute évidence. Il en sera de même



de deux ensembles de couches, le plus récent est celui du dessus. Cette règle semble subir quelques exceptions dans le pays de montagnes où il y a en parfois des mouvements assez violents pour renverser en les pliant les couches plus récentes sur les plus anciennes.



Mais ce sont là des sortes d'accidents dont on se rend facilement compte sur le terrain et qui n'influent en rien la règle que nous avons posée.

En relevant pour chaque contrée la succession des couches telle qu'on peut l'observer sur les flancs des vallées, dans les carrières, les tranchées des routes et des chemins de fer, les travaux de puits & de mines &c... l'ordre chronologique sera celui de la superposition.

Le mode de stratification doit aussi être pris en considération, là où il y a discordance, l'on peut être assuré que se place la limite d'un étage.

468 Mais ici se présente une difficulté; les dépôts synchroniques qui s'effectuent dans nos mers actuelles sont loin d'être de même nature. Il se dépose sur un point des vases calcaires, des vases argileuses sur un autre des sables, sur un troisième, &c... Tous ces sédiments sont cependant contemporains. Il en a été de même pendant les temps géologiques. A grande distance les couches changent de nature. Si donc deux géologues procèdent ainsi que nous l'avons vu et dressent

chaque de leur côté l'inventaire de toutes les couches, rangées dans leur ordre de superposition, dans deux régions naturelles, les deux séries ne seront pas comparables, puisque la composition minéralogique de deux termes équivalents se trouve différente.

469. Les corps organisés que l'on trouve dans les couches nous permettent d'éviter cette difficulté et de comparer à grande distance des horizons géologiques minéralogiquement dissemblables. Au moyen âge l'on a longuement discuté sur les fossiles et il a fallu passer par de longues disputes d'écoles, avant qu'il fût admis que c'étaient bien là des débris d'êtres ayant vécu aux places où nous les recueillons aujourd'hui.

C'est Bernard Lashby qui, le premier, émit cette opinion :
 « Un potier de terre qui ne savait ni le latin ni le grec dit Fontenelle
 « dans l'histoire de l'Académie des Sciences, fut le premier qui osa
 « dire dans Paris, à la face de tous les docteurs, que les coquilles
 « fossiles étaient de véritables coquilles déposées autrefois par la mer
 « dans les lieux où elles se trouvent encore, que des animaux et
 « surtout des poissons avaient donné aux pierres figurées toutes leurs
 « différentes figures... C'est Bernard Lashby, Saintongeais, un si grand
 « physicien que la nature seul puisse en former un ; cependant son
 « système a dormi près de cent ans en le nom même de l'auteur est
 « presque mort ».

Mais ce fut Brongniart qui le premier fit usage de ce moyen pour déterminer la position exacte d'une couche. Il montra que d'une espèce à l'autre les fossiles changent, que tandis que des espèces apparaissent, d'autres s'éteignent et qu'en général elles sont distinctes des espèces vivantes. Il proclama la synchronisme des couches noires et rouges du Jura, à la porte du Rhône, près Bellegarde, avec les couches de teinte pâle et mollement ondulées du bassin crétacé de France & d'Angleterre, renfermant la même faune.

Ces variations dans les faunes doivent nous apprendre que les dépôts

géologiques correspondent à de longues séries de siècles, une même époque étant caractérisée par un ensemble d'êtres conservant un air de famille.

Terrains Sédimentaires.

470. Avant d'aborder l'étude détaillée des terrains sédimentaires, il convient de jeter sur leur ensemble un coup d'œil général.

On a partagé ces terrains en trois groupes :

C	Terrains tertiaires,	}	Voie §/ 66. Tableau des Terrains.
B	Terrains secondaires,		
A	Terrains anciens ou primaires.		

Ces divisions ne sont pas d'égale importance au point de vue de la puissance des couches qu'elles comprennent, ni au point de vue de la durée. Les terrains primaires sont plus puissants que les secondaires et ceux-ci plus puissants que les tertiaires. Si au contraire, on considère l'importance des modifications opérées dans la distribution des terres et des mers et des changements qu'ont subis les organismes vivants, ces trois divisions sont d'égale importance.

471. Nous passons ici sous silence la formation schisteuse. À la base des terrains primaires on voit des couches où l'on ne rencontre que peu ou point de fossiles. Elle s'étend dans les deux hémisphères et s'étend un vaste dépôt marin appelé Terrain Silurien, caractérisé par un grand développement de crustacés trilobés, de céphalopodes à coquilles chamberées. Dans le Bassin de la Bohême seul, on a compté 500 espèces de Trilobites, 850 espèces de céphalopodes chamberés. En réunissant tous les fossiles décrits dans tous les points du Globe, on arrive au chiffre de 9,000, parmi lesquels figurent quelques poissons, dans les parties supérieures du dépôt.

472. Dans le terrain dévonien, les crustacés trilobés décroissent et aussi

les céphalopodes à coquilles cloisonnées, mais apparaissent des mollusques dénotant des mers peu profondes ainsi que des polypiers. Les poissons se multiplient singulièrement offrant des analogies lointaines avec ceux qui de nos jours ont des habitudes littorales. Les plantes terrestres font leur apparition et même à quelque place leur accumulation donne naissance à des couches de combustibles.

473. Dans le Terrain carbonifère, il y a décroissance plus grande encore des Trilobites qui s'y étoient complètement. Les mollusques littoraux et les polypiers sont les rois des mers. Les poissons prennent des formes moins bizarres et les reptiles apparaissent d'une manière bien nette. On voit des couches renfermant des coquilles d'eau douce et des couches de houille formées dans des anches marines étroites ou des lacs continentaux. La présence de la houille nous démontre le développement des végétaux terrestres. - Depuis l'équateur jusqu'au pôle on voit partout des cryptogames vasculaires auxquels se mêlent quelques dicotylédones gymnospermes = Conifères par exemple.

474. Le Terrain pénicien (pauvre) nous montre un appauvrissement général de la faune marine et même de la végétation terrestre et l'extinction des types qui prédominaient dans les époques précédentes. Cependant les phanérogames gymnospermes de l'époque précédente subsistent encore quoique en petit nombre. Fin de l'époque primaire.

475. Au début des temps secondaires, nous remarquons d'abord le Terrain du Trias qui offre des dépôts déjà plus variables suivant les contrées, tantôt sans fossiles, tantôt présentant des faunes locales très riches. Partout nous rencontrons des dépôts de gypse, de sel gemme, qui attestent l'existence de conditions analogues à celles qui dominent dans les mers intérieures suralées. C'est l'ère des lacs salés et des mers mortes.

476. À l'époque où a lieu le dépôt du Terrain jurassique, les faunes sont très riches et très variées. Commence le règne de ces gigantesques reptiles à habitudes aquatiques, dont les membres sont diopores en naevoires.

et dont nous ne trouvons plus aujourd'hui que des analogues assez éloignés dans certains êtres qui habitent les côtes des îles, Galapagos, (côte ouest Amérique S.). Les phanérogames gymnospermes sont ici en plein développement. Les Conifères et les Cycadées dominent toute la flore. C'est à cette époque qu'apparaissent les premiers mammifères. Ils sont de petite taille. On en trouve dès la base, dans la grande oolite, ils prennent cependant une taille déjà plus élevée, on les rencontre encore à la partie supérieure, en tout trois niveaux de mammifères. Ils sont tous didelphes comme les mammifères originaires de l'Australie. Traces incontestables d'oiseaux. Parmi les mollusques dominent les Bélemnites et les Ammonites offrant des espèces nombreuses et variées. C'est l'époque du maximum de développement de la faune secondaire.

477. Dans le Terrain crétacé on voit à la base de grands dépôts marins, cependant les reptiles et les poissons sont moins nombreux que dans la période jurassique. Les espèces nouvelles qui apparaissent sont aussi moins variées et moins nombreuses que pendant la période précédente. Cet appauvrissement de la faune marine s'accuse plus encore dans les parties supérieures. Les Ammonites et les Bélemnites s'y éteignent (on aurait cependant trouvé il y a quelque mois une bélemnite tertiaire ??) et après l'époque crétacée on ne trouve plus de mollusques à coquille chamberée à l'exception du nautilus, qui apparut à l'époque silurienne, a persisté jusqu'à nos jours. Les dépôts marins deviennent de plus en plus restreints, la mer perd de son domaine au profit des continents, les Diptérodons marins y font leur apparition, présumant ainsi à la flore tertiaire, qui est la nôtre.

478. Au commencement de la période tertiaire si on aperçoit de vastes surfaces émergées, des mers morcelées de profondeur très inégale baignent des portions de nos continents. Il y a tout lieu de croire que les deux grands Océans, l'Océan Atlantique et le Pacifique qui existent aujourd'hui ont toujours existé pendant toute la série des temps géologiques, ce qui a changé, ce sont les portions de ces Océans qui correspondent à nos continents.

actuels. Au début de l'époque tertiaire, la mer Méditerranée était beaucoup plus étendue qu'aujourd'hui, elle s'étendait depuis l'Espagne jusqu'à l'Inde et a reçu les sédiments d'une immense dépression que l'on suit entre ces limites extrêmes (Terrain nummulitique). D'autres dépôts ont été effectués dans des golfes et des mers étroites: Les eaux d'un même golfe couvraient alors Paris, Londres & Bruxelles. Un autre golfe s'étendait dans le midi. Son axe était le conus actuel de la Pyramide, c'était le golfe d'Aquitaine. On trouve beaucoup de dépôts d'eau douce alternant avec des dépôts marins. De nombreuses oscillations du sol déplaçaient par conséquent, très fréquemment le fond des mers. La faune et la flore ont des rapports plus intimes avec la faune et la flore actuelles que celles des époques précédentes. L'immense abondance des Nummulites caractérise aussi nettement la période tertiaire, que celle des Trilobites avait caractérisé l'époque primaire, les Belemnites & les Ammonites l'époque secondaire. Dès la base apparaissent beaucoup de mammifères. La mer, comme dans les époques précédentes gagne sur les continents jusqu'à vers la moitié de la période (Sables de Fontainebleau) pour décroître jusqu'à nos jours.

479 La période quaternaire ne comprend que des phénomènes superficiels.

480. On le voit, les trois divisions fondamentales des terrains sédimentaires correspondent à trois oscillations complètes du sol.

au commencement de chaque période les continents subissent des mouvements d'affaissement qui y appellent les eaux des mers. La faune marine tend à s'accroître (Silurien, Trias, Crétacé), puis il y a comme une période d'étale: sur ces vastes surfaces ainsi couvertes par les eaux naissent des espèces marines qui s'y développent et s'y multiplient, c'est l'épanouissement de la faune marine (Dévonien, Jurassique, Crétacé). Mais déjà a commencé la phase inverse de l'oscillation, les continents se relèvent à leur tour, il y a concentration des dépôts marins, mouvement de

retraite de la part des eaux amenant nécessairement l'appau-
vrissement de la faune marine et le développement de la végétation
terrestre (Carbonifère et Permien, Crétacé^{sup}, Eocène). Chaque de nos
grandes Divisions comprend par conséquent en ce qui touche la faune
marine une période de croissance, d'épanouissement, de décroissance?

481. Les Basaltes & les lavas amènent parfois au jour une roche
particulière à l'état de fragments anguleux. Cette roche, c'est le
péridot (Voy. § 288.). On voit facilement que ce minéral est étranger
à la roche qui lui a servi de véhicule et qu'il a été arraché aux
profondeurs du sol. Ces fragments sont des témoins détachés des couches
les plus profondes de l'écorce terrestre.

Le péridot se rencontre assez rarement à la surface du sol. On
n'a signalé des gisements un peu riches qu'à la Nouvelle Zélande
et dans les Pyrénées où il est associé au pyroxène. C'est un silicate
anhydre de Magnésie. Silice et Magnésie, ce sont là aussi deux
éléments essentiels du pyroxène. Ces deux minéraux ont aussi une autre
propriété commune, celle de cristalliser par fusion. Ce sont des minéraux
formés par voie sèche, cristallisant par voie sèche. On les retrouve dans
les Météorites (voy. § 363) comme le montre le tableau que nous avons donné
de ces corps extra terrestres en parlant du fer natif. La météorite de
Juvenas (C. Ardèche) est en très grande partie composée de péridot et de
pyroxène. Il y a même des météorites qui sont presque exclusivement
composées de péridot. Or ces corps sont issus de régions complètement
anhydres, ils peuvent par conséquent nous représenter d'une manière
parfaite les produits, qui se sont formés à la surface de notre planète
si elle a passé par l'état anhydre. N'est-il pas en tout cas bien
remarquable de voir ces petites planètes représentant des corps qui ont
pris naissance bien loin de l'atmosphère et des eaux ressembler d'une ma-
nière complète aux couches profondes de notre sol? Si la température du
globe a été très élevée à l'origine, toute l'eau est devenue suspendue?

Dans l'atmosphère à l'état de vapeur et le monde a été soumis au régime anhydre. Le précipité composerait donc la première couche terrestre consolidée par voie de diffusion de chaleur. Si cette couche existe, nous n'en connaissons rien que ces débris amenés par les basaltes et les laves.

Terrain Schisteux.

482 Dans l'hypothèse de la fluidité originelle de la Terre, il y a eu nécessairement une époque où toute l'eau qui baigne aujourd'hui la surface et circule dans le sol était isolée à l'état de vapeur. L'atmosphère était évidemment beaucoup plus lourde qu'aujourd'hui, renfermant toutes les eaux, tous les sels susceptibles d'être volatilisés, le Carbone, tout l'Azote, des fumées d'oxydes de zinc, d'arsenic, d'antimoine, &c... L'on peut avancer sans exagération que l'atmosphère était à cette époque plus de deux cents fois plus lourde qu'aujourd'hui. Cette remarque a son importance, car il en découle que la vapeur d'eau a pu être condensée à une température bien supérieure à 100° et que les premiers dépôts ont été formés dans des eaux surchauffées et sous une pression considérable. Or, l'expérience montre que ce sont là les deux conditions les plus favorables pour faire cristalliser artificiellement les minéraux les plus rebelles. Il est donc tout naturel de trouver à la base des formations sédimentaires, une formation cristalline, schisteuse ou la vice n'a pu trouver place.

483. Les couches déposées dans les premières eaux sont toujours cristallines et cependant toujours stratifiées; leur aspect rappelle celui des roches granitiques qui les supportent ou les ont traversées. Comme ces roches massives elles sont composées de feldspath, de mica, de talc, de chlorite, d'amphibole mélangés de quartz. Ainsi même association de minéraux que dans les roches massives, mais avec disposition

De ces éléments en feuillets parallèles. Cette structure foliacée est d'ailleurs plus ou moins nettement accusée, et, avouons-le, on trouve toutes les transitions possibles entre les roches massives et les roches schisteuses. Ajoutons même, car je dois vous mettre en garde contre les méprises d'observation, telle roche qui dans une collection peut vous paraître massive; sur le terrain sera nettement stratifiée. Il y a donc passage entre les roches massives de cristallisation et les roches schisteuses. Les granits éruptifs seuls sont de vrais granits. Les roches granitiques venues au jour par voie d'épanchement dans ces larges crevasses ouvertes dans le sol encore peu épais, ont souvent une apparence stratifiée. La protogine du M^t Blanc, ainsi que le remarque M^r Lory, le savant professeur de la Faculté de Grenoble est stratifiée en grand et passe sur ses bords aux roches schisteuses qu'elle supporte.

Ces roches schisteuses sont :

le Gneiss,

le Micachiste,

le Schiste argileux.

484. Le Gneiss en égard à sa composition est un véritable granit schisteux. L'on y trouve les trois éléments de granit, feldspath, quartz et mica. Dans toutes les gneiss il existe une forte proportion de quartz associé au mica, le quartz étant à l'état libre comme dans le granit. L'on peut dire d'une manière générale que l'on y rencontre autant de quartz que dans le granit, plus de mica et moins de feldspath.

485. La composition du Micachiste et du Schiste argileux est mal établie; c'est celle du Micachiste qui l'est cependant encore le mieux. La roche est formée de lamelles de mica mêlées à du quartz très atténué. La structure de la roche dépend de la disposition des lames de mica. Cependant des cristaux se développent souvent entre les feuillets qui se contournent pour en définir les formes. Ces cristaux sont encore ici engendrés par voie humide et ils refoulent les feuillets de la roche sans modifier d'une manière sensible leur parallélisme. Le quartz lui-même s'y concentre parfois à certaines places sous forme de modules, mal définis, dont les

contours se fondent avec les contours de la roche elle-même. Ceci nous rappelle d'une manière frappante la consolidation du quartz postérieure à celle de tous les autres minéraux dans le granite. Cette roche est d'ailleurs souvent traversée par des filons de quartz. Quelquefois les lamelles de mica se détachent bien, on peut les isoler, reconnaître leur élasticité et même leurs caractères optiques, mais souvent aussi les minéraux sont mêlés d'une manière si intime, qu'on a peine à distinguer le mica. C'est un passage à la roche que l'on appelle Schiste argilieux. Les anciens géologues disaient Talcobistes, Steatobistes, mais bien rarement trouve-t-on dans ces roches du Talc ou de la Steatite, mais seulement des silicates qui renferment 2 à 3% de Magnésie. 486. Il y a cependant de véritables Talcobistes et Steatobistes, ce sont des roches composées de quartz associé soit au Talc, soit à la Steatite. On observe dans le Tyrol de véritables Talcobistes. C'est une roche qui dans les parties dépourvues de quartz a un toucher onctueux. A Chamouny on voit des gneiss alterner avec de véritables Steatobistes. Mais on a donné ces noms à des roches qui ne renfermaient ni Talc, ni Steatite, mais bien de la Chlorite. Cela vient de ce que dans l'ancienne minéralogie on a longtemps confondu ensemble Talc, Steatite, Chlorite. La schistosité de ces roches est due à la prédominance du Mica, ou de la Chlorite ou d'autres éléments lamellaires, confondus dans une véritable argile, provenant du feldspath à un état de décomposition plus avancée que dans le Micaobiste. Ainsi pensons-nous qu'il faut avec les Allemands attribuer à ces couches la dénomination très générale du Schiste Argilieux (Thonschiefer).

487. Le terrain schisteux est riche en minéraux métalliques. Ce sont les filons qui n'ont traversé que ces couches feuilletées qui sont les plus riches. Les fentes ouvertes dans les couches sédimentaires, sont d'ordinaire bien nettes, ici au contraire elles s'éparpillent, se ramifient, et le minéral pénètre dans ce réseau et se trouve disséminé dans la roche comme les silicates occidentaux.

488. Dans tout le terrain schisteux l'on ne rencontre jamais de cailloux roulés, ni de sables comme on le voit dans tous les terrains postérieurs. Ce sont des dépôts effectués dans une mer très tranquille, couvrant tout l'ensemble du globe, car de l'absence de cailloux roulés on peut sûrement conclure à l'absence de toute montagne et par conséquent les eaux avaient dû prendre leur niveau sur toute la surface du globe (Ceci dit d'une manière générale abstraction faite d'accidents locaux) Ces roches constituent tout notre plateau central entre Avallon et la Montagne noire et entre la vallée du Rhône et celle de la Vienne. Ce plateau en est presque entièrement composé, car les dépôts ne sont interrompus qu'en là que par quelques lambeaux de terrain bouillier et tertiaire, quelques épanchements de granit et de roches paradiées plus modernes formant les massifs volcaniques de l'Auvergne. Ces roches constituent encore le sol de la presque île de Bretagne depuis la Vendée jusqu'au Finistère et depuis le Finistère jusqu'à un environ d'Alençon; ces deux massifs convergent vers la pointe de la presque île.

Dans les Vosges, les Alpes, les Pyrénées, les Maures on a observé encore des affleurements de couches schisteuses, qui n'ont jamais été recouvertes par des terrains plus récents.

489. La carte ci-jointe nous montre les surfaces de notre sol français, qui ont émergé à la fin de la période schisteuse, et depuis cette date n'ont plus été replacées sous les eaux. Ce sont donc les premiers points secs qui soient venus au jour, les premières ébauches du continent. Il importe que vous reteniez la position de ces masses schisteuses cristallines précédemment parce qu'elles nous représentent les premières saillies du sol; car les premières saillies sont celles qui à toutes les époques ont pris des reliefs de plus en plus accusés; ou si l'on veut, les surfaces



emergées les premières sont celles où le mouvement de relèvement a toujours dominé celui d'affaissement.

Aussi voit-on tous les autres terrains venir se grouper autour de ces premières masses sédimentaires, dont les lignes élevées

dessinent les limites des grands bassins hydrographiques. Dans le perpétuel mouvement de l'écorce terrestre nous verrons constamment ces roches anciennes former les bords les plus extérieurs d'un bassin géologique, le dominer tout entier. L'histoire de la terre est l'histoire de la conquête des continents sur les eaux, et tous ces phénomènes de relèvement ont eu constamment lieu autour de ces premières noyaux élevés. Sur les bords de ces massifs seulement nous verrons les divers terrains offrir des discordances bien manifestes de stratification parce que c'est dans leur voisinage qu'ont eu lieu les phénomènes brusques de rupture de l'écorce, tandis que ces centres n'ont eu lieu que des mouvements du sol extrêmement lents et dès lors les sédiments de divers âges repassent les uns sur les autres en parfaite concordance.

490. En Europe la plus grande surface continentale constituée par ces dépôts schisteux est la Scandinavie c'est à dire cette région constituée par la Suède, la Norvège et la Finlande.

Dans l'Amérique du Nord le Labrador, le Groenland, la région des grands lacs, le rivage sud du St Laurent montrent ce terrain se poursuivant jusque dans les Alleghany à l'Est et jusqu'au Mexique à l'Ouest.

Dans l'Amérique du Sud on retrouve ce terrain dans la région comprise entre l'Orénoque et l'Amazonne et dans une moitié de l'Empire du Brésil.

En Afrique on observe beaucoup de massifs schisteux.

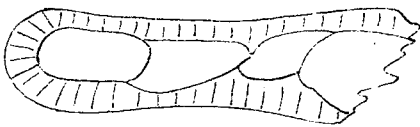
Les terres dispersées au milieu de l'Océan, les terres Australes échelonnées depuis le Sud de l'Afrique jusqu'à la nouvelle Zélande sont formées de schistes cristallins sur lesquels se sont épanchés les lavas des volcans actuels.

491 Jusqu'ici nous n'avons pas vu apparaître d'organismes vivants : nous n'avons pas observé de couches à fossiles - La vie, avons-nous dit, ne pouvait évidemment se manifester pendant la période schisteuse mais une longue série de siècles s'est écoulée encore entre la fin de cette époque et l'apparition de la vie.

En Suède on voit les plus anciennes couches fossilifères reposer horizontalement sur des couches relevées de gneiss (Voyez plus bas la coupe de la Colline de Kinnickulle) C'est déjà l'indice d'une lacune considérable. En effet en France, en Angleterre, en Bohême on voit des schistes et des grès différents du gneiss ou mica schiste et du Ebenschiefer plus anciens que les premières couches fossilifères suédoises. En France, par exemple, reposant directement sur le granit sans interposition de gneiss ou de mica schiste, on voit aux environs de St Lô, de Mortain et dans la petite chaîne des monts d'Arcé des schistes argileux, satinés et lustrés

très bouleversés et sans traces d'organisme. Si l'on se dirige de Becheval (Eure et Loire) vers Montfort sur Meuse on voit appuyé sur le granit, une assise de schistes maclifères qui n'a pas moins de 10000^m de puissance, où l'on ne découvre aucun fossile. En Bohême, en Angleterre entre le granit et les premières couches à fossiles, on trouve plusieurs milliers de mètres de terrains sans aucun indice d'organismes. Dans l'Amérique du Nord les couches de cette période Arzoïque sont bien plus puissantes encore. Au dessous du grès de Polodam qui correspond aux couches fossilifères les plus anciennes d'Angleterre de Bohême et de Suède on trouve tout un terrain qui n'a pas moins de 6 Kilomètres d'épaisseur auquel on a donné le nom de terrain Huronien, à cause du voisinage de ses affleurements avec le lac Huron. — Dans ce terrain pas de fossiles :

Au dessous se place encore un autre terrain très épais composé de gneiss, de micaschistes, de schistes amphiboliques et de calcaires cristallins que l'on appelle terrain Laurentien. Quand on dissout le calcaire de cette roche Laurentienne au moyen d'un acide, la roche silicatée prend une disposition zonée, où M. L. Carpenter a cru reconnaître l'indice d'un être organisé qui a été appelé *Eozoon canadense*. Voilà à peu près ce que l'on aper-



çoit au microscope ou a voulu assimiler ce dessin à celui d'une nummulite en faire un foraminifère.

Cependant pendant l'exposition de 1867 les plus beaux échantillons ont été examinés par tous les connaisseurs, qui ont déclaré n'y voir absolument rien d'organisé. Les minéralogistes au contraire croyaient deviner une tendance à la cristallisation. Voyez

cependant jusqu'ouï peut aller l'espèce de système. Il est à peu près entendu que l'Éozoön canadien est une chimère. Les Bavaurois ont d'ailleurs cependant avoué les leurs et ils ont établi une nouvelle espèce Éozoön bavarois, dans un genre dont l'existence est plus que problématique.

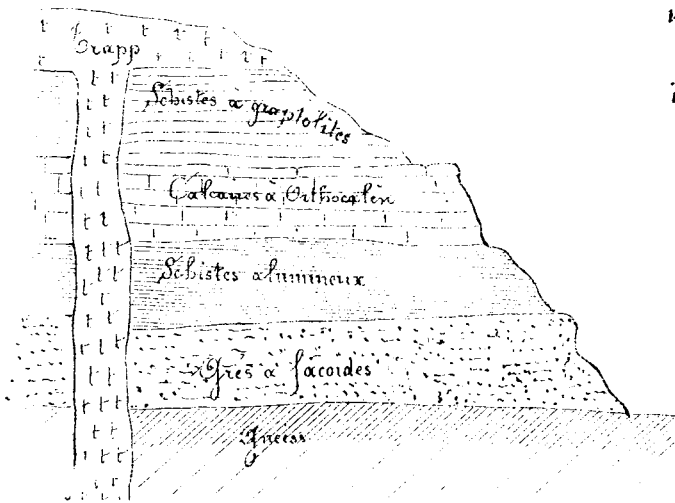
Les Américains considèrent le Lamentien comme de l'âge des schistes cristallins. L'Huronien occupe donc de l'âge de nos schistes de Mortain, de St Lô, des environs de Héchozel et de Montfort sur Mer, et des conches schisteuses avec calcaires, du pays de Galles. C'est cet ensemble Arzoïque que Murchison avait autrefois appelé Terrain Cambrien, dénomination qui a été appliquée par les géologues à divers niveaux des terrains sédimentaires anciens; mais qui réservée à ce groupe de conches intercalées entre le terrain schisteux et les premiers sédiments fossilifères, en est être conservée.

Terrain Silurien!

492. Le terrain silurien a été reconnu pour la première fois par Sir R. Murchison dans le pays de Galles et les contrées riveraines. Un autre géologue le professeur Sedgwick, l'étudiait en même temps dans le Cornwall et près de la mer. M^r Sedgwick découvrit au dessous du terrain de M^r Murchison un groupe plus épais qu'il appela Cambrien. Le Cambrien supérieur n'avait pas moins de 2500 mètres et l'inférieur 3000 mètres. L'épaisseur totale 5500^m. Mais M^r Murchison ayant reconnu qu'il y avait des fossiles communs entre le Cambrien supérieur et le silurien inférieur rattacha ce groupe à la base de son silurien. Quant au Cambrien inférieur il constitue ce groupe arzoïque - (Groupe Cambrien Voir S 491.) dont nous venons de nous entretenir, équivalent de l'Huronien de la base arzoïque de Bohême.

ce nos schistes de Mocham, de St Lô et de Montfort, lequel est intermédiaire entre le terrain schisteux et les couches siluriennes et est à dire les premières couches fossilifères.

493. Le terrain silurien d'Angleterre a environ 3000^m d'épaisseur; il est donc difficile à étudier; c'est un dépôt de haute mer. La mer silurienne avait au contraire un rivage en Suède et c'est toujours sur les rivages qu'il faut essayer de se placer; pour faire l'étude rapide d'un terrain, car on y voit toutes les couches qui se sont formées dans la haute mer, avec les mêmes fossiles, mais les dépôts sont amincis, moins épais. Voici la coupe de ce rivage qui constitue aujourd'hui la colline de Kimmekinte (Hauteur 250^m). Les couches sont horizontales et cependant elles ont été traversées par des épanchements de Grapp, lequel a coulé à leur surface et s'est glissé entre les couches. (D'après M^r Murchison ces intercalations de roches éruptives et sédimentaires existent aussi en Angleterre.)



Silurien supérieur = Schistes à graptolites
 moyen = Calcaires à orthocères
 inférieur = Schistes alumineux
 Grès à fucoides

Les grès à fucoides commencent la série. Les fucoides constituent une famille de végétaux presque exclusivement marins appartenant à la classe des Algues. On rencontre ces grès en France, en Angleterre, en Finlande, dans l'Amérique du nord en un mot partout où le terrain silurien a été reconnu. Ces grès n'ont

rien de remarquable. On les retrouve en Norwège à la même place dans la série des végétaux sous des Bilobites comme en France.

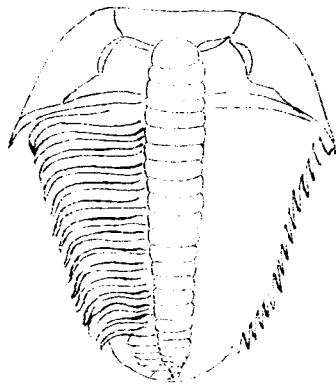
Au dessus sont des couches de schistes alumineux et bitumineux renfermant des milliers d'impressions d'Agnostus et de plus grande Trilobites, Olenus et



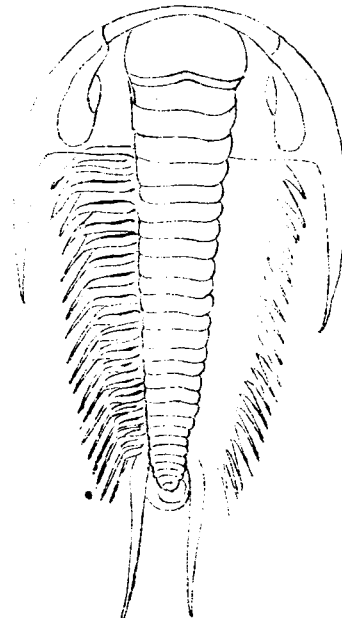
Bilobite



Agnostus



Olenus.



Paradoxide

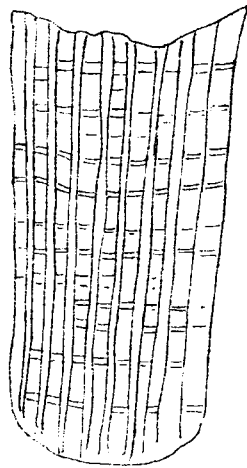


Obolonia

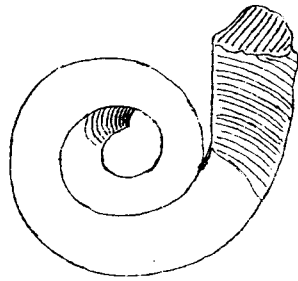
le faune Paradoxide Crossi connu déjà de Linné, et la partie supérieure des Obolonia.

On commence même à trouver des graptolites dans le Silurien inférieur.

494. Suède — Des calcaires où l'on voit beaucoup d'Oriskans des Lithites des Schinoderma et entre autres Schinosphères, mais surtout des Trilobites de plusieurs genres, Illana genre caractéristique de la partie moyenne du terrain silurien. Il y a encore des lits de schistes à Graptolites.



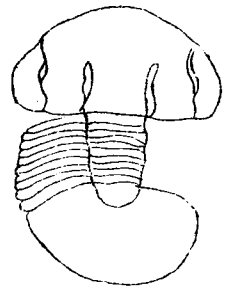
Orthoceras



Lithites



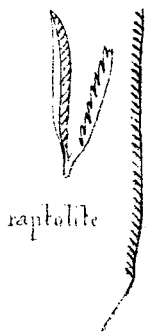
Echinospherites



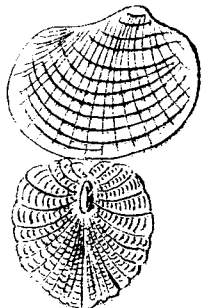
Illenus.

La Calymène Blumenbachii qui est plutôt caractéristique de l'horizon supérieur se rencontre déjà ici. C'est le Silurien moyen.

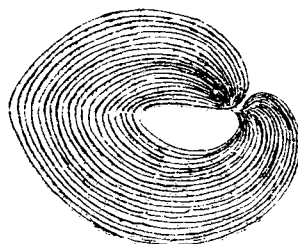
495. Le silurien supérieur est un schiste à graptolites (1^{er} niveau de Graptolites) avec Cardiola interrupta, Pentamerus et Calymène Blumenbachii. Sur d'autres points de la Suède on trouve des grès rouges qui sont de cet horizon. Toutes ces couches plongent sous la mer Baltique et à Peterbourg on



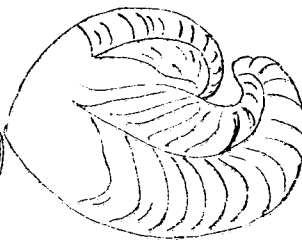
raptolite



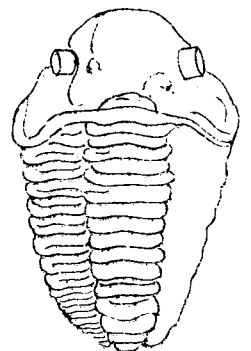
Cardiola interrupta.



Pentamerus.



Coupe.

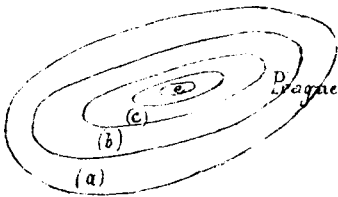


Calymène Blumenbachii

retrouve le silurien inférieur représenté par une argile bleuâtre et

de grès et des schistes correspondant aux schistes alumineux de la Suède ; le tout recouvert par le silurien moyen avec *Orthoceras* et *Ilæmus*. Le silurien supérieur manque.

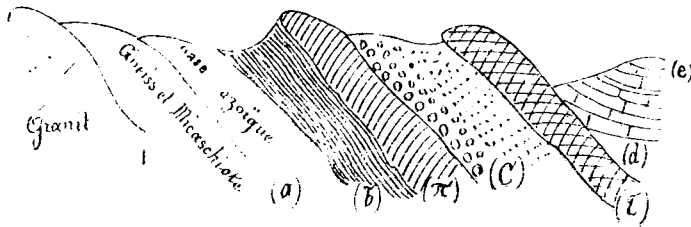
496. Il y a en Europe une région où le terrain silurien offre un magnifique développement et où il a été admirablement étudié par l'un de nos compatriotes M^r Barrande. Je veux parler de la Bohême. Le bassin silurien de la Bohême est très intéressant à étudier tant au point de vue des fossiles, qu'on y rencontre en abondance, qu'à celui de l'origine des dépôts sédimentaires. Nous allons en donner une descrip-



tion sommaire. Ce bassin a la forme d'une ellipse dont le grand axe aura une longueur de 135 kilomètres le petit axe 74 kilomètres. Il a la forme de quatre assiettes de diamètres décroissants, à contours parallèles, empilées les unes sur les autres. Le plongement général

des couches est donc vers le centre du bassin, de telle façon qu'une coupe prolongée jusqu'au centre se reproduit de l'autre côté.

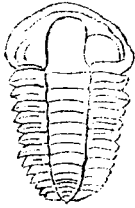
Appuyée sur le granit et le gneiss on trouve une première



bande d'affleurement composée de roches cristallines stratifiées, formée par les matériaux des roches sous-jacentes remaniés par

les eaux et consolidés sous des influences thermiques. Malgré toutes ses recherches, M^r Barrande n'est point parvenu à y trouver des traces d'organismes, c'est la base azoïque (a) l'équivalent du Cambrien ou de l'Algonien.

Au dessus de ces couches apparaissent des schistes à grains si fins qu'ils se défilent en ardoises et que les corps les plus délicats y laissent leur empreinte, ils sont ordinairement de couleur verte. (b) On y rencontre un grand nombre de *Trilobites*, *Agnostus*, *Paradoxidea*, *Olenus*. Ajoutons *Ellipsocephalus*.



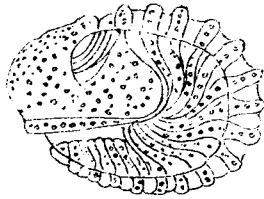
Ellipsocephalus
Hoffi

C'est la faune première, qui correspond exactement à celle du diluvien inférieur de Suède. Mais l'écorce terrestre étant devenue plus épaisse des fractures se sont produites à la fin de ce dépôt et par ces ouvertures est venu au jour un porphyre quartzifère (π) Ce front de porphyre battu par les eaux a donné lieu à un dépôt de cailloux et coûlés de porphyre, puis à des couches de grès (*Wadela*) et enfin des grès argileux (c) J'appelle d'une manière toute spéciale votre attention sur ces formations successives on vous voyez les éléments du porphyre se déposer chacun à leur tour dans l'ordre fixé par leur degré plus ou moins avancé de trituration et de décomposition, mais mécaniquement par l'action des eaux. On rencontre dans ces grès une prodigieuse quantité d'organismes constituant la faune seconde. *Calymene*, *Trilobites* et l'*Illenus* du diluvien moyen de Suède.

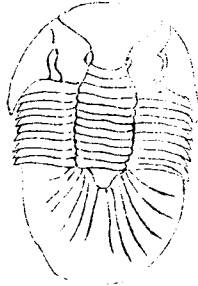
Jusqu'ici pas de calcaires; mais une croûte de produit de nouveau qui met le fond de la mer en communication avec les réservoirs trappéens des profondeurs (voir S 463). Le Crapp (t) s'épanche par ces fractures, des effluves d'eau chaude venant de l'intérieur chargées de bicarbonates de chaux se mêlent aux eaux de la mer. Les conditions de la formation du calcaire sont réalisées. Après les premières dépôts schisteux dus à l'érosion directe de la roche trappéenne s'écoule bien vite le calcaire; des calcaires blancs des calcaires siliceux des calcaires noirs. (d) Le rois

terminé par des schistes dite culminant (c) c'est le lieu de la forme troisième. Calymene Blumenbachii,

Phacops, Bronteus, et Cardiola interayra caractéristique comme parsons du



Phacops enroulé



Bronteus.

silurien supérieur: on y trouve aussi des gastéropodes; dont l'élégance rappelle celle des gastéropodes

tertiaires et une abondance extrême de céphalopodes à coquilles

les chambrées. La nature les a variés à l'infini. Et y en a de

étroits, d'autres enroulés dans un plan, d'autres enroulés d'une manière rochoïde, avec des tours unis ou détachés.

497. A Hof en Bavière on trouve une assise intermédiaire entre l'assise (b) et (c) de Bohême. Les genres spéciaux à ces horizons en Bohême sont ici confondus, mais les espèces sont



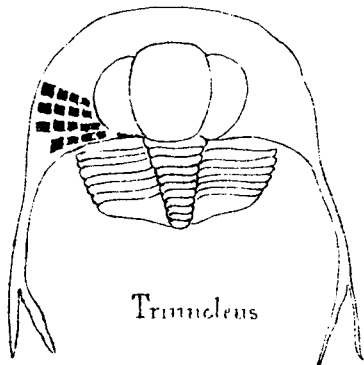
Lingule

différentes, ce qui nous montre que les genres n'ont pas grande valeur pour déterminer les terrains et qu'il faut uniquement s'appuyer sur les espèces.

498. En Angleterre le Cambrien se termine par les schistes de Longmynd.

Au dessus l'on trouve 1° des grès à Bilobites, Lingules & Paradoxides avec les espèces de la faune première de Bohême.

2° Suivent (a) des schistes où se montrent encore des Lingules mais apparaissent des Trilobites de la faune seconde des Orthocères des Truncelens



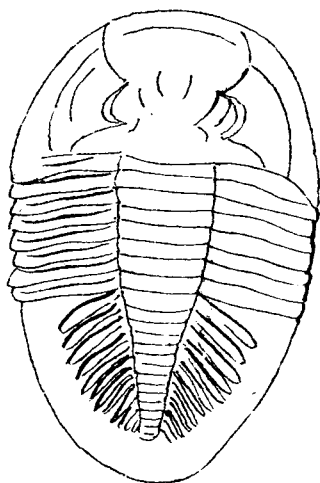
Trunculus

avec tous les caractères des espèces de Suède. On y voit même des Graptolites. Ce sont les schistes de Skidaw.

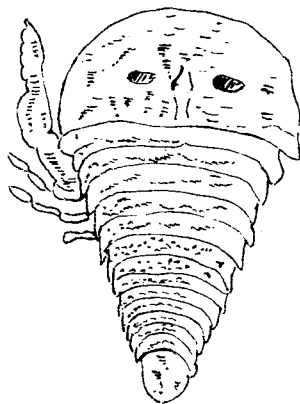
Suivent (b) Les schistes calcaireux de Llandilo avec fossiles du Silurien moyen et graptolites.

(c) des grès avec Trimmelus grès de Caradoc (a)(b) (c) constituent le silurien moyen. Le grès de Caradoc établit le passage entre le silurien moyen et le silurien supérieur on y voit des Pentameres et en particulier le P. oblongus qui ailleurs est considéré comme caractéristique du silurien supérieur.

3° Le silurien supérieur comprend le groupe de Wenlock et de Ludlow. Il est surtout calcaire. On y voit le Calymène Blumenbachii, Asaphus Pentamerus oblongus qui subvoit, et



Asaphus



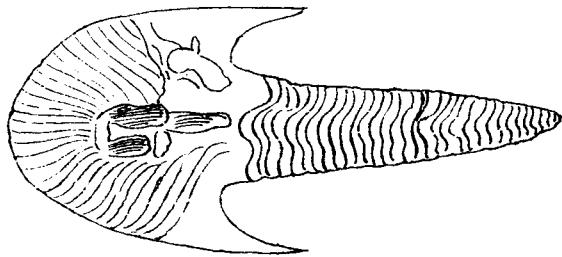
Pterygotus

des Pteropodes qui rappellent ceux du silurien moyen en Bohême.

Le tout se termine par des grès avec de grands crustacés Pterygotus, gigantesque animal de 2^m00 de longueur. C'est aussi dans ces couches supérieures

que l'on a trouvé les grands poissons tels que Cephalaspis qui ont quelques ressemblances avec les crustacés.

499. Le terrain silurien est représenté en France; en Bretagne et en Normandie; par exemple.



Cephalosjus.

En Normandie le silurien inférieur est représenté par le poudingue de Aïcy (Calvados) et les schistes de Chorigny. Ils sont surmontés par des grès blancs à Bilobites et à Lingules que l'on observe à Falaise et à Cherbourg. On retrouve ces grès en Bretagne avec Lingules et Bilobites.

Le silurien moyen correspond en Bretagne aux schistes ardoisiers d'Angers avec *Mænus*, *Calymene Cristani*.

Ces schistes se retrouvent avec le *Calymene Cristani* à Mortain et à Cherbourg.

Près de Rennes, de Cahard et dans la Sarthe près de Chemizé on trouve des grès qui ressemblent la faune du Canada en Angleterre. Il en est de même des grès de May dans le Calvados. Mais ici entre les schistes à *Calymene Cristani* et ces grès, on trouve des poudingues et des Calcaires (Vieux, Calvados). Ces couches appartiennent au Silurien moyen.

Le Silurien supérieur manque en Bretagne, mais il existe dans la Manche à St. Sauveur le Vicomte et à Fougères dans le Calvados. Ce sont des schistes remplis de graptolites, de vrais schistes carbonés avec ce précieux fossile qui parait être le témoin de cet horizon supérieur la *Cardiola interrupta*.

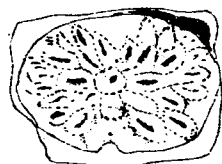
Dans la Sarthe près Brulon on trouve le terrain silurien complet.

Schistes à <i>Cardiola interrupta</i>	Sil. sup.
Grès sans fossile	} ... Sil. moy.
Schistes à <i>Calymene Cristani</i>	
Grès à <i>Bilobites</i>	Sil. inf.

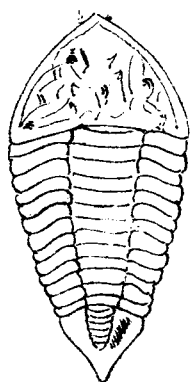
On ne peut apprendre à bien connaître le terrain dévonien qu'en parcourant l'Ardenne. L'Ardenne est une région naturelle formant un plateau dont la partie supérieure est sensiblement horizontale.

Cette contrée a été explorée très souvent par M. Hébert, qui cette année encore y a conduit ses élèves. La coupe ci-jointe est celle qui est consultée pendant l'excursion. Nous la tenons du savant professeur de la Sorbonne. Ajoutons que nous tenons de lui la description qui va suivre.

501. Supposons-nous placés dans la Vallée de la Meuse, entre Charleville et Virieux; on voit devant soi des quartzites et de part et d'autre des schistes ardoisiens tout à fait semblables à ceux d'Angers renfermant les *Ellènes* d'Angers. Ces schistes sont exploités à Rimogne, Fumay, etc. Si l'on marche vers Charleville, on est sur des schistes ardoisiens, des pondingues, puis des schistes et des grès. Les schistes ne sont pas ardoisiens mais satinés et luisants et ils se divisent dans plusieurs directions. Suivent des *Grouwacker* (ne point perdre de vue la Coupe) où l'on aperçoit un fossile très caractéristique, un *Coralliozoë*, Le *Pleurodyctium problematicum* constant dans tout le globe à ce niveau. On y trouve aussi des *Homalotus*; il n'y a plus de Calymène.



Pleurodyctium problematicum



Homalotus.

Ces grouwacker sont inclinés et dans leurs plis se trouvent pincés des lentilles calcaires. Les schistes luisants se rapprochent à Charleville (c'est le dévonien inférieur).

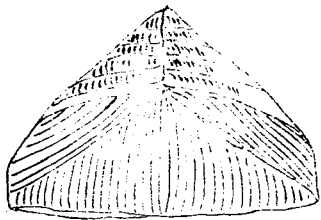
Revenons à notre point de départ et marchons en sens inverse c'est à dire vers Givet. A la limite des schistes ardoisiens à Fèpin, on trouve me-

pondrique qui suivent les uns en concordance, suivent les autres en discordance avec les ardoises siluriennes. C'est un pon-
drique à gros éléments cimentés par de la silice et encore traversés
par des veinules quartzées; mais il n'y a rien de commun entre
ces minces laves de silice et le puissant massif de quartzites qui
forme le noyau des ardoises siluriennes. Suivent des grès et des schistes
luisants, puis des granwackes avec spirifères paradoxaux, enfin des grès
verdâtres ou noirâtres qui terminent la série du dévonien inférieur.



Spirifer paradoxus.

un polyptère. Mais peu nous importe. Sa forme est celle d'une



Calceola sandalina

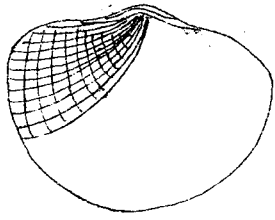
Au delà de Vireux commence le dévonien
moyen. Ce sont des schistes argileux
renfermant une autre faune et en particu-
lier un fossile qui a été balloté de classe
en classe; car de Brachiopode qu'il
était autrefois on veut aujourd'hui en faire

un polyptère. Mais peu nous importe. Sa forme est celle d'une
sandale chinoise. C'est la *Calceola*
sandalina. Il faut retenir ce ca-
ractère car sur le terrain on pourrait
confondre ce groupe avec celui de la
Granwacke du dévonien inférieur.

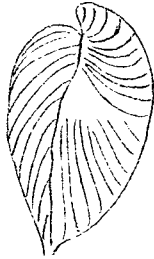
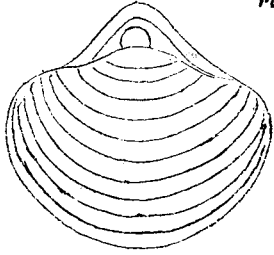
Ajoutons encore comme fossile caracté-
ristique le spirifère *entrijugatus*. —
Stypha reticulata.

L'on arrive alors à une masse calcaire
portant la forteresse de Charlemont près Givet et les fossiles caracté-
ristiques sont un Brachiopode de grande taille; le *Stringocephalus*
Bucinum et de nombreux polyptères. C'est le calcaire de Givet
qui avec les schistes à *Calceoles* forme le dévonien moyen

À Givet l'on est déjà sur le dévonien supérieur.

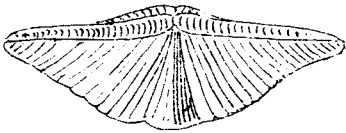


*Atrypa
reticularis.*



*Stringocephalus
Burtini*

des lits minces remplis d'Orthocér. et de goniatites précédentes des Ammonites.



Spirifer Vernemili.



Terebratula Cuboides

psammite en Condos, renfermant encore le *Spirifer vernemili*

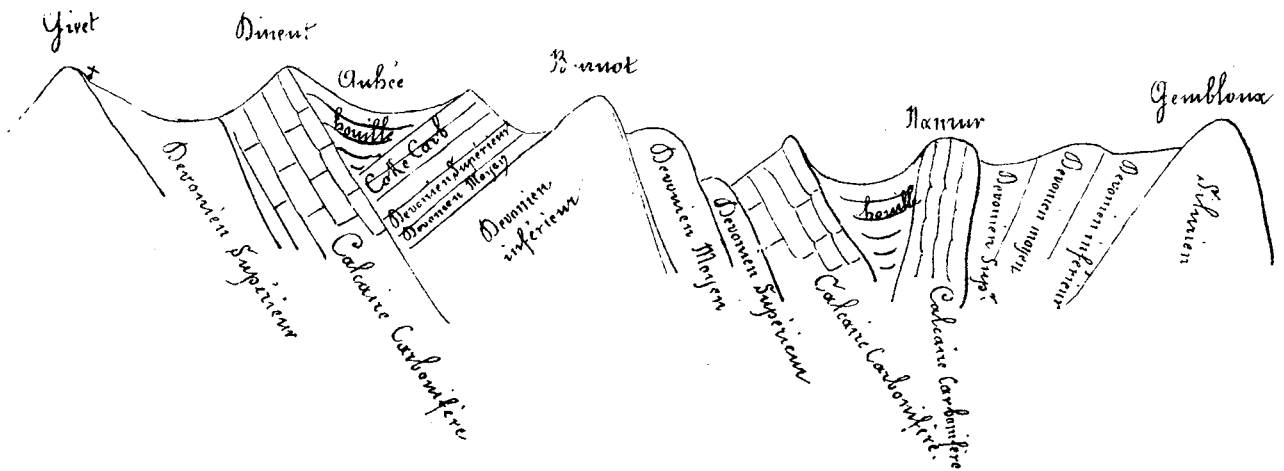
Le terrain dévonien de l'Ardenne de Tépim à Lavaux n'a pas moins de 7000^m d'épaisseur se décomposant de la manière suivante:

dévonien supérieur	1000 ^m
dévonien moyen	1500 à 2000 ^m
dévonien inférieur	4000 à 5000 ^m

502. Mais poursuivons notre route vers Namur. De Lavaux à Dinant on marche sur le calcaire carbonifère qui sur cette coupe est représenté en couches régulières mais qui est

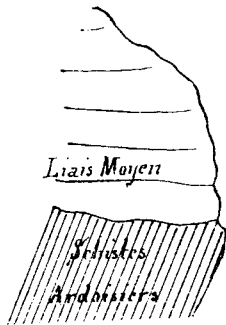
Ce sous-étage commence par des schistes alternant avec des bancs calcaires renfermant le *Spirifer vernemili* très commun et de toute taille, il est caractéristique de cet horizon car on ne le voit ni plus haut ni plus bas. Les calcaires intercalés dans les schistes sont très riches en fossiles: on y remarque encore une *Terebratula* à forme renflée, la *Terebratula cuboides*

Comme près de Givet on voit



en réalité très bouleversée et c'est dans la concavité d'un pli qui est contenu le bassin houiller. D'Aubée à Eburnon on rencontre de nouveau le dévonien supérieur, puis le dévonien moyen, puis le dévonien inférieur qui forme un pli saillant à Eburnon. Ce sont des Pondingues à gros blocs qui prennent leur place à la partie supérieure du dévonien inférieur. Au delà de Eburnon viennent des calcaires du dévonien moyen, — puis des schistes à *Berebratula cuboides* et *Spirifer Verniculi*. Dès de Namur répétition de ce qui a été signalé à Aubée, un bassin houiller pincé dans un pli du Calcaire carbonifère. On entre alors dans le Brabant et si l'on se dirige vers Gembloux on rencontre encore une fois les trois étages dévonien qui viennent s'appuyer sur des schistes situés à Calymène Cristiani et par conséquent appartenant au dévonien moyen.

Cette description rapide nous montre que le plateau de l'Ardenne a été dressé par des causes animées d'une extrême violence pendant l'intervalle qui sépare l'époque houillère d'avec celle des couches plus récentes qui s'y appuient (c'est à dire l'époque du Lias). On voit en effet souvent des couches de Lias moyen reposer horizon-

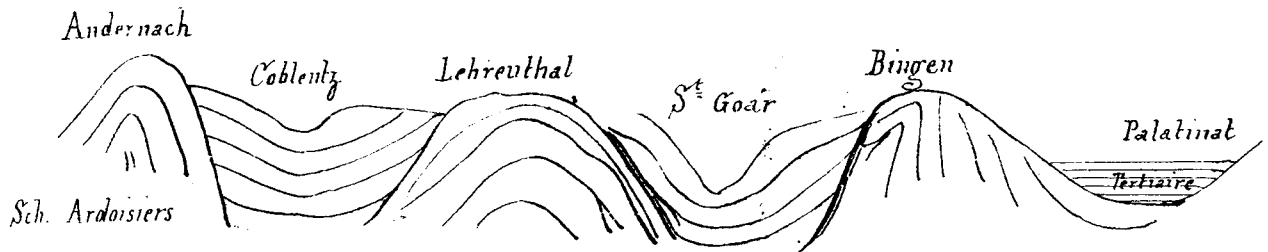


talement sur les schistes siluriens bouleversés.

Le Westerwald, l'Esfel, le Condros, sont encore des pays classiques pour le terrain dévonien. C'est le dévonien moyen qui y domine, les couches fossilifères de Gerolstein sont connues de tous les géologues.

Le Hundsruck, le Eamus, et l'Ardenne sont plutôt composés de terrain silurien, accompagné du dévonien inférieur.

503. Si l'on se place sur les bords du Rhin, entre



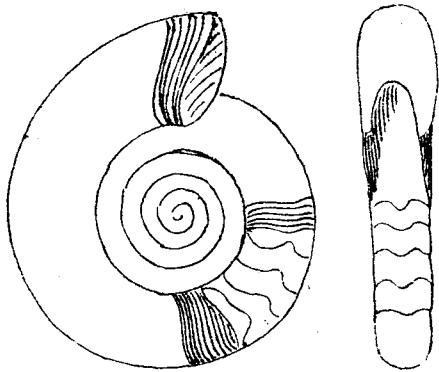
Andernach et Bingen, on voit une série de plis convexes, formés par des schistes ardoisiers siluriens, alternant avec des plis concaves, formés par la Granwacke dévonienne, que l'on observe à Coblentz et à St. Goar.

504. En France, on rencontre encore le terrain dévonien dans le Cotentin. La localité de Melon (Mancie) est même très célèbre à raison des nombreux fossiles dévoniens que l'on y rencontre. Ce sont des *Homalonotia*, la *Spirigera concentrica*, *Leptæna Murchisoni*, tout cela est le dévonien inférieur, et dans le Cotentin, il n'y a rien au-dessous de ce sous-étage, qui repose sur les schistes de St. Omer de la Vienne, c'est-à-dire sur le silurien supérieur. Ce sont des Granwackes, avec masses calcaires pincées dans les plis du grès et que l'on exploite pour la fabrication de la chaux.

En Bretagne sur les bords de la Loire, on rencontre le

Terrain Dévonien au complet, reposant comme dans l'Ardenne sur les schistes à Calymène Britannica; c'est à dire, sur le diluvien moyen. Le Dévonien inférieur est une granwacke avec fossiles caractéristiques de cet horizon: pleurodyctium problematicum par exemple, et calcaires exploités là comme ailleurs. Le Dévonien moyen se compose de calcaires avec schistes ardoisiers. On y trouve la Calceola scandalina. Le Dévonien supérieur est composé de grès et de schistes, avec quelques bancs calcaires. La *Cerebratula cuboides* est en banc, et le *Spirifer Verneuli* en banc. Les Anthracites de cet horizon sont exploités depuis fort longtemps. Il résulte de tout ceci, que le centre de la Bretagne, était émergé à la fin de la période silurienne.

Dans les Pyrénées près de Luchon, à Bagneres de Bigorre, on trouve des masses dévoniennes, encore mal étudiées, on y retrouve la Granwacke avec *Leptæna Murchisoni*, représentant le Dévonien inférieur, comme dans l'Ardenne. Le Dévonien moyen est difficile à discerner; le Dévonien supérieur consiste en calcaires normands; ce sont de véritables marbres verdâtres et rougeâtres, remplis de goniatites. C'est le marbre de Campan, composé d'une partie calcaire dans laquelle les goniatites sont empilées les unes sur les autres, comme des figures sèches dans un Caïsson. M^r Elie de Beaumont a calculé



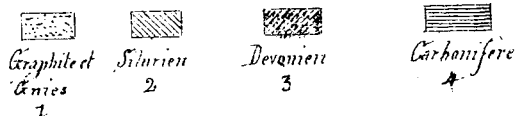
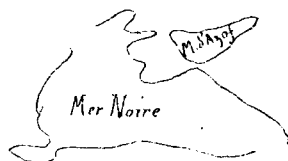
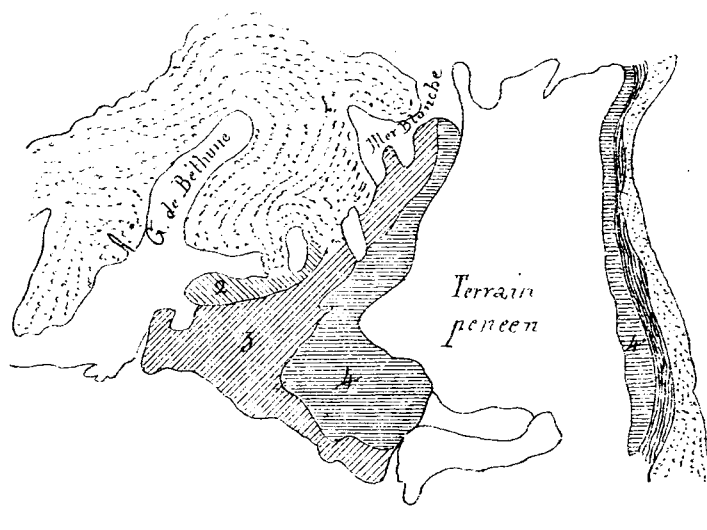
Clymenia.

qu'une couche de ce calcaire, d'un mètre seulement d'épaisseur et couvrant une superficie d'un myriamètre carré, renferme 27 milliards de goniatites.

505. En Angleterre le terrain Dévonien est appelé terrain du vieux grès rouge (Old-red-sandstone) Les trois étages, y sont moins visibles que chez nous; ce sont

des couches de conglomérats et de grès, que l'on ne peut diviser en assises; mais leur position entre le terrain silurien, et le terrain carbonifère, ne permet pas de douter de leur âge. Dans le Nord au contraire, en Écosse, on trouve des conglomérats qui représentent bien nettement le dévonien inférieur. Des schistes bitumineux qui appartiennent au dévonien moyen, des grès et des conglomérats qui sont du dévonien supérieur. C'est dans les conglomérats inférieurs que l'on trouve le grand crustacé *Sterygotis*, ainsi que les grands poissons qui ont encore des analogies avec les crustacés, *Cephalaspis*, que nous avons déjà cités, dans le silurien supérieur. Il y a concordance entre les terrains silurien et dévonien.

(Dans le bas Boulonnais, l'on rencontre encore le terrain dévonien, c'est un affleurement du bassin dévonien de Belgique et de



l'Ardenne qui se relève en ce point; la localité de Éterques est encore célèbre pour ses fossiles.)

506. En Russie on rencontre de nouveau le vieux grès rouge, présentant le caractère du vieux grès rouge d'Écosse et du dévonien.

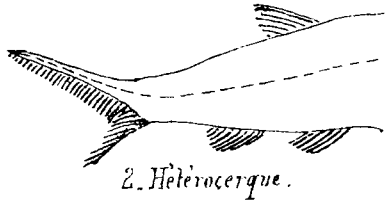
d'Europe. On y rencontre, en effet, des poissons, du dévonien moyen et supérieur d'Europe, avec les autres fossiles de ces horizons. En Russie par conséquent, l'on ne trouve que le dévonien moyen et supérieur; le bas étage caractérisé par le *Pleurodyetium problematicum*, et le *Cephalaspis fairdusianus*. A cette époque, la Scandinavie et la Grande-Bretagne formaient une île; car, on ne trouve pas de dévonien dans ces contrées. C'est autour de cette île, qu'ont été effectués les dépôts de conglomérats et de grès, que nous appelons vieux grès rouges; c'est un dépôt littoral; mais quand on s'éloigne de cette grande surface émergée, l'on arrive à des dépôts de mer plus profonde, que nous avons étudiés dans l'Ardenne et ailleurs.

507 Le terrain dévonien, se retrouve encore sur la deux rives du Euphrate, dans le Sibérien, dans la Sibirie, sur les flancs de l'Himalaya, avec les fossiles de l'Europe. Dans l'Amérique du Nord, on le suit depuis New-York, jusqu'au Canada. Dans l'Amérique du Sud, on l'observe près de Quito; c'est une granitide renfermant les mêmes spitzifères qu'en Europe. En un mot, partout, à des latitudes si diverses, on retrouve les mêmes espèces qu'en Europe.

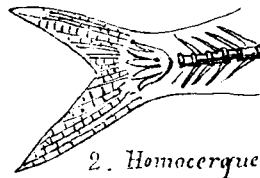
508 Au point de vue de la transformation des êtres vivants, on peut dire d'une manière générale qu'à l'époque dévonienne, les Trilobites sont en décroissance et caractérisés par un grand développement du bouclier Caudal; homalonotus, etc. Les Cephalopodes à coquille chamberée, sont aussi moins variés qu'à l'époque silurienne. Les Mollusques dominants sont les Brachiopodes; ils sont caractéristiques de cette époque; en regard, non seulement à leur grand nombre, mais aussi au grand nombre d'espèces. Les genres siluriens étaient aplatis ou à stries fines; il y avait peu de spitzifères; ici, au contraire, dominent les spitzifères aux ailes amples et aux côtes prononcées. Les

Produits qui régnaient dans le terrain carbonifère apparaissent déjà. De tous ces faits, de la présence des mêmes brachiopodes à toutes latitudes, de l'abondance extrême des polypiers, il faut conclure que la mer dévonienne était plus étendue, que la mer silurienne.

Dans les grès qui caractérisent les anciens rivages, les hauts-fonds, l'on voit ces poissons à terminaison hétérocercue, (pour la distinction des poissons homocercue et hétérocercue, voir la figure suivante) que nous avons déjà signalés. Ils ont



2. Hétérocercue.



2. Homocercue.

des écailles osseuses, des nageoires énormes.

En ce qui touche le reptile signalé comme dévonien. Le léterpeton il appartient aux couches

du Trias. Sur les rivages de terre émergés, Scandinavie, Bretagne, etc, on voit des traces de plantes terrestres, appartenant à des genres qui vont prendre leur développement dans la période suivante. Ces plantes ont formé à certaines places des accumulations, qui aujourd'hui transformées en combustible donnent lieu à des exploitations.

Terrain Carbonifère.

509. Le terrain carbonifère se partage naturellement en deux étages.

Un étage marin, d'origine chimique, le calcaire carbonifère.

Un étage dans les sédiments ont été déposés dans de

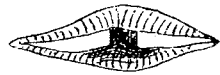
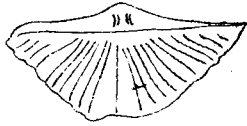
laquelles d'eau saumâtre ou des lacs continentaux, d'origine mécanique - l'étage houiller proprement dit.

510. Calcaire carbonifère - C'est un calcaire bleuâtre ou grisâtre, en général en couches très plissées formant des escarpements, un véritable calcaire de montagne (Mountain limestone) comme disent les Anglais. Il est traversé sur beaucoup de points par des filons métallifères - Exemple - Filons de galène du Derbyshire.

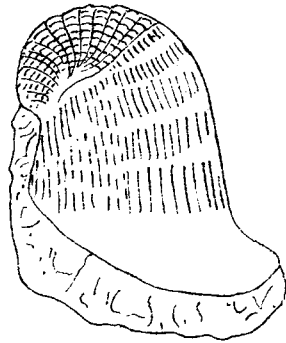
Son nom semblerait indiquer qu'on y trouve des combustibles, il n'en est cependant pas ainsi, ordinairement du moins, cette dénomination veut seulement rappeler qu'on le rencontre dans le voisinage des couches exploitables. L'Écosse fait cependant exception. On trouve dans le calcaire carbonifère de véritables couches de houille anthraciteuse. - Au-dessous de ce système apparaît le système houiller proprement dit, mais les principales exploitations de combustible sont dans l'étage carbonifère. Il n'en est pas autrement ainsi dans le Boulonnais où la houille est placée au-dessous du calcaire carbonifère mais cette position anormale est due à un renversement de couches. Dans la Sarthe on retrouve dans des plaques du terrain dévonien des calcaires carbonifères, avec des fossiles à Anthracite et les végétaux qui ont laissé leurs empreintes sur les schistes appartenant à la flore carbonifère et non à la flore houillère, ce qui prouve que ces combustibles sont de l'étage carbonifère. Ajoutons pour compléter la liste des combustibles de cet étage, les charbons très purs exploités dans la vallée de Cham dans les Vosges.

En Belgique cet étage est très puissant; ses couches sont garnies de tiges d'Encrinura qui apparaissent sur les tranches sous forme de taches circulaires ou ovalaires (petit granite). On y exploite des filons de Zinc. On peut y distinguer plusieurs niveaux - Le Calcaire de Dinant et de Courmay ou y rencontre

en abondance le spirifer mosquensis avec dans la couche supérieure
Au dessous un calcaire dolomitique gris ou blanc, caverneux



Spirifer Mosquensis

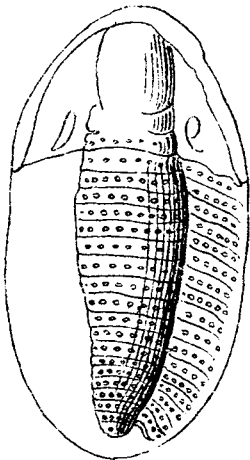


Productus Semireticulatus

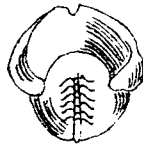
semé de silex noirâtres
Enfin le calcaire de Visé
où domine le *Productus*
semireticulatus. La loi
lobite s'évanouissent
dans ce terrain on n'y
voit plus que le genre
Phillipia.

Le spirifer s'y retrou-
vent avec des formes

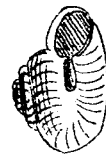
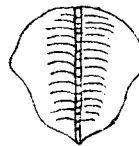
moins élargies transversalement que dans le Dévonien. Les gastéropodes



Phalipie



Bellerophon



Evomphalus
Priscus

sont au contraire plus nombreuses que dans l'époque précédente
Bellerophon costatus - *Evomphalus priscus* etc.

En Russie (en presque partout) le calcaire carboni-
fère repose en stratification concordante sur le terrain dévonien. Il
forme dans cette contrée un bassin immense qui s'étend depuis
L'Kangel jusqu'au delà de Moscou. Il est stérile de contenu.

clairce. Moscou la ville blanche en est bâtie en même sur
certain point il est assez friable pour qu'on puisse à Pétrobourg
mettre cette pierre à profit pour le blanchiment du marbre.
On le retrouve aussi adossé à l'Oural mais non plus en strates
horizontales comme tout à l'heure, mais en couches tourmentées de
couleur noire, ou parfois marbrées.

La période du calcaire carbonifère représente une ère de
relèvement dans les continents ou du moins une ère pendant laquelle
les relèvements tendent à l'emporter sur les affaissements. Les
continents tendent à empiéter sur les mers, en à la fin de la
période les Océans se sont repliés dans leur domaine actuel,
peut être au delà.

Cet étage a été observé dans l'Amérique du Nord
entre les Alleghanys et les montagnes rocheuses; en Bolivie,
dans l'Australie, dans les îles de la Sonde et jusqu'au Spitzberg
avec les mêmes espèces qu'en Europe.

511. Étage houiller. Les dépôts houillers ont été
effectués avec nous dit, dans d'autres conditions; quelquefois
dans de vastes marais, des lagunes séparées de la haute mer
par des cordons littoraux; d'autres fois dans des lacs continen-
taux. La composition de ce terrain est des plus simples; deux
termes seulement

Le grès houiller
L'argile schisteuse.

Les lits de combustible intercalés ne forment jamais
qu'une fraction très limitée de l'épaisseur des couches. Citons
comme minéral accompagnant presque toujours la houille, le
fer carbonate lithoïde (Voir S 374.),

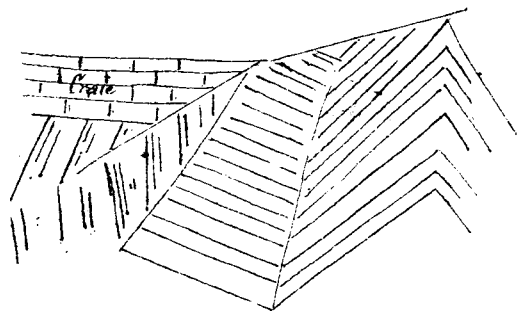
Il affecte d'ordinaire la forme de rognon, souvent
parfois entrecroisés comme les filons de la craie, de manière

à passer à de véritables lits. C'est l'un des éléments importants de la production des bassins houillers de l'Angleterre. En France ce minéral est moins abondant, il existe cependant dans les couches supérieures des bassins houillers de St Etienne et de l'Arveyron.

512. La partie inférieure ou voit presque toujours un conglomérat grossier, un grès à gros éléments exploités pour faire de pavés ou de mentes (Millstone-grin). On en fait quelquefois un étage à part parce que souvent il est très développé. Il y a d'ordinaire passage entre ces couches et les suivantes. Ce sous-étage du Millstone-grin est bien développé dans les bassins de Roanne. Appuyés sur les schistes cristallins gneiss et mica-schistes ou voit de la granwacke avec les fossiles marins du Calcaire carbonifère; ceci paraît singulier car cette granwacke est parfois si cristalline qu'on la prendrait pour du gneiss. C'est l'équivalent du calcaire carbonifère. Mais au-dessus est le Millstone-grin, c'est un grès feldspathique avec aspect de conglomérat et fragments de porphyre albitique qui a traversé la granwacke et s'est épanché à plusieurs reprises dans ce grès pendant leur dépôt. (Dans le voisinage il y a d'autres porphyres mais qui sont à base d'Orthose et dont l'âge d'apparition est intermédiaire entre celui du Millstone-grin et de la houille.)

513. Les bassins houillers de l'Angleterre, de la Belgique et du Nord de la France peuvent être cités comme des exemples de dépôts effectués dans les lagunes. Les couches de houille sont nombreuses peu épaisses et toujours très régulières. Elles reposent constamment sur le calcaire carbonifère. C'est là l'allure générale de cette longue bande charbonnée située au nord des Ardennes, jalonnée par les exploitations de Mons, de Cambray, de Liège dont on trouve le prolongement dans les bassins de la Ruhr.

La direction des couches est E.O. A la frontière française elle
 sont très plissées et disparaissent sous les moraines terraines (craie)
 qui s'étendent horizontalement sur les replis. Des sondages

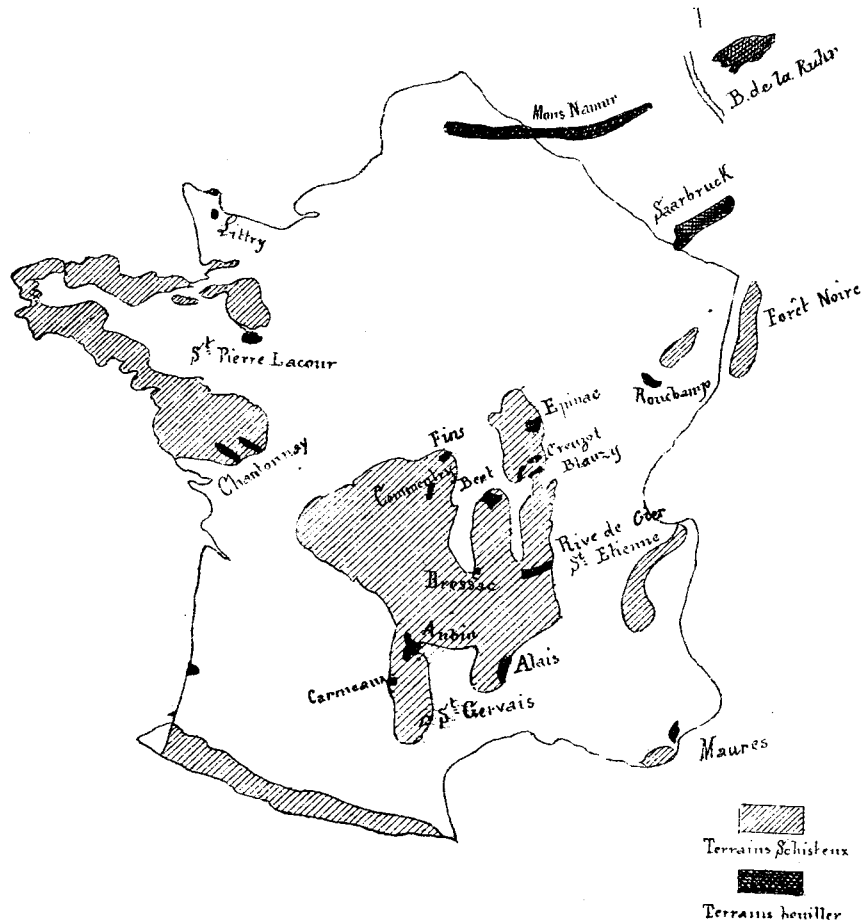


exécutés d'abord aux environs de Valenciennes ont permis de
 retrouver ces couches à Augin;
 puis plus tard à Amiche près
 de Douai et enfin aux envi-
 rons d'Amiens. Le plis ne
 gêne pas l'exploitation; on
 puise au lieu de rencontrer
 différentes couches recoupe
 plusieurs fois la même. Au
 delà, vers l'Ouest, l'appro-

fondissement devient trop considérable.

514. Dans le bassin de Saarbruck et celui de la Moselle
 qui n'en est que le prolongement; le Calcaire carbonifère fait
 défaut, il en est de même de nos bassins de la France centrale,
 échelonnés sur les bords des massifs anciens ou placés dans des
 dépressions de ce massif. Ce sont des dépôts d'eau douce dans
 aucun mélange de sédiments marins; car on n'y trouve que
 des plantes terrestres et coquilles d'eau douce. C'est par exemple
 l'allure du bassin de la Loire dont le fond était émergé pendant
 la période carbonifère, car la cavité où a été déposé le terrain
 houiller a été creusée postérieurement.

Adossé aux Vosges, nous trouvons le bassin de Rou-
 champ. En suivant les contours du plateau central nous
 rencontrons successivement le bassin d'Epinae, les gîtes très
 importants du Creuzot et de Blanzay, les belles houillères de
 St Etienne et de Rive de Gier; dans le Midi celle d'Alain
 (Gard) de St Germain dans l'Allier. En remontant en à

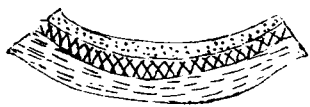


l'Onco les exploitations de Carmeaux, d'Aubin et Deczeville ; au nord du plateau celles de Fins et de Beet. Ajoutons des gîtes sporadiques semés dans la dépression de cette région élevée à savoir : Bressac (Luy de Dôme et Haute Loire) Commentry (Allier), adossés au massif breton et vendéen on compte dans des cavités ouvertes dans ce terrain, - On trouve les gîtes de Chenouay (Vendée) de St Pierre la Cour (Mayenne) de Litzry (Catalane) -

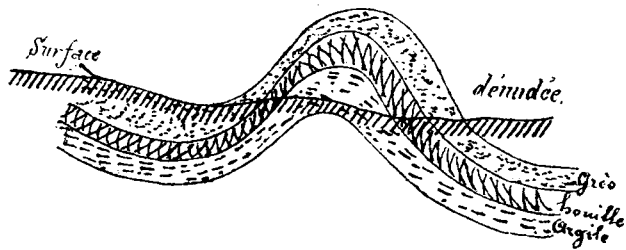
Indices de charbon au pied des Pyrénées - au Des e Maires. Ajoutons à tout ce bassin celui des Alpes qui paraît avoir été méconnu jusqu'ici en n'en point sur aucune carte ; nous

voulons parler de ces amas charbonneux signalés par M. Lory, que l'on rencontre dans les Alpes et en particulier dans les Alpes de la Haute-Savoie. Il est vrai qu'à raison des nombreux bouleversements qu'a subis cette contrée, la houille a été d'ordinaire convertie en Anthracite.

515. Les couches de houille portent la trace des nombreux accidents qu'a subi le sol après leur dépôt. Elles sont très souvent bouleversées, ou si l'on veut accidentées par des failles. A St Etienne par exemple tout le bassin est coupé par deux failles de plusieurs centaines de mètres, et il en est beaucoup d'autres moins prononcées qui ont créé des dénivellations de quelques mètres seulement; on y trouve aussi de nombreux exemples de plissements. Les couches d'Anzin en offrent un type classique; on voit les couches pliées en Z avec une très grande régularité. C'est même à ces plissements qu'il faut attribuer les formes cylindriques de beaucoup de gîtes houillers.



En effet, nos bassins de la France méridionale & centrale ont toujours l'allure en fond de bateau dans une section perpendiculaire à leur longueur. Les couches de houille n'ayant pu se former dans cette position, il est évident que c'en a été des refoulements latéraux postérieurs au dépôt qu'il faut attribuer aussi ces contournements. Mais il est évident aussi



que des plis concaves n'ont pu se former sans qu'il en résulte des plis convexes. Ce sont les plis concaves de ces couches inflexibles qui constituent nos bassins actuels. Les plis

convexes ont disparu à la suite de dénudations postérieures à ces plissements. Nos bassins sporadiques du plateau central pourraient bien ne pas être aussi isolés qu'on en dispose à le penser et peut être

ne constituent-ils que les inflexions en creux d'un ridement général subi par un vaste ensemble de couches aujourd'hui séparées en fragments épars. Ce serait une étude très intéressante à faire que de rechercher s'il n'existe pas des liens entre plusieurs de ces bassins.

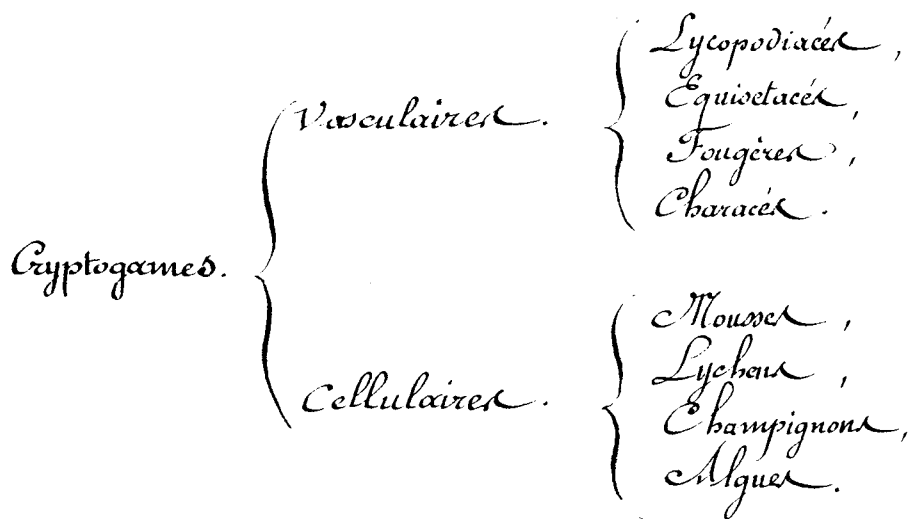
516. Soumise à toutes les pressions qui ont déterminé ces modifications de relief, les couches de houille plus molles que la grès et les schistes qui le renferment ont été parfois très déformées. On les voit en effet s'amaigrir à certains points pour se renfler sur d'autres. La grande couche du Creuzot qui a 12^m 00 en moyenne prend sur certains points des épaisseurs de 40^m. Ces sortes d'accidents sont très fréquents dans toutes les houillères d'origine entièrement tertiaire où les couches n'ont pas la régularité de celles des bassins de lagunes avoisinant la mer.

517. Parmi les nations Européennes, c'est l'Angleterre qui est la plus riche en houille. Le terrain houiller représente $\frac{1}{20}$ de son territoire, la Belgique $\frac{1}{24}$ de la superficie totale, la France $\frac{1}{200}$. - La Prusse et la Saxe ensemble représentent une production équivalente à celle de la France. On a trouvé dans le midi de la Russie des couches de combustibles (Bassin du Donetz). C'est l'Amérique qui est le pays du monde le plus favorisé de ce côté. La superficie du terrain houiller y représente vingt fois celle des Îles Britanniques. Et ainsi si les calculs d'Amstrong se vérifient, c'est à dire si la loi d'accroissement de consommation se poursuit, les bassins français anglais et belges viennent à s'épuiser dans 200 ans, il faudra que nos petits neveux aillent chercher les combustibles en Amérique, à moins qu'ils n'aient découvert d'autres sources de force ou de chaleur. (utilisation de la chaleur interne de la terre p. 122.)

518. Ici se présente une question intéressante. Quelle est l'origine de la houille ? Mais il convient de la réserver encore.

quelques instants pour étudier d'abord les plantes si nombreuses dont on trouve les impressions sur les grès et schistes qui accompagnent la houille et dont l'accumulation a donné naissance au combustible. Les végétaux se divisent en deux embranchements, les Phanérogames et les Cryptogames (voir le Tableau ci-joint pour les subdivisions des cryptogames).

Ce sont les Cryptogames qui dominent pendant la période houillère :



Les Cryptogames cellulaires existaient certainement à l'époque de la houille, mais l'extrême mollesse de leur tissu a empêché que leurs empreintes ne parviennent jusqu'à nous.

Parmi les vasculaires nous ne trouvons plus les Characées que nous recueillons au contraire en abondance dans nos mentrières tertiaires, mais les fougères, les Equisétacées et les Lycopodiacées prennent un immense développement. Il est inutile de descendre dans la houillère pour ramasser ces empreintes que l'on trouve en abondance dans les déblais.

519. Fougères. — (200 copies décrites dans nos boîtes houillères d'Europe, actuellement dans cette contrée pas plus de 60

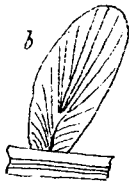
espèces vivantes.)

Les fougères fossiles se distinguent les unes des autres par la nervature des feuilles; le seul caractère que l'on puisse invoquer en l'absence de celui des organes de la reproduction.

- a) *Sphaenopteris*. Les pinnules sont réticées à la base et découpées en lobes bien tranchés, les nervures correspondent à ces lobes.



- b) *Cheopteris*. Il n'y a pas de nervure médiane ou du moins elle se prolonge très peu et dès la base on voit les nervures prendre la disposition palmée.



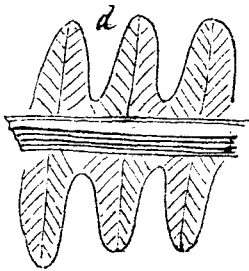
- c) Cette disposition est plus marquée encore dans *Cyclopteris*. Toutes les nervures partent d'un point unique.



- d) Les *Pecopteris* sont des fougères très communes.

Il y a une nervure qui va jusqu'à l'extrémité de la pinnule. Soient trois de ces pinnules se faisant suite, on voit qu'elles ne sont pas séparées, mais confluentes et que leur ensemble forme une même

feuille. en la base il n'y a pas rétrécissement et plutôt élargissement.

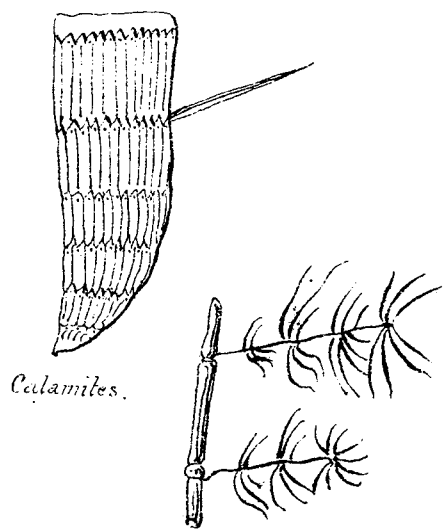


- e) *Dictyopteris*. - Les feuilles ont la forme en cœur. La nervature est toute particulière et diffère de toutes celles que nous venons de passer en revue; elle est réticulée.



520. *Equisétacés*. Cette famille ne comprend qu'un seul genre vulgairement appelé prêle. Ce sont des végétaux qui croissent dans les lieux humides. Leur tige est cylindrique, articulée et striée. Leurs fructifications forment un chaton, composé de plusieurs cercles d'écaillés. Ce sont dans nos pays des plantes herbives. Dans l'Amérique du Nord elles ont de plus grandes tailles, mais sont bien petites encore si on les compare à celles de l'époque houillère, où elles atteignaient les dimensions de grands arbres.

On trouve fréquemment des Calamites, mauvaise dénomination qui rappelle à tort les roseaux avec lesquels ces plantes n'offrent aucune analogie. Leur tige est traversée dans le sens de l'axe par un canal cylindrique coupé de distance en distance par des cloisons correspondant sur la surface extérieure à des articulations. Les cannelures s'étendent d'une articulation à l'autre et alternent d'un segment à l'autre.



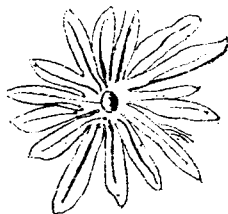
Les feuilles des calamites sont longues, minces et portent une nervure longitudinale. Elles sont insérées dans le voisinage des articulations.

Ce que l'on appelle *Strophylites* & *Annularia* ne sont que des appendices foliacés de Calamites.

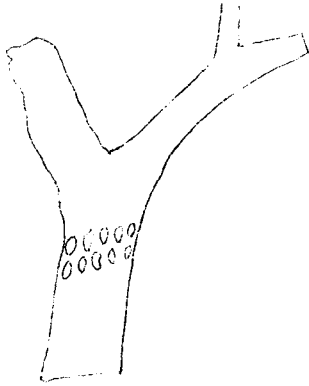
521. Les *Lycopodiacés* sont des plantes qui aujourd'hui sont aussi très communes. Les jardiniers les disposent en plate-bande dans les serres. Pendant la période houillère,

c'étaient des arbres majestueux.

Le *Lepidodendron* était un arbre de grande taille, (plus de 20 m.), dont la surface était couverte de cicatrices plus ou moins rhombiques, rangées en quinconce. Les extrémités de quelques branches portaient un fruit en forme



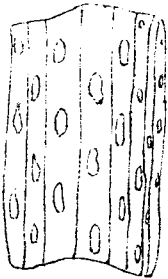
de cône garni d'écaillés linéaires. Les cicatrices proviennent de la chute des



feuilles, et au centre on en voit une plus petite, due à l'insertion du pétiole. La feuille était allongée comme celle des arbres verts.

Citons aussi le genre *Sigillaria* placé autrefois à côté des conifères. En on voit beaucoup de troncs dans toutes les collections. Ces troncs portent des cannelures verticales continues

et dans ces cannelures et rangées en quinconce, des restes d'écaillés ayant appartenu à des feuilles aujourd'hui tombées. Au milieu, une cicatrice due à la chute du pétiole.



La feuille était courte et n'offrait qu'une seule nervure.

Les *Stigmaria* sont les racines des *Sigillaria*; ce sont des fragments cylindriques portant comme des piqûres.

On les plaçait autrefois ainsi de manière à leur faire représenter des parties terminales de tige. Il arrive fréquemment que les *Sigillaria* sont aplaties, les *Stigmaria* au contraire ne le sont jamais.

L'on s'étonnait autrefois de ce contraste et aussi de n'y jamais rencontrer des bourgeons.

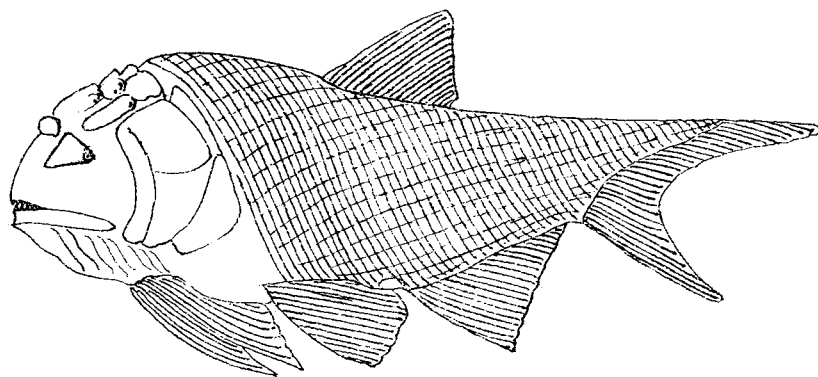
Un jour des ouvriers creusant une grande tranchée de chemin de fer en Angleterre ont extrait du sol un fragment de *Sigillaria* adhérent à un *Stigmaria* qui occupait la position des racines.

522. Nous avons déjà eu occasion de dire que l'on trouvait fréquemment dans le terrain houiller des rognons de fer carbonaté. En brisant ces rognons on en tire des poissons osseux à queue heterocercue rappelant la terminaison du corps des serpents (Voir § 508.). La colonne vertébrale se prolongeait jusqu'à

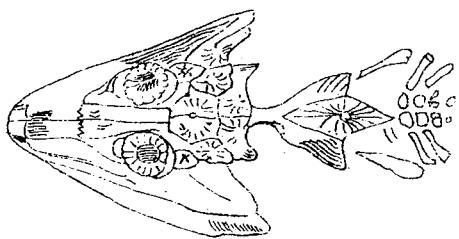
l'extrémité du corps et la nageoire caudale est supportée au dessous par des rayons implantés sur l'axe vertébral. M. Agassiz qui a fait des poissons vivants et fossiles une étude très remarquable est arrivé à ce résultat surprenant que si l'on s'appuie sur les caractères fournis par l'observation des écailles l'on arrive à autant de coupes génériques que si l'on tient compte de tout l'organisme.

Il a donc divisé les poissons fossiles en groupes divers fondés sur la forme et la disposition des écailles. Les poissons bonillers ne sont plus considérés comme l'étaient certains poissons devoniens mais à écailles.

Citons l'Amblypterus. Dans les rognons de fer carbonaté de



Saarebruck on trouve fréquemment des corps à structure spirale composés de phosphate de chaux. Les paléontologistes qui les avaient étudiés avaient dès le début reconnu des coprolites de Sauroens. L'Animal a été découvert par M. Goldfuss c'est le plus ancien des reptiles, le chef de file des Sauroens Archegosaurus. Le crâne corquilloché, les dents aigus, ce n'est ni un cro-



codile, ni un batracien, mais un gynocephale. Pièces du ventre sont bizarres, le sternum est rayonné. Il n'avait que quatre doigts aux pattes, caractère d'infériorité chez les reptiles. Les vertèbres sont imparfaitement ossifiées, elles sont pour ainsi

être en voie de formation. La dernière vertèbre est même entièrement cartilagineuse.

523. Revenons maintenant à la question de l'origine de la houille :

D'abord toutes les plantes que nous venons de citer et dont l'accumulation a formé la houille, sont des plantes terrestres ou si l'on veut marécageuses.

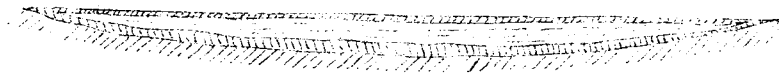
Nulle part on n'a rencontré des plantes marines si ce n'est peut-être à la base de ces grands bassins, dont les couches attestent le voisinage des Océans de cette époque, mais dans l'étage houiller proprement dit on n'observe jamais de plantes marines. Les fossiles d'animaux assez rares d'ailleurs, qui accompagnent la houille appartiennent à des espèces terrestres ou continentales. La découverte d'insectes dans les couches de houille du Yorkshira, du Palatinat, de Westphalie nous prouve encore que la houille a été formée dans des lacs d'eau douce entourés d'une végétation terrestre abondante. Premier point. - Deuxième point - , important à noter : la grande instabilité, mobilité du sol houiller. En Pensylvanie, on voit sur des plaques de grès houiller profondément situées, des empreintes de pas de reptiles qui paraissent appartenir à plusieurs espèces. Ces empreintes en creux sur la plaque du dessous sont en relief sur celle du dessus, ce qui prouve qu'après sa formation la couche inférieure s'est affaissée et a été recouverte d'autres sédiments qui se sont moulés dans la cavité déjà formée. Ces affaissements n'avaient pas lieu sur de grandes surfaces mais seulement par compartiments. Que quelques couches de la houille soient dues à des bois flottés transportés dans des lacs ou des lagunes abritées de la haute mer par des cordons littoraux, lesquels bois ont subi dans ces bassins une décomposition complète, ce n'est point chose absolument impossible. Dans le Delta du Mississippi, on observe ces transports de bois (voir §/38) flottés. Les sondages ont montré en effet que le Delta de ce fleuve est en partie composé par des débris de bois, qui en forment l'ossature. Mais si il existe des couches de houille, qui aient

cette origine, nous ne savons en vérité où les trouver. D'abord des tronc de tronc d'arbres et de branches n'ont pu donner naissance à ces couches de houille si régulières que nous rencontrons dans le Nord de la France, la Belgique et l'Angleterre. Comment d'ailleurs dans ces transports violents, le tison délicat des Lepidodendron, des Calamites, des Sigillaria serait-il demeuré intact? Les houilles les plus impures renferment tout au plus 15 % de cendres, mais si telle était l'origine de nos combustibles minéraux les bois dont ils dériveraient transportés dans des lagunes sablonneuses et enfouis dans la vase eussent abouti à des produits beaucoup plus riches en cendres et mélangés de cailloux. Le bois renferme assez peu de carbone pur et si on tient compte des vides qui existent dans un amas de bois d'on peut être aller trop loin que d'avancer que cet amas fournira une couche de houille offrant les 35/1000 de son épaisseur. Une couche de 1^m de charbon aurait donc exigé un tronc de 28^m de hauteur, une couche de 20^m (St Etienne), un tronc de 560^m de hauteur. On arrive à des résultats absurdes. L'on s'explique au contraire très facilement l'origine de la houille en admettant le développement sur place de la végétation qui lui a donné naissance en faisant de la houille une tourbe des temps géologiques.

524. Dans les vallées, dont le terrain est peu perméable, il se forme souvent des amas de combustibles d'une épaisseur considérable. Dans le Nord de la France, la tourbe est exploitée depuis des siècles (tourbe) et l'on peut parfaitement se rendre compte de l'accroissement séculaire des dépôts, car on y trouve à plusieurs niveaux des médailles & des débris d'industrie humaine, dont la date est connue. Il en est de même le fond est assis sur des roches romaines, ce qui donne une limite inférieure de l'origine. Dans les couches profondes des Tourbières d'Islande, on trouve même le squelette d'un cerf au bois gigantesque (*Cervus megaros*) qui est de l'époque quaternaire.

Les couches où l'on exploite la tourbe sont d'ordinaire des

payo plats couverts d'une mince lame d'eau. L'fleuve d'eau se développe une flore qui comprend plusieurs centaines d'espèces parmi lesquelles dominent les mousses. Ces plantes sont annuelles. Au bout de l'année, elles meurent et tombent au fond de la tourbière où elles se décomposent, une partie du carbone est brûlée à l'état de CO_2 , une partie subsiste. Une autre génération de plantes vient prendre la place de la première à la surface, meurt, en tombant à son tour, recouvre la première couche



charbonneuse. Les générations successives s'empilent les unes sur les autres à partir du fond. On peut observer entre ces couches tous les degrés d'enchevêtrement : les plus superficielles sont juxtaposées, les moyennes déjà pécossées, les plus inférieures sont collées, adhérentes et forment un véritable feutrage. Cette tourbe soumise à une compression de plus en plus considérable amenée par le dépôt de nouvelles couches, marche de plus en plus vers la composition de la houille :

La tourbe soumise à une pression énergique et à une chaleur modérée, placée par exemple dans certaines conditions de température entre les plateaux de la presse hydraulique prend entièrement l'aspect et les propriétés de la houille. Il en donc tout naturel d'admettre que la houille a été formée à l'état de tourbe et qu'elle a été modifiée dans son aspect et ses propriétés à la suite des pressions qu'elle a reçues des sédiments qui l'ont postérieurement recouverte et de la chaleur qu'elle a eu à subir à raison de son approfondissement.

525. Une circonstance qui vient singulièrement confirmer cette hypothèse de la formation de la houille sur place est celle des bois debouts que l'on rencontre fréquemment dans les exploitations houillères. On voit à la mine de Breuil, près St Etienne des tiges de *Lepidodendron* placées verticalement dans des couches de grès qui accompagnent la houille.

Sur les falaises de la baie de Fundy (Nouvelle-Ecosse), et Lyell

a compté 17 niveaux de forêts houillères. Les arbres sont renversés sur le plan des couches de grès. Leur pied a été envahi par les sables qui ont formé les grès en ceux-ci se sont élevés autour du tronc jusqu'à ce que la partie supérieure ait été pourrie et renversée. Tous ces arbres ont eu sur place car leur axe est toujours normal au plan des couches. Leur tissu ligneux a coopéré à la formation de la houille. Tout cela témoigne évidemment d'une végétation qui a eu sur place et non transportée.

528. C'est à cet instant encore à cette formation houillère de la baie de Fundy, nous y voyons une preuve bien manifeste de la mobilité du sol houiller. En effet, réfléchissons bien à ceci : les sols placés à la suite de surfaces accidentées par des déclivités peuvent seuls être recouverts de couches de grès et d'argile, car ce sont là des roches de transport, ce qui implique des pentes un peu rapides. La formation de la houille, au contraire, assimilée ainsi que nous l'avons fait à une tourbe des temps passés implique un pays plus couvert d'une mince couche d'eau. Après le dépôt des grès et des argiles, le sol a donc dû être soulevé et enfin le sol tourbeux a dû lui-même être parfois émergé presque complètement puisque nous y voyons croître une végétation terrestre. Si il y a eu alternances répétées de couches de transport et de houille il faut admettre que le sol a subi un égal nombre de soulèvements et d'affaissements. Or le bassin houiller de la Nouvelle-Ecosse n'a pas moins de 4444 m d'épaisseur (hauteur du N. Blanc) et si on y compte plus de soixante-dix alternances de couches de grès et de houille, il a fallu que dans cette région le sol ait exécuté un égal nombre d'oscillations et que la différence d'altitude entre les positions extrêmes de ce même sol au commencement soit à la fin du dépôt ait atteint 4444 m. En ne tenant compte que des périodes d'affaissement et admettant qu'ils se soient produits aussi lentement que ceux qui l'ont observé aujourd'hui dans la péninsule scandinave, on est conduit à conclure que les dépôts houillers de la Nouvelle-Ecosse ont exigé pour

se former plus de 4,000 siècles. Or ces affaissements ont été souvent interrompus et même ne l'oublions pas des surélévements ont eu lieu, donc la période de formation de ce bassin a dû être beaucoup plus longue encore. Il y a des géologues que ce résultat embarrasse; nous ne voyons pas en vérité pourquoi. N'est-ce que des milliers de siècles dans le temps indéfini ?

527. L'examen de la flore bouillière nous permet de nous rendre un compte exact des conditions climatiques, qui ont dominé à cette époque si éloignée de la nôtre. D'abord le terrain bouillier se trouve à toute latitude et partout on y rencontre les mêmes espèces végétales. La Russie; arno-novo du, possède un bassin bouillier sur les bords du Donetz. On retrouve la bouillie dans l'Amérique Septentrionale, dans la Nouvelle-Ecosse, au Canada, dans l'Australie, dans la Nouvelle-Calédonie, en Chine, &c.... Dans le voisinage de la nouvelle Zemble, il existe une île à laquelle on a donné le nom d'île aux Ours. Cette île est entourée par la banquise de glace; ses glaciers baignent dans la mer qui présente mouvements en détachent de gigantesques cisberg dont la hauteur atteint 500 et 600 mètres. Dans cette île de climat polaire on a retrouvé le terrain bouillier avec une flore analogue à celle de St. Etienne. Sur d'autres points de cet archipel glacé les navigateurs ont encore signalé la présence du terrain bouillier. Il est vrai que les spongières qui entrent pour une part si importante dans la flore bouillière se reproduisent par des spores microscopiques que les vents peuvent transporter à toute distance et à ce titre ces plantes se prêtent à une grande diffusion. Mais pour se développer elles exigent un climat tout particulier, un climat humide. Il existe aujourd'hui encore des spongières à presque toutes les latitudes, on voit même à la Nouvelle Zélande (à nos antipodes) des spongières arborescentes, qui croissent à côté des glaciers, et disons-le en passant, dans l'hémisphère

austral à latitude égale, il fait beaucoup plus froid que dans le nôtre, à cause de la prédominance des eaux. Mais encore une fois puisque nous voyons à l'époque bouillière les mêmes espèces de végétaux croître à des latitudes si diverses, il faut en conclure que les climats étaient tout très humides et beaucoup plus uniformes qu'aujourd'hui. Et d'ailleurs, donnez-vous la peine d'y songer et vous verrez que ces deux conditions sont nécessairement liées entre elles, car l'air humide est très difficilement perméable au rayonnement nocturne et quand un léger nuage de vapeur couvre le sol, celui-ci peut difficilement s'abaisser jusqu'à la température de la glace.

Le caractère de diffusion qui est un des traits caractéristiques de l'époque bouillière se remarque encore dans les espèces animales qui devaient singulièrement cosmopolites. Le *Prodectus semireticulatus* se trouve dans l'Amérique du Nord et dans la Terre de Van Diemen. Il y a là évidemment une uniformité dans les conditions d'existence des plantes et des animaux, que l'on ne rencontrera plus à d'autres époques. La raison est qu'il n'existait pas encore de grandes montagnes, que les continents étaient moins étendus qu'ils ne le sont aujourd'hui ou même qu'ils ne l'ont été depuis cette date de l'histoire du Monde. Ajoutons que la chaleur propre du globe était plus intense surtout vers les pôles.

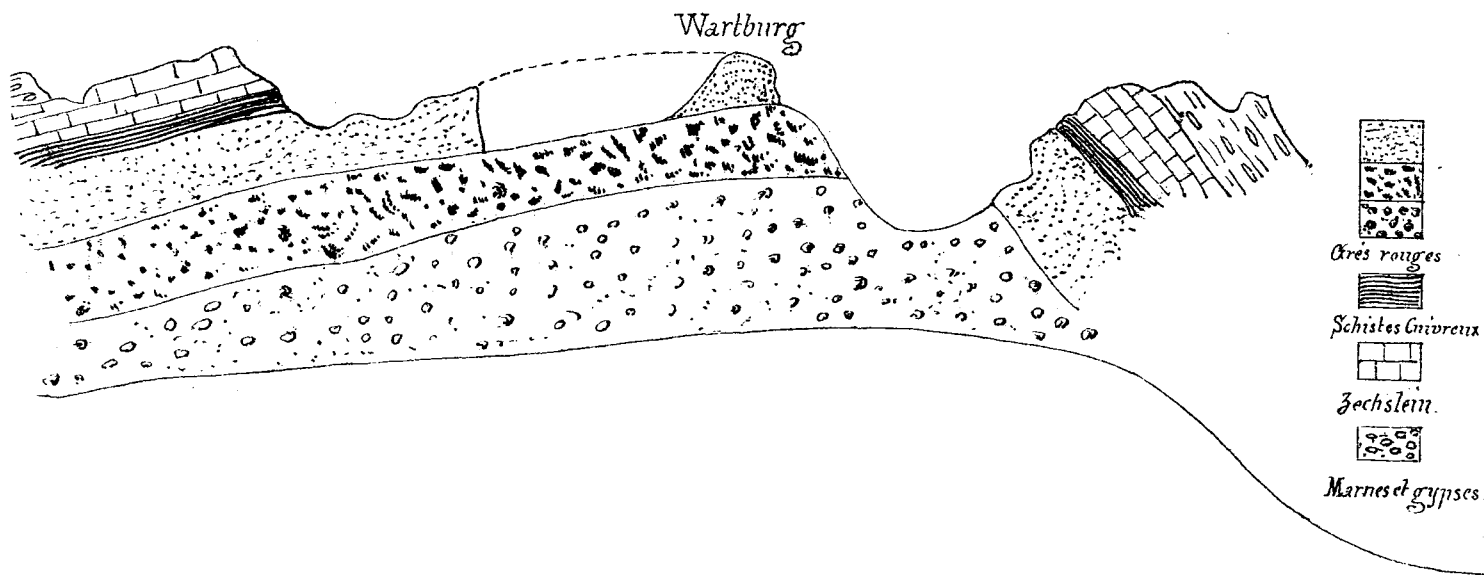
Terrain pénécen :

528. Nous voici arrivés vers la fin de la période primaire, à la limite de l'oscillation générale du sol qui tend à éliminer les mers pour découvrir les continents (voir §). Les mouvements inaugurent l'ère pénécène, l'ère des lacs salés et des déserts comme le montrent les dépôts de gypse, de sel gemme et de dolomie qui sont caractéristiques

de cet âge et se retrouveront encore au début des temps secondaires. Le terrain péncien est caractérisé par des dépôts d'origine élastique à teintes très vives. Ce terrain a été d'abord étudié en Russie, où il occupe une surface deux fois au moins plus grande que la France; il avait reçu le nom de Terrain permien, à cause du grand développement qu'il offre dans la province de Perm. Il faut avoir signalé déjà à l'époque houillère (Niv 5536) ces mouvements du sol portant sur des compartiments plutôt que sur de grandes surfaces; mouvements en général lents et continus s'effectuant sans donner lieu à l'apparition de chaînes montagneuses; mais l'écorce terrestre ne peut ainsi subir ce travail d'étirement sur certains points, de compression sur d'autres, sans qu'à la fin il n'aboutisse à des ruptures générales, à des failles puissantes. C'est en effet ce qui a eu lieu au début de la période péncienne; aussi 1^o ce terrain repose-t-il souvent en stratification discordante sur le terrain houiller; 2^o des roches éruptives sont-elles à cette époque venues au jour en abondance par les fractures ouvertes dans le sol.

Dans le Palatinat, le terrain houiller est traversé par des porphyres feldspathiques ou pyroxéniques (Melaphyres). C'est dans les raencles de ces melaphyres que l'on trouve l'agate de cette contrée! Sur ces porphyres se sont déposés des grès et des conglomérats avec fragments de porphyre; ces grès sont parfois imprégnés de Baryte sulfatée. Près de Saarebrück au-dessus de ces grès et conglomérats se trouvent des schistes renfermant des poissons.

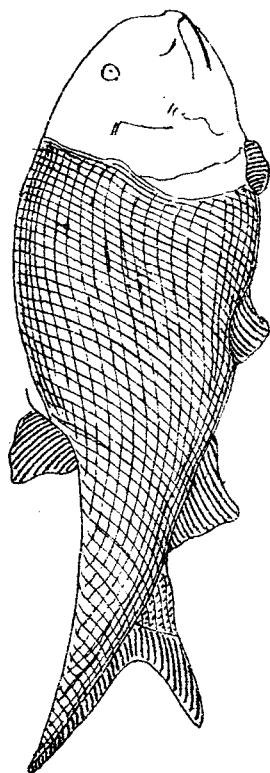
Mais le terrain péncien est incomplet dans cette contrée et allons tout de suite l'étudier dans la région où il se présente avec la plus grande régularité: la Thuringe.



529. La coupe est prise N S. Le grès rouge est au centre. La partie inférieure est formée de conglomérats avec des fragments de porphyre, c'est la toute roche liegende (Muc rouge mort); c'est mort parce que c'est l'assise formant le mur du minerai supérieur, le schiste cuivreux, rouge à cause de sa couleur, mort parce qu'il ne renferme pas de minerais.

Au dessous une assise plus argileuse et enfin des grès plus blancs ou pour parler plus exactement moins rouge, c'est le vieux liegende des Allemands. On y a découvert de nombreuses espèces végétales et même des petites couches de houille avec fossiles d'eau douce, Unio et Anodonte.

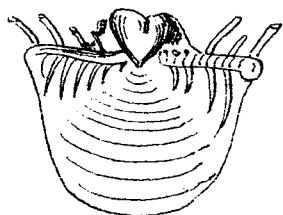
Au dessous vient le minerai. Ce sont des schistes compacts, bitumineux avec sulfure de cuivre Kupferschiefer, ils forment une couche régulière de 0,30 à 0,60 de puissance. Cette assise si mince a eu le privilège d'attirer, à toute époque, l'attention des géologues et des mineurs, à cause de sa richesse en minerais et en fossiles. On y trouve



Palaeoniscus.



Walchia

Productus.
Horridus.

de magnifiques empreintes de poissons, du genre :

Palaeoniscus en des débris de végétaux qui appartiennent à des genres de l'époque houillère, Pectopteris et Neuropteris et d'autres espèces. Walchia piniformis par exemple.

Au dessus apparaît un calcaire marin d'une couleur gris de fumée avec coquilles marines, Productus horridus entre autres tout à fait caractéristiques de ces niveaux. Dans les parties supérieures ce calcaire devient dolomitique et de place en place il affecte toutes les configurations dont la dolomie est susceptible, configuration concretionnée, fibreuse, pulvérulente (Cf. Poiv § 332.).

Ainsi on le voit en Thuringe, s'offre à nous trois niveaux bien définis :

- a) Lechstein ou calcaire magnésien,
- b) Kupferchiefer ou Schistes cuivreux,
- a) Rothe-tode liegende ou grès

rouge.

Le niveau inférieur est très puissant, tous les végétaux qu'on y voit sont terrestres et offrent une grande ressemblance avec les végétaux houillers.

Les schistes cuivreux renferment de la pyrite de cuivre, mais on y trouve

aussi des sulfures de plomb et d'argent en même temps des minerais de Cobalt et de zinc : Les poissons y sont très bien conservés et d'après ce parfait état de conservation, il y a lieu de croire qu'ils ont été détruits subitement et il y n'y a là rien de surprenant, puisque dans les schistes nous voyons des sulfures dont la présence implique la venue de gaz délétères. Ils sont encore hétérocoques car tous les poissons primaires offrent ce caractère (Nouv § 508.).

Le Leechstein est encore considéré comme une roche métallifère (Leche = ecor). Les produits qui ont accompagné les porphyres ont continué à se dégager, amenant des émanations de cuivre et de plomb.

530. Ces trois horizons se retrouvent dans d'autres contrées ; dans le Palatinat nous avons déjà retrouvé les deux inférieurs. En Angleterre on retrouve une reproduction de la Thuringe : à la base des grès rouges et des conglomérats reposant sur le calcaire carbonifère, on le terrain houiller (près de Bristol et dans le Cumberland). Au dessus des schistes plus puissants encore qu'en Thuringe avec des poissons et des reptiles, le tout recouvert d'un calcaire magnésien (magnésien-limestone) tantôt fossilifère et offrant alors les fossiles de la Thuringe (Durham) ailleurs sans fossiles et offrant ces accidents de structure signalés déjà en Allemagne. En Russie, le terrain pénicien couvre une immense surface mais les couches sont très différentes de celles de la Thuringe au point de vue minéralogique, ce sont à la base des calcaires avec gypse, plus haut des calcaires et à la partie supérieure des grès, mais la contrée pénicenne est plate et l'on ne peut y relever des coupes bien significatives. Partout on trouve les fossiles du Leechstein et dans la partie supérieure les végétaux du Weislochenge. C'est une répartition différente des êtres que l'éloignement du bassin de la Thuringe peut expliquer. ^{431.} On rencontre ce terrain pénicien à la limite du Aulbau et de la province de Magdebourg, la mer qui couvrait cette région n'a pu opérer sa retraite à la fin de la période pénicenne

et s'en desséchée sur place. Je veux faire allusion au gîte de sel gemme de Stassfurt. On y rencontre tous les sels dissous dans la mer rangés dans l'ordre de leur solubilité respective!

1^o. A la base une puissante couche reconnue sur plus de 600^m, où dominent le sel gemme et l'Anhydrite.

2^o. Au dessus une couche d'une épaisseur de 60^m, formée de bancs de sel marin, d'Anhydrite et de Polyhalite (sulfate triple de chaux, de magnésie et de potasse.)

3^o. Suit un dépôt de 50^m où dominent les sulfates et en particulier le sulfate de magnésie monohydraté,

4^o. Enfin au sommet du gîte s'isole la couche la plus intéressante, où sont réunis sous une épaisseur de 40^m, les chlorures de Potassium et de Magnésium. C'est la région de la Carnallite. — ($KCl + 2MgCl + 12H$). A ce niveau aussi un produit dû à l'action éruptive la Boracite (Magnésie boratée) amené par des éfluves d'acide borique, qui ont traversé le sol comme en Toscane et se sont combinés au Magnésium des chlorures.

L'épaisseur totale des couches de Stassfurt n'est pas connue car la sonde n'a pas atteint la base du gîte, il n'est cependant pas nécessaire d'admettre que la mer ou les sédiments ont été déposés, au lieu d'être beaucoup plus profonde que le gîte lui-même, car bien que l'eau de mer abandonne par évaporation 1/100 à peine de son volume en matières salines, si le bassin a été plus étendu que celui où sont aujourd'hui déposées les couches et que le sol ait eu à subir un affaissement continu, il est évident que sans une épaisseur d'eau considérable il a pu se déposer une puissante couche de sels. Nous terminons à l'inverse de ce que nous faisons d'ordinaire par le terrain pincen de France, c'est qu'en effet il est peu représenté dans notre pays et ne s'y trouve qu'à l'état de rudiment. On le voit cependant dans les Vosges, reposant en stratification discordante sur les couches les plus

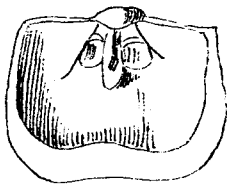
anciennes. C'est un conglomérat en un grès rouge. Comme presque partout, les conglomérats renferment des fragments de porphyre et l'on ne peut douter que les porphyres aient été épanchés quand se déposaient les premières assises. Dans la partie supérieure s'isolent de petites couches de Dolomie qui manquent d'ailleurs assez souvent et nous représentent un Zechstein rudimentaire.

532. Mais dirigeons-nous vers le plateau central, sur notre route nous rencontrons dans la forêt de la Sene (haute Saône) des couches péniennes renfermant le *Walchia piniformis*.

Arrivés au plateau central, près d'Autun on retrouve ce terrain; ce sont des schistes bitumineux très riches en huiles minérales, exploités pour la distillation et renfermant les poisons du Kupferochiefer, les reptiles du Palatinat et des coprolites de ces animaux.

Les sondages exécutés dans cette contrée ont montré que ce système était assis sur des grès renfermant des traces silicifées de conifères, de *Walchia* en particulier, comme en Thuringe. On prétend même qu'un peu au-delà d'Autun on trouve des bancs de calcaire magnésien représentant le Zechstein. Dans les Pyrénées entre le terrain houiller et ces grès tout particulier que nous appellerons tout à l'heure grès rosigien l'on rencontre un conglomérat rouge, incontestablement de l'âge pénienn (Petite Rhine). Dans l'A. Ceraule, près Nefies et Lodève on observe les deux étages inférieurs: à la base des grès et conglomérats et au-dessus des schistes très fissiles que l'on appelle dans le pays, ardoises, avec les végétaux du Weidliegende = *Walchia piniformis*. Il en est exactement de même en Normandie près de Littry, où sur le terrain houiller exploité on voit des conglomérats très puissants surmontés de schistes qui sont aussi cuivreux comme en Thuringe, et renferment les mêmes poisons; mais on le voit, dans toutes ces régions le Zechstein qui représente une formation de haute mer fait partout défaut; les horizons inférieurs qui représentent des dépôts de rivage se maintiennent seuls.

533. Le terrain pénién a été également reconnu dans l'Amérique Septentrionale, dans le Kansas et sur le versant oriental des montagnes rocheuses, ce sont des calcaires qui renferment le *Productus Carterini* et d'autres espèces péniennes qui accompagnent d'ordinaire le *Productus horridus*. Ce même terrain a été encore signalé en Australie et au Spitzberg.



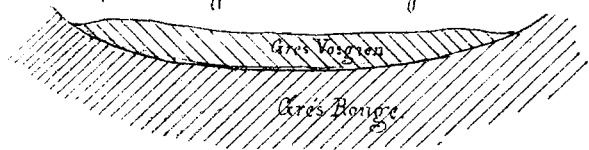
Productus Carterini

De toutes ces données il faut conclure que l'époque pénienne nous représente une ère de surchauffement dans la zone continentale, car nous voyons que sur un très petit nombre de points nous pouvons observer les formations de haute mer et que les couches de relâge se sont limitées à des dépôts littoraux. C'est pourquoi on a très justement appelé cette époque, l'époque pénienne, c'est à dire pauvre parce que les premiers animaux ayant vécu dans les eaux, si

les continents ont été émergés les organismes vivants ont été refoulés dans le domaine des mers actuelles et nous échappent aujourd'hui.

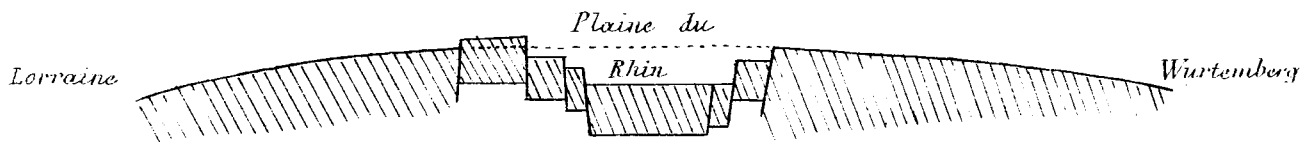
534. Sur bon nombre de points dans les Vosges, on observe reposant en stratification concordante sur les assises du grès rouge pénién des couches d'un grès tout particulier que l'on appelle grès vosgien, couches qui établissent un passage entre le terrain pénién & le trias; Cette couche se compose de galets ou de grains de quartz blancs, rougis extérieurement et dans les fissures et couverts extérieurement d'une pellicule brillante quartzense qui regardée à la loupe laisse voir une multitude de cristaux prismes pyramides (Voir § 219). Ces grains et ces galets sont impressionnés, c'est à dire qu'ils ont été écrasés et ont pénétré les uns dans les autres; tous ces éléments sont cimentés par une pâte siliceuse de même nature que l'enveloppe quartzense des fragments.

Les deux perturbances montagneuses, Vosges & Forêt Noire qui courent aujourd'hui parallèlement à elles même, n'avaient pas pris à cette époque leur relief actuel, le grès rouge antérieur au dépôt du grès vosgien s'est graduellement enfoncé pour prendre la forme concave



du bassin qui a recueilli les sédiments du grès vosgien. Ce n'est qu'après le dépôt de ce dernier grès qu'un

mouvement de surélévation s'est manifesté dans cette contrée, qui a tendu à donner à tout cet ensemble la forme bossée; l'échauffement tendant à se produire plutôt dans la partie centrale que dans les parties latérales. Mais cette masse de sédiments ne pouvant se prêter à ce bombement il en est résulté une série de failles qui ont relevé certains fragments et en ont abaissé d'autres. La clef de voûte de tout cet ensemble s'est effondrée et est tombée plus bas que la plaine de Lorraine. C'est l'origine de la portion de la plaine du Rhin, qui regarde l'Alsace & la Forêt Noire, car ce fleuve coule dans le grand défilé amené par cet effondrement.



Terrains Secondaires.

Terrain du Trias.

535. Le phénomène d'exhaussement du sol qui a produit les dislocations d'où résulte la séparation des massifs montagneux qui constituent aujourd'hui les Vosges & la Forêt Noire a donné lieu à de nouvelles fractures par lesquelles se sont épanchées des roches éruptives. Ce que nous en disons ici ne s'applique pas seulement à l'Est de la France mais paraît à cette époque avoir été très général. Des serpentines, des roches amphiboliques sont venues au jour; ces roches magnésiennes ont donné évidemment lieu en s'épanchant dans les terrains, à des sources thermales très riches en Dolomie. & renfermant des principes colorants dus au fer, au manganèse, au cuivre, qu'elles ont amenés avec elles des profondeurs: il faut donc nous attendre à trouver les sédiments de cette époque affectés des couleurs bigarrées.

536. En Lorraine où le terrain du Trias est très bien représenté: on y distingue trois étages:

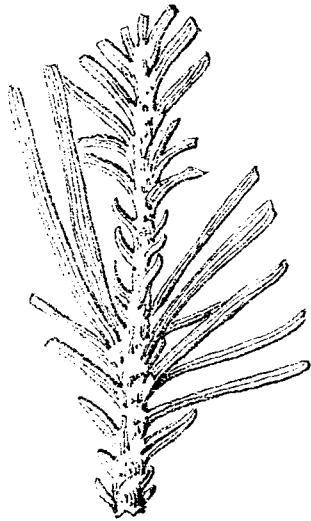
- c) Marnes irisées ou Kempter;
- b) Calcaire coquilles ou Kluochelkalk;
- a) Grès bigarré ou bunter Sandstein;

a) Au dessus du grès Vosgien qui n'en point micacé, apparaît un autre grès à couleurs très variables, rouge, violacé, vert, jaune, gris.

et la base sont de gros bancs, plus haut des bancs, moins épais, à la partie supérieure des bancs minces formant de véritables dalles. Les porphyres qui ont fait éruption dans le voisinage sont assez riches en mica, on retrouve ce minéral dans le grès bigarré.

Bien souvent aussi on observe des accidents feldspathiques, c'est que les grains siliceux ont été pénétrés par des eaux thermales déterminées par la venue au jour de la roche éruptive voisine, qui avaient emprunté à cette roche des fragments de feldspathes que l'on retrouve de place en place dans le grès.

C'est avec cette pierre qu'ont été bâties les grandes cathédrales allemandes des bords du Rhin, celle de Cologne en particulier et en France celle de Strasbourg. On y trouve une flore bien différente de la flore bouillière, les Sigillaria, les Lepidodendron qui avaient persisté jusqu'à l'époque péniennienne ont disparu. C'est le genre *Wolffia* (confère) qui domine. Près de Luxeuil on voit

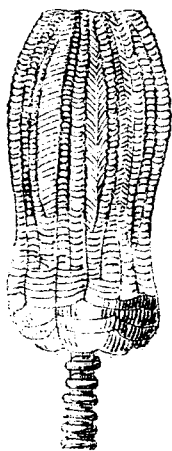


Wolffia

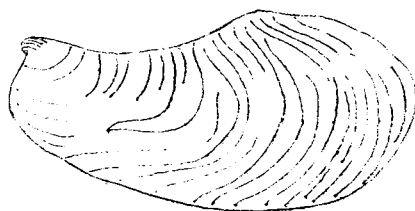
des empreintes de coquilles marines et même de végétaux marins confondus avec celles des végétaux terrestres. Cependant c'est là l'exception et d'ordinaire le grès bigarré ne renferme que des organismes terrestres. C'est donc un dépôt littoral effectué dans une mer dont le domaine était peu stable, à raison de la mobilité du sol et qui remaniait constamment les conches du rivage, et s'est en un moment où ces eaux marines ont pris possession de la contrée d'une manière plus définitive, c'est l'époque d'une formation plus tranquille, l'aurore du *Muschelkalk*.

l'aurore du *Muschelkalk*.

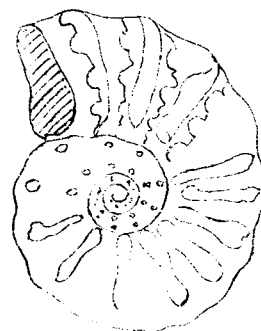
b) Calcaire coquilles ou Muschelkalk. Ces calcaires indiquent en effet un milieu moins agité que les grès qui sont des roches clastiques. C'est horizon est très riche en fossiles ainsi que le rappelle son nom. C'est d'abord cette élégante sucine si connue de tout le monde *Lucinus liliiformis*.



Lucinus liliiformis.



Avicula socialis



Ceratites nodosus

Ajoutons l' *Avicula socialis* et un *Ceratites* céphalopode chamberé, qui représente une étape entre les Goniatites que nous avons déjà citées à l'époque Dévonienne, dont les cloisons sont anguleuses et les Ammonites dont les cloisons offrent des bords très compliqués (perforés), chez les *Ceratites* les bords des cloisons sont des demi-cercles raccordés par des lignes tremblées. C'est le *Ceratites nodosus* qui domine dans le Muschelkalk.

c) *Marne irisées*. C'est un dépôt très épais ou à côté des marnes on voit aussi des dolomies, du gypse, des grès et du sel gemme. Cette dernière roche qui se trouve dès la base est une source de richesse pour le pays lorrain. Le sel gemme est associé au gypse et exploité dans tout l'arrondissement de Château-Salins - à Vic,

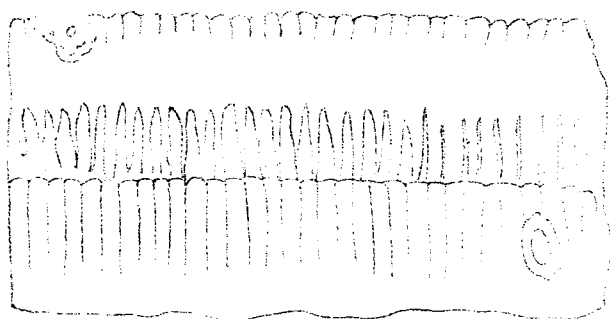
Odenze &c. Il affecte la forme de lentilles successives échelonnées à divers niveaux représentant une puissance totale de 60^m à 80^m. Toutes ces roches, sel gemme, dolomie, cavernuse et cristalline, gypse cristallisé, indiquent une intervention chimique quelconque, et cette intervention il ne faut pas la chercher ailleurs que dans l'apparition des roches éruptives qui ont été très abondantes à cette époque; l'épanchement des serpentines et d'autres roches trippéennes, et en outre à base de magnésite nous explique la présence de la dolomie; dont l'élément magnésien a pu être apporté ainsi que nous l'avons déjà dit par des sources thermales dans les bassins où se déposaient les marnes irisées. La variabilité des couches de ces marnes, car c'est là l'origine de leur nom, s'explique de la même façon. Les substances métalliques, ferrugineuses, manganésiennes, cuivreuses (comme à Chassy) que les sources thermales ont emprunté aux nombreuses filons de cette époque, qui tous renferment l'un ou l'autre de ces éléments sont venues s'ajouter aux sédiments en leur ont communiqué ces couleurs vives et diverses. Mais la présence du sel gemme dans ces couches nous apprend que parfois la mer n'était pas très profonde et d'étalain sur de grandes surfaces, sous forme de lagunes circonscrites, ayant un peu la disposition de nos marais salants, des bords de la Méditerranée et de l'Océan. Les marnes irisées doivent donc être considérées encore comme un dépôt de rivage. On y trouve très peu de fossiles. Nous ne citerons qu'un petit crustacé *Colpocia*. Le *Trias* se retrouve avec des caractères identiques sur le versant oriental de la Forêt noire et dans le Souabe.

537 Le Muschelkalk y renferme des bancs puissants de dolomie vers la partie supérieure. On les retrouve en Lorraine à l'état rudimentaire. La plus grande différence entre le trias de Wurtemberg et celui de Lorraine, c'est que dans le Wurtemberg le sel gemme est de l'horizon des Muschelkalk. L'étage des marnes irisées offre encore en Souabe quelques différences légères dans le détail des couches avec son correspondant

de Lorraine. Les petits lits de houille de Wurtemberg intercalés dans des gypses des Dolomites et des marnes, à la base de l'étage (Letton Kohle) existent à Lunéville comme un trait d'union entre les Muschelkalk et les marnes irisées.

Près de Stuttgart on trouve des grès très puissants formant des saillies près de cette ville en renfermant en abondance des végétaux *Equisetum columnare* et des fougères. En Lorraine ce grès existe

(car nous avons signalé l'existence de cette roche dans la composition de l'étage des marnes irisées) mais ils sont beaucoup moins puissants. Les couches les plus supérieures de la Souabe feraient cependant peut-être défaut en France.



Equisetum Columnare.

538. Dans la Saxe et le Danemarck on retrouve les trois étages Bunter Sandstein, Muschelkalk, Keuper, le sel gemme est ici dans le Bunter Sandstein.

539. En Angleterre le Trias repose en stratification concordante sur le Keuper ou Magnésien Limestone. On retrouve le grès bigarré, les marnes irisées accompagnés parfois d'un peu de Dolomie, mais c'est tout le Muschelkalk fait défaut, c'est-à-dire, remarquez-le bien que les dépôts de rivages et de lagunes ou des marais salants existent, mais ceux de haute mer, ceux qui effectués lentement pourraient en être vivants se mouvant exactement sur leurs formes, ces dépôts, disons-nous, manquent ici, c'est pourquoi nous allons voir que sur bien d'autres points nous allons faire la même observation.

540. Ainsi en regard de l'Angleterre, dans le Cotentin, on voit le Trias à l'état incomplet, grès bigarré et marnes irisées seulement. Ici

de Blaisy (Côte d'or) d. près d'Orvallois d. et on suit ce terrain ainsi incomplet sur le versant Nord du plateau central jusque dans le Berry. Partout on y exploite du gypse.

Sur le bord oriental du plateau central, dans le département de Saône & Loire, le trias est encore réduit au grès bigarré et aux *Marne irisées*. Et Chessy, près de Lyon, les grès bigarrés injectés de particules cuivreuses (Carbonates de Cuivre, oxydés ...) sont surmontés d'argile et de gypse représentant le Keuper. Il n'y a pas de Muschelkalk.

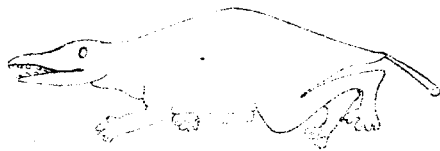
Dans le Jura, dans le terrain jurassien, on retrouve les dépôts supérieurs du Trias à Salins et à Montmorot, ce sont des marnes avec des dolomies du gypse et des grès avec empreintes de végétaux et même des lignites qui représentent les marnes irisées.

On retrouve le Muschelkalk entre le plateau central et le Jura à l'Est d'Auxonne. Rien de moins surprenant puisque les deux massifs extrêmes représentant des rivages de voir la zone intermédiaire offrir des dépôts de haute mer.

544. En suivant les Cévennes, les couches triassiques sont des grès et des schistes recouverts de schistes dolomitiques avec assises de gypse. Quand on marche vers l'Herault entre les grès et les schistes on voit des calcaires dolomitiques avec fossiles du Muschelkalk, la série triassique devient complète. On rencontre dans les grès triassiques de l'Herault des impressions qui sont semblables à une main dont le pouce prendrait la place du petit doigt, on observe sur ces saillies le dessin réticulé de la peau d'un animal, on y voit aussi des empreintes tridactyles que l'on a attribué à des oiseaux mais qu'il convient peut-être de rapporter à des reptiles. Les empreintes ont été reconnues dans le grès triassique des Vosges, de la Navarre et de la Saxe Cobourg-Gotha. On a trouvé aussi dans ces différentes régions des bouclets polygonaux correspondants au



remplissage de ces fissures de retrait, que l'on observe sur la vase des rivages desséchés par le soleil. On trouve encore des petites sphères entourées de petites auréoles, c'est-à-dire la reproduction en relief de la cavité entourée d'un cercle ondulatoire, que détermine sur les vases littorales la chute des grêlons ou des grosses gouttes de pluie? C'est ce qu'on appelle assez plaisamment, justement néanmoins, l'orage fossile. Mais quel est cet animal qui a laissé ainsi l'empreinte de ses pas sur les grès triassiques nous encore consolidés. Et après l'avoir ignoré pendant longtemps on est enfin parvenu à le trouver sa tête. Elle rappelle celle des *Tratracions*, mais avec cette différence que le condyle occipital est double, caractère qui établit un lien de ressemblance avec les Sauvians. Et les dents de cet animal



Labyrinthodon



Dent de *Labyrinthodon*.

se reproduisent constamment à l'intérieur les uns des autres; l'émail de la dent de cet animal de l'époque des Trias se mêle à l'ivoire sous forme de pénétrations très compliquées simulant la route sinuose d'un labyrinthe. On a donné pour cette raison à cet animal

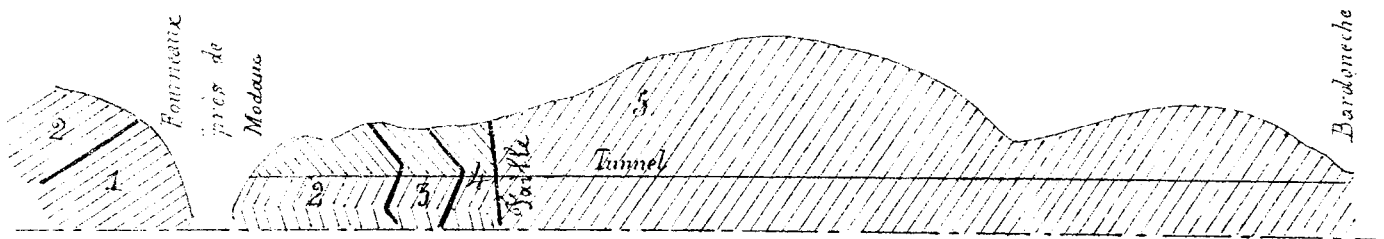
qui n'est ni un lézard, ni une grenouille, ni un crocodile, mais appartient à un genre éteint le nom de *Labyrinthodon*.

542. Dans le Gard et l'Altaut, on voit les couches triassiques plonger sous le bassin inférieur du Rhône, pour venir de nouveau émerger sur les bords du petit plateau central du Midi, c'est-à-dire les Cévennes. Sous le Val ou voir ici la base des conglomérats à cailloux impressionnés

(comme le grès Norvégien) passant à des grès représentant les grès bigarrés avec infiltrations cuivreuses. Suit le Muschelkalk qui est très fossilifère et au dessous le Keuper composé de cargueules, (Voir § 332.).

543 Dans les Basses-Alpes, près de Digne, le Muschelkalk fait de nouveau défaut. Sur les grès bigarrés reposent des dolomies, renfermant des lito laminés de gypse représentant le Keuper à la monture des Filz même disposition, l'on y rencontre pas de sel gemme à raison de l'impossibilité de voir se maintenir à une altitude élevée un élément aussi soluble, mais dans les dépressions, à Lion par exemple le sel gemme existe dans les couches du Keuper.

Le Tunnel du Mont Cenis traverse les couches du Trias :



1. - Schistes cristallins et gneiss,
2. - Terrain houiller,
3. - Grès bigarré,
4. - Cargueule et gypse représentant le Keuper,
5. - Couches rapportées à la partie supérieure du Keuper.

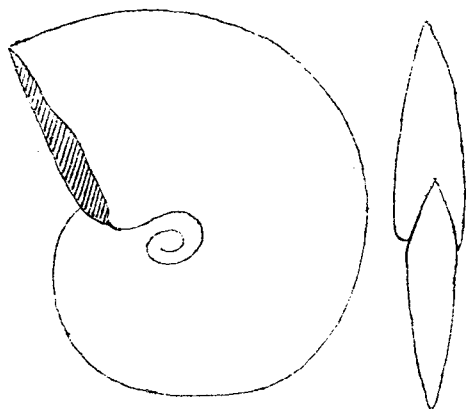
La figure ci-jointe nous dispense de plus ample commentaire.

544. Le Trias se trouve encore dans le Tyrol septentrional, près de Hallstadt par exemple. Il y est au complet. La partie inférieure consiste en grès durs, siliceux, rougeâtres; la partie moyenne est le

Muschelkalk parfaitement caractérisé ; la partie supérieure se compose de marnes, de gypses & de calcaires dolomitiques souvent compacts qui ont conservé les teintes très variées des marnes irisées de Lorraine et de Souabe. Cet horizon est très riche en fossiles. Le Muschelkalk y est si fossilifère qu'on y a fait des divisions, on y voit des véritables ammonites à cloisons percillées. Ces couches calcaires alternent avec des couches dolomitiques sans fossiles.

545. Dans le Tyrol méridional à une certaine distance de l'arête culminante et émergée des Alpes, séparative de ces deux régions on retrouve les mêmes dépôts. Sur les schistes cristallins anciens, le grès bigarré, puis le Muschelkalk et enfin des schistes, des gypses et des calcaires dolomitiques, le tout couronné par les couches les plus inférieures du lias. La localité de St. Cassian est particulièrement visitée par les géologues ; elle a fourni une série immense de fossiles du niveau du Keuper mais spéciaux à sa contrée.

Bonne nous à citer l'Ammonite
Metternichii



Ammonites Metternichii.

546. En Amérique, on a retrouvé le terrain du Trias, et sur des plaques de grès des pistes de reptiles dont les empreintes avaient 0^m 40 de longueur avec des enjambées de 1^m 00. On a signalé aussi des pas d'oiseaux, mais cela est douteux, car ces empreintes ont 0^m 60 de longueur, et il n'y a pas de traces de palmure.

Ce ne peut donc être un oiseau.

On a parlé aussi beaucoup de la découverte de mâchoires de mammifères mais cela est douteux. En tout cas ce seraient les plus anciens vestiges de cette classe. Près de Richmond l'accumulation de plantes

trassiques a donné lieu à un véritable dépôt de houille qui alimente cette partie des Etats-Unis.

Terrain jurassique.

547. Le Terrain jurassique qui fait suite au terrain du Trias est un grand dépôt presque exclusivement de formation marine. Tandis que jusqu'ici nous avons eu à citer le plus souvent dans la composition des terrains des roches arénacées et des argiles, c'est-à-dire des dépôts d'origine mécanique, au contraire ce sont maintenant les dépôts chimiques, les calcaires qui sont devenus dominants. Dans le Nord de l'Europe les fossiles indiquent une mer peu profonde ornée d'îles et des conditions de température analogues à celles qui dominent aujourd'hui dans la zone intertropicale. Les Belemnites y apparaissent les ammonites existaient déjà à l'époque du Trias, mais elles se développent avec une abondance toute exceptionnelle à l'époque jurassique. On sait que ces Cephalopodes enroulés à coquille cloisonnée se distinguent des Cephalopodes analogues par les terminaisons très compliquées de leurs cloisons, (cloisons persillées). Dans le Nord de la France, l'Angleterre, l'Allemagne, le terrain jurassique a conservé une position peu différente de l'horizontale. Dans le midi, au contraire, il est d'ordinaire dérangé de sa position originelle et même formé en montagnes.

548. On y a fait deux grandes divisions qui elles-mêmes admettent plusieurs sous-divisions :

B. Oolite.

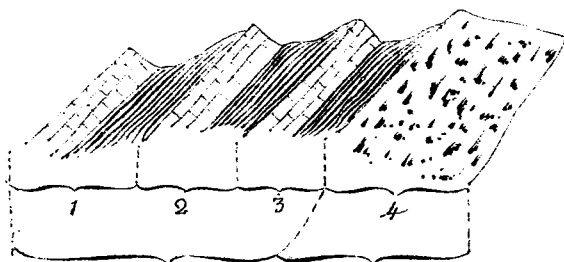
A. Lias.

Le Terrain jurassique du Nord de l'Europe a été déposé

dans une mer intérieure, semée d'îles, baignant des terres très découpées en golfes et presque îles et par conséquent offrant des conditions de température, de profondeur, de vitalité organique, bien différentes de celles de la haute mer de cette époque, en communication avec la première, qui couvrait la région des Alpes, l'Étropolitaine et une grande partie de l'Espagne.

549. Quand on part de Paris pour aller dans les Vosges, on traverse le terrain jurassique. On rencontre d'abord l'oolite supérieure n° 1,

puis l'oolite moyenne n° 2,
puis l'oolite inférieure n° 3,
et enfin le Lias.



oolite

Lias

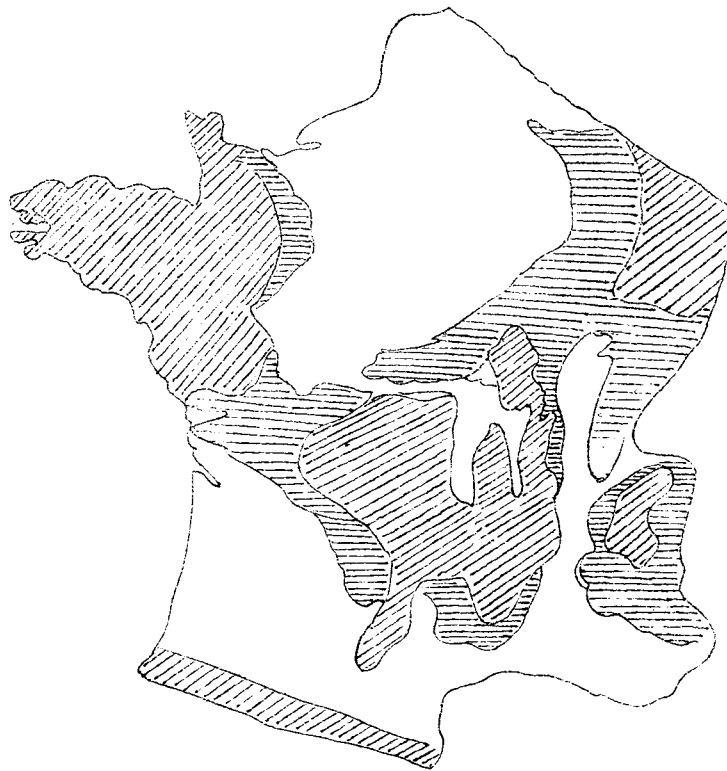
Et bien si nous nous étions dirigés vers le Limousin, il en eût été de même et aussi si nous avions porté nos pas vers la Bretagne. Dans ces trois




directions nous aurions relevé la même coupe. Ainsi nous avons d'abord marché sur les couches les plus récentes, qui sont aussi les plus voisines du centre et vers les bords au contraire nous avons rencontré les couches les plus anciennes. Donc tout cet ensemble a la forme de quatre assiettes de diamètre décroissants appuyées les unes sur les autres.

Chaque terme de l'oolite n° 1, n° 2, n° 3, est constitué par une alternance de calcaire et de marne. Les calcaires sont fendillés laissent filtrer les eaux superficielles qui sont au contraire arrêtées par les marnes, c'est-à-dire que toutes les sources qui apparaissent à la surface du sol dans cette contrée sont placées à la limite des calcaires et des marnes et par conséquent c'est là aussi que se trouvent situés tous les centres d'habitation.

Les calcaires sont plus résistants que les marnes, en présence des agents atmosphériques, ils forment falaises, les marnes au contraire très

délicates forment des vallées à relief mollement ondulé, et des talus gazonnés en pente douce, contrastant avec l'aridité des escarpements calcaires, qui les dominent. Ces escarpements calcaires forment autour de Paris une triple enceinte continue, qui, avec la bravoure de ses habitants constitue sa meilleure défense contre l'invasion étrangère et si vous lisez avec attention l'histoire de la Campagne française dans l'admirable récit qu'en a donné M. Thiers, vous verrez que toutes les batailles importantes se sont livrées sur les points, où cette enceinte fait défaut sur ceux où elle est entamée par les cours d'eau. Paris, disons-le, est stratégiquement parlant, parfaitement placé au centre de cette triple



 Terrain plus ancien que le terrain jurassien
 Terrain jurassien
 Terrains plus récents que le terrain jurassien

muraille calcaire).

550. L'ensemble du terrain jurassique en France a la forme d'un S dont la boucle inférieure contourne le plateau central et dont la boucle supérieure est incomplète.

Lias.

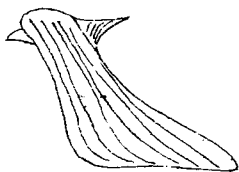
551. Nom donné par les Carriers anglais à un banc de cet horizon. C'est un étage qui offre une grande complication d'assises. On a eu longtemps que sa base était constituée par des calcaires, caractérisés par l'abondance toute spéciale d'un fossile désigné sous le nom de *gypsbée arquée*, mais depuis bien longtemps on avait remarqué en Angleterre et en Normandie d'autres calcaires situés au dessous de ceux-ci; on désigne dès le début ce groupe de couches sous le nom d'*Infralias*. Le sol où on l'observe s'est enfoncé graduellement et la mer est venue peu à peu le recouvrir. Il en résulte que l'*Infralias* repose sur toute espèce de terrain, la mer se portant indistinctement là où se produisait l'affaissement. Il en a été de même pour le Lias et l'oolite; la mer était ^{donc} à cette époque en voie d'envahissement par rapport aux continents.

552. Nous ferons dans le Lias les divisions suivantes :

- d) Lias supérieur;
- c) Lias moyen;
- b) Lias inférieur;
- a) Infralias.

553. a). - L'*Infralias* est caractérisé à la base par un petit fossile auquel on a donné le nom d'*Aricula contracta*. Les couches à des niveaux variables sont remplies de dents, d'écaillés de

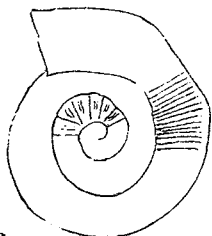
BIBLIOTHÈQUE
ALBERT



Avicula contorta

noirâmes et de dâbris de reptiles, (l'one-
bed = lit à ossements). On observe ces niveaux
depuis le Nord de l'Égypte jusqu'aux Alpes,
c'est donc un horizon important. Les
premiers mammifères éteints, apparaissent à
cet horizon. Ils ont été découverts près de
Stuttgart. Les grands reptiles naguère dont
nous allons nous entretenir dans un instant y figurent déjà.

En dessous de la zone à avicula contorta est la zone à Ammonites planorbis qui correspond aux c. l. koses (voir §/ 460.) de la Bourgogne et en plateau central et au calcaire du Mont d'or près de Lyon, aux lumachelles (voir § 30) de la Côte-d'or et aux couches à ciment de l'Auxois (Pouilly).

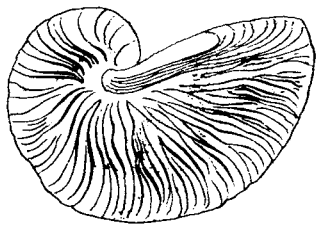


La zone à ammonites angulatus est plus élevée encore, c'est l'horizon des grès d'Orlange que l'on trouve dans les constructions d'une partie de la Lorraine et du Luxembourg et aux couches de la Bourgogne appelées 'soie de veau'.

Ammonites angulatus

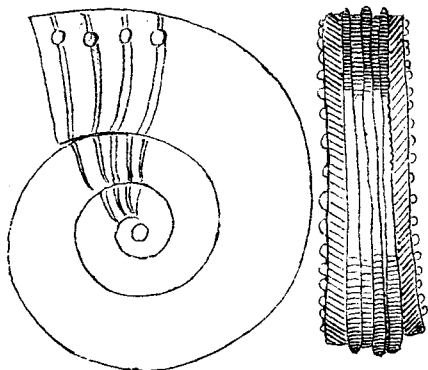
Le calcaire proprement dit est un vaste dépôt calcaire, argileux et sableux, parfois très sableux.

554. b) Lias inférieur. — Le lias inférieur est caractérisé par la gryphée arquée (bûtre) depuis l'Angleterre jusqu'à Vigne. Il disparaît à partir de ce point où commence la haute mer jurassique,



Gryphaea arcuata

mais on a dans ces deux régions l'Ammonites bisulcatae qui sert

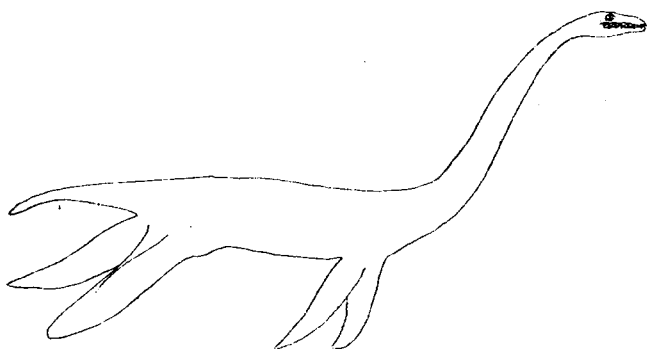


à établir la contemporanéité des couches éloignées. Dans la portion supérieure du dépôt la gryphée arquée se modifie un peu, passe à la gryphée obliquata et entre ces deux horizons on voit des couches intermédiaires observables en France, en Angleterre & en Allemagne caractérisées par l'Encrinurus pentagonalis.

C'est le niveau des grands reptiles de Lyme - R. qui avec la tête du Dorset, Ichthyosaurus, Plesiosaurus et aussi du Sauropterygien Pterodactylus. La grande continuité de ce dépôt sous une seule époque, avec un



Ichthyosaurus.



Plesiosaurus.



Pterodactylus.

même banc d'unités, démontre le peu d'inégalités du relief à cette époque. Il faut conclure de ces faits à un fond très uniforme, à une mer peu profonde.

555. c) Lias moyen. — Le lias moyen est caractérisé par la gryphée *Cymbium* et par une abondance spéciale de *Belemnites*. C'est le Calcaire à *Belemnites* de quelques auteurs.

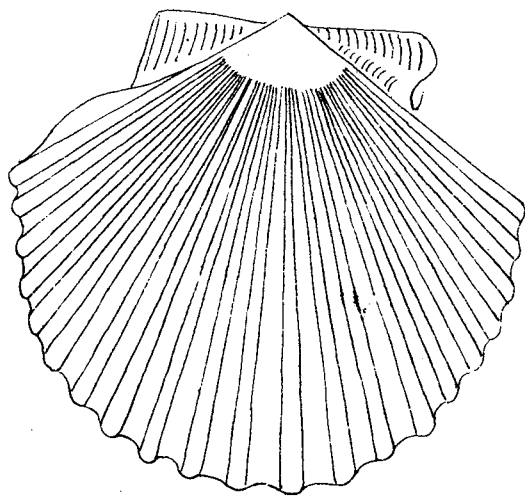
On y distingue trois niveaux :

c) Zone à *Pecten aequivalvis*.

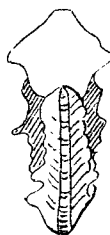
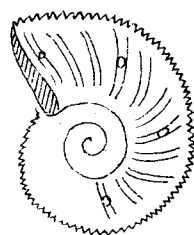
b) Zone à *Ammonites Margaritatus*,

a) Zone à *Ammonites Davaci*.

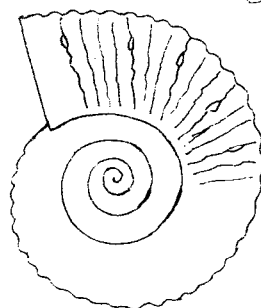
Cet étage a une tendance à devenir sableux et même à passer à un grès (Orne). Il a aussi une tendance à déborder les



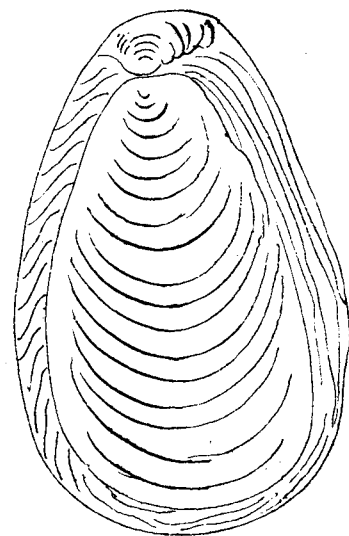
Pecten aequivalvis



Ammonites-Margaritatus



Ammonites-Davaci

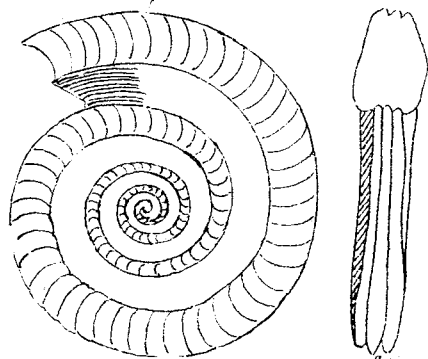


Gryphea-Cymbium

sediments antérieurs et à venir s'asseoir sur des couches perforées et endurcies, qui démontrent (Voir § 466.) une discontinuité entre les couches en contact.

556. d) Lias supérieur. - Le Lias supérieur est ordinairement caractérisé par des masses argileuses riches en bitume; En y trouve des schistes argilo-calcaires remplis de *Lossidonomies*, des Ammonites écrasées amenées par flottage. C'est l'horizon des schistes de Col dans le Wurtemberg qui ont offert de si beaux débris d'Ichthyosaure, de Plesiosaure & de Pterodactyle. C'est aussi celui des schistes de Crecy (à Nancy) avec ossements de Teleosaurus. C'est la position des couches à ciment de Vauxy (Yonne). Parfois les couches de cet étage sont assez riches en bitume pour donner lieu à des exploitations.

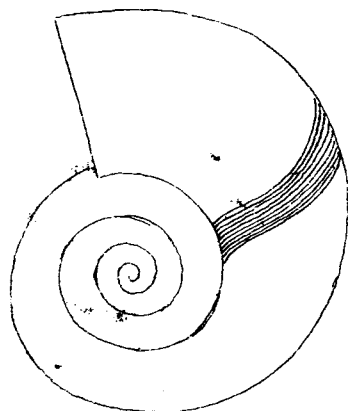
En dessus des marnes argileuses à *Lossidonomies* est un autre horizon très riche en Ammonites. L'Ammonites bifrons qui se trouve



si parfaitement bien conservé à l'état de minerais de fer à la Verpillère près de Lyon et aussi à Trivas, mais dans la partie inférieure du gîte; (c'est un minerai de fer de Trivas).

par des marnes sableuses

avec Ammonites opalinus et aulicoides. C'est le toit des couches ferrugineuses de la Verpillère. C'est aussi le niveau des minerais de fer d'Hayange dans la Moselle.



Ammonites opalinus.

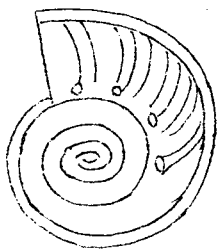
Dans les Alpes le lias offre deux types, tantôt celui du calcaire argileux & schisteux exploité parfois comme ardoises, tantôt celui du calcaire compact. (Le Marbre de Carnare - de l'Infralias.)

Oolite inférieure.

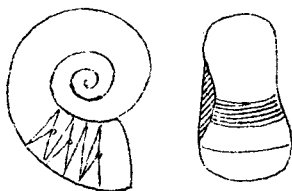
- b) Grande oolite,
a) Oolite inférieure, proprement dite.

557. a) L'oolite inférieure, proprement dite se compose d'assises calcaires assez dures alternant avec des assises marneuses. Les calcaires sont à l'état oolitique (voir S/ 185). Cependant, cette structure fait défaut dans les dépôts méridionaux, car dans une mer ouverte les conditions qui donnent naissance à cette configuration font défaut. On se reproduit des circonstances aux quelles j'ai appelé votre attention en parlant du terrain boullé, les dépôts s'effectuent pas compartiments; c'est à dire dans des golfes dont le fond tend à s'abaisser, tandis que les bords se relèvent. En Normandie les assises sont très distinctes.

L'étage commence par des marnes sableuses offrant des parties très dures agglomérées par de la silice (Malière), c'est le niveau de l'Ammonites Murchisonae. Suivent des calcaires criblés d'une multitude de grains ferrugineux. C'est l'oolite ferrugineuse de St Vigor et de Bayeux avec Ammonites Humphriesianus, Belemnites gigantes. Dans la partie supérieure, on ne retrouve pas exactement les mêmes espèces, mais il n'y a plus de grains ferrugineux. (Oolite blanche du Calvados).



Ammonites Murchisonae



Ammonites Humphriesianus.

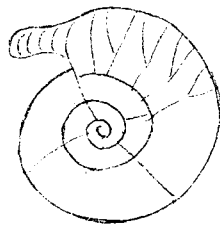
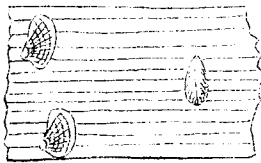


Belemnites gigantes

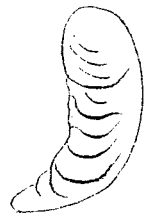
Dans l'Est, on en trouve dans la Côte d'Or, la
 & Haute-Saône représentée par un calcaire à entroques (Entroque =
 débris de tige d'Enteroques), auquel fait suite un calcaire à polypiers
 très argileux et offrant des rognons de silice. Les polypiers sont
 souvent silicifiés.

L'oolite inférieure proprement dite déborde quelquefois comme
 le Lias et vient recouvrir les terrains anciens. Dans le Boulonnais
 par exemple, on la voit reposé sur le calcaire carbonifère.

558. b) La grande oolite est un calcaire à un sous-étage
 qui fournit une partie des belles pierres de taille qui sont aujourd'hui
 importées à Paris. A la base on trouve en Normandie
 des calcaires marneux (Surtout en Normandie) avec Ammonites zig-zag
 Ostrea acuminata. Les Bélemnites qui on y recueille sont sillonnées
 sur toute leur longueur. C'est le Fullers-earth (terre à fouler)
 des Anglais. La pierre de Paen qui a été transportée jusqu'en An-
 gletère pour la construction de la Tour de Londres et de la Cathédrale
 de Cantorbéry appartient à ce niveau. Abondance de Téléostéens dont
 une squelette presque complet a été trouvé par M. Deslongchamps.
 Quand il est marneux cet horizon offre des fossiles de station voisine
 tels que des pholadomies occupant la position qu'elles avaient pendant
 leur vie.

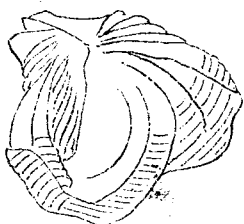


Ammonites zig-zag

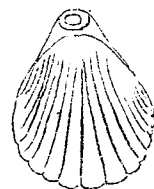


Ostrea acuminata

Ces dépôts manifestement témoignent d'une mer agitée, mais quand le repos s'est établi ont succédé des calcaires purs déposés dans des eaux limpides. C'est la grande oolite proprement dite dont l'oolite militaire de Boulogne employée à la construction du Soubassement du Louvre (rue de Rivoli) est un exemple. Le fossile caractéristique est la *Rhynchonella decorata*. L'horizon supérieur est formé par la *Terebratula Cardium*. Ce niveau correspond aux divisions anglaises Bradford - Clay - Forest - Marble dénominations à oublier et que l'on a eu le tort d'introduire dans nos traités de géologie car elles ne rappellent rien de général.



Rhynchonella decorata.



Terebratula Cardium

En Normandie, la grande oolite est très riche en *Phylloceras*, à Camille, par exemple, on trouve des calcaires à *Phylloceras* du niveau de la *Terebratula Cardium*.

Dans le Jura, les couches supérieures de la grande oolite sont constituées par des calcaires gris jaunâtre appelés Dalles nacrées.

En Angleterre, au niveau de la terre à fouler de Trouent les schistes de Stonefield où l'on a trouvé des débris de mammifères représentés par leurs mâchoires, que l'on a rapportés à des Didelphes. On sait que ces animaux analogues aux Sarrigues et aux Kangourou habitent encore aujourd'hui l'Australie.

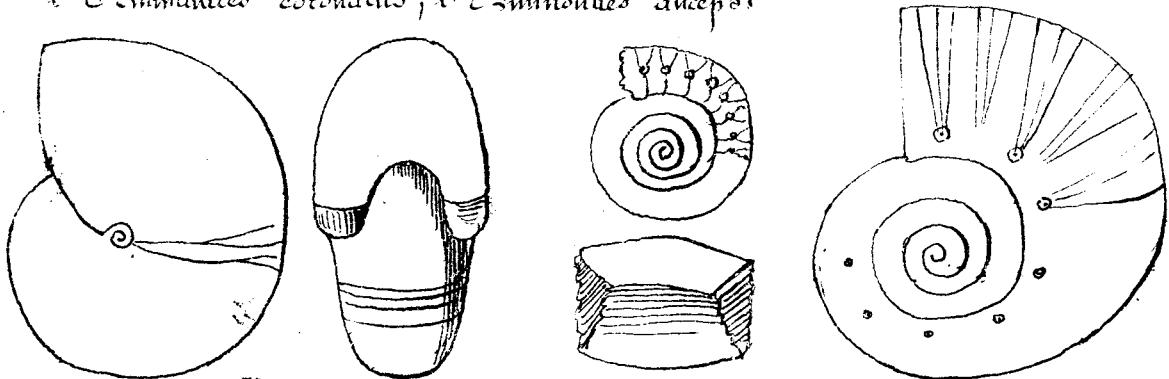
C'est fait en à noter parce que d'autre part la flore de l'époque jurassique est très voisine de celle qui croît aujourd'hui encore.

dans cette contrée. L'Australie offre donc aujourd'hui encore des souvenirs vivants de l'époque jurassique.

Oolite moyenne.

- b) Sous Étage Corallien,
a) Sous Étage Oxfordien.

559 a) Oxfordien. Au dessus du sous étage de la grande oolite reposent les couches oxfordiennes. C'est un dépôt de grande mer comparable à celui du Lias; ce qui le prouve, c'est que des vastes surfaces exondées à l'époque de l'oolite inférieure ont été de nouveau recouvertes par les eaux à l'époque oxfordienne. Le fossile caractéristique de la base du dépôt est l'*Ammonites macrocephalus*. Les couches inférieures sont souvent ferrugineuses (Les Anglais ont désigné sous le nom de Kelloray-rock les couches inférieures du sous étage oxfordien) On rencontre aussi dans ces couches de la base l'*Ammonites coronatus*, l'*Ammonites anceps*.



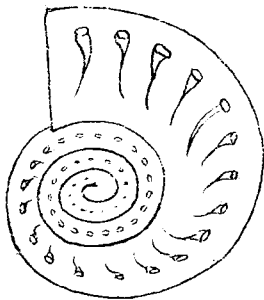
Ammonites Macrocephalus *Ammonites Coronatus* *Ammonites anceps*.

Les minerais de fer sont nombreux à ce niveau, ils sont tantôt anhydres, tantôt hydratés. On les rencontre à Lavault (niveau inférieur) à Besoignes près d'Alais, à Trivas. (niveau supérieur).

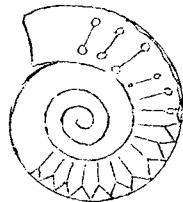
Il y a un niveau moyen qui est des

l'oolite inférieure et un autre plus profondément située qui est du Lias supérieur § 556). Ces minerais de fer sont très abondants dans la Haute - Normandie, les Ardennes et la Côte d'or. Dans cette dernière région il en est même qui appartiennent à l'oxfordien supérieur et avouons que sans le secours des fossiles, il serait impossible de débrouiller tous ces horizons de minerais.

En Normandie, à la pointe de Cabourg, on aperçoit des marnes bleuâtres couronnées de couches crétacées. Les marnes en se délitant amènent la chute des couronnements crétacés. Les débris qui tombent à la mer se couvrent de goémon, c'est ce que l'on appelle dans le pays des raches noires. Ce niveau est plus relevé que le précédent. Il est caractérisé par l'Ammonites hecticus et l'Ammonites athleta. C'est l'horizon du minerai supérieur de Faventille.



Ammonites hecticus.



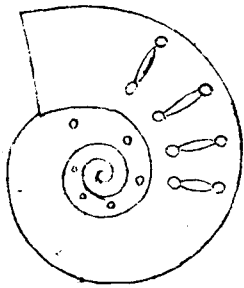
Ammonites athleta

C'est tout cet ensemble, qui chez les Anglais porte la dénomination de Kelloway - Rock et en France, celle de Jura - l'âge Pallopieu. En Bourgogne et dans les Ardennes ce groupe est anglican mais l'on y retrouve ces mêmes divisions caractérisées par les Ammonites que nous avons signalés.

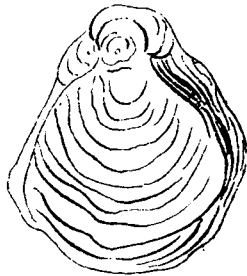
Sur l'oxfordien supérieur ou oxfordien proprement dit, comme on le verra. On peut l'observer à Odivès et à Trouville.

Dans les falaises de Odivès, on observe les marnes de Cabourg (marnes calloviniennes) formant la base, surmontées par les marnes oxfordiennes avec quelques couches calcaires. Les marnes sont noirâtres,

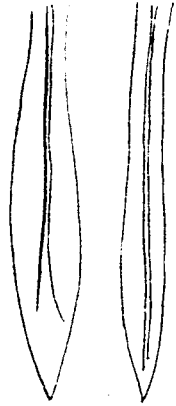
on y recueille un fossile tout à fait caractéristique, l'*Ostrea dilatata* accompagnée des *Ammonites pérarmatus*. Et Tronville - même horizon, avec la différence seulement que les marais sont remplacés par des calcaires, mais l'assimilation des dépôts est autorisée par la présence de l'*Ostrea dilatata* et de l'*Ammonites pérarmatus* auquel se joignent *Ammonites costatus*, *Belemites hostatus*, *Trigonia clavellata*.



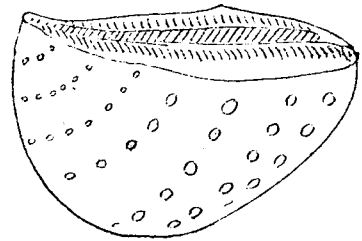
Ammonites pérarmatus.



Ostrea dilatata



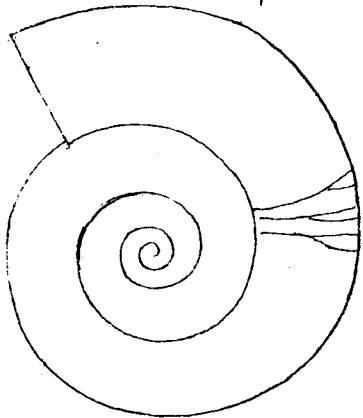
Belemites hostatus



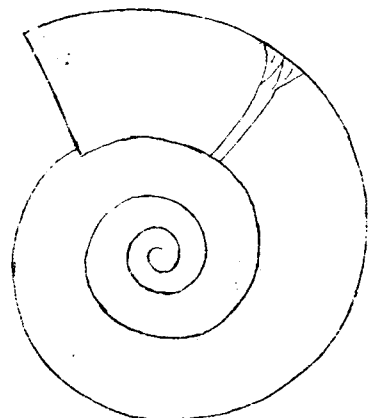
Trigonia clavellata.

C'est évidemment l'horizon des minerais de fer supérieurs de la Côte d'Or dont nous parlions il y a un instant. En Bourgogne c'est aussi l'horizon du calcaire de Comantou.

Mais là ne s'arrête pas à Tronville, la série des dépôts est au dessus des marais à *Ostrea dilatata* apparaissent d'autres couches avec *Ammonites biplex* et *Ammonites triplicatus*.



Ammonites biplex



Ammonites triplicatus.

560. A Grenoble, le terrain oxfordien a une épaisseur qui dépasse 1000^m, il se termine par le calcaire de la porte France et au dessous se placent une série d'autres bancs qui au point de vue minéralogique ressemblent aux précédents, mais les études approfondies que M. Hébert a faites de la faune qu'ils renferment lui a fait voir que les fossiles de cet horizon sont des variétés d'espèces qui caractérisent la base du terrain crétacé (Neocomien). Le Calcaire oxfordien de la Porte de France couronné de couches néocomiennes se poursuit le long du versant Nord des Alpes, jusqu'à Vienne en Autriche et dans les Carpathes. Sur cette longue ligne, la série jurassique s'arrête partout à l'oxfordien.

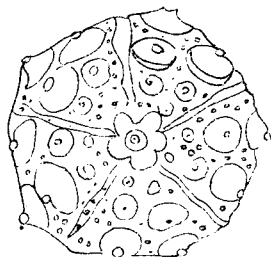
561. En Russie l'oxfordien repose sur le calcaire carbonifère. Il existe un bassin oxfordien au nord de Moscou et un autre plus au nord encore non loin de la mer glaciale. Les ammonites sont en partie identiques aux espèces de France, en partie différentes. Leurs tests sont nacrés et irisés. La mer oxfordienne a couvert toute la Sibirie et même les îles de la Nouvelle Sibirie. Dans toutes les régions méditerranéennes, c'est le lias et l'oxfordien qui dominent entre tous les dépôts jurassiques. La mer oxfordienne s'est étendue sous forme d'écharpe oblique à l'équateur depuis la côte ouest de l'Amérique du Sud jusqu'à l'Espagne traversant toutes nos contrées méditerranéennes; Dans les Cordillères du Pérou, dans la Bolivie, dans le Chili, on a signalé des fossiles oxfordiens. Dans le bassin de l'Atlantique, au contraire, on ne signale rien, il n'y a pas de trace de jurassique.

Le Continent Américain était donc à cette époque déjà constitué séparant les deux grands Océans. La mer Méditerranée se confondait en partie avec le Pacifique, isolée de l'Atlantique par une barrière s'étendant de notre midi vers l'Afrique. Ce que nous appelons le Nouveau Monde, serait donc bien plus justement appelé l'ancien.

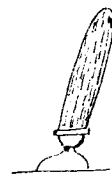
puisque il était constitué bien avant l'Europe et qu'il est demeuré sans variation sensible depuis une époque où l'Europe toute entière était encore en voie de formation.

562. b) Corallien. — Le sous-étage corallien est caractérisé par une grande abondance de polypiers et de coraux dont l'accumulation a donné naissance à des roches analogues aux térébrinadiques, qui s'élèvent aujourd'hui encore dans le Grand Océan. Les Echinides (animaux voisins des oursins d'aujourd'hui) qui habitent les parages où se fixent les polypiers doivent avoir un test très épais, des baguettes massives, car on sait que les Coelocentres sous-marins se fixent toujours dans des mers agitées. Les oolites calcaires qui se mêlent aux débris des polypiers doivent avoir aussi de grandes dimensions car si l'on se rapporte à ce qui a été dit au §/ 185 de l'origine de la configuration oolitique, on devine aisément que le diamètre de l'oolite donne la mesure de l'agitation du milieu où elle a été formée. Le Corallien peut être observé à Ervville au dessus des couches que nous avons déjà énumérées, c'est un calcaire bleu oolitique avec *Cidaris florigemma*, *Hemicidaris*, *cremularis*.

— C'est à ce horizon que



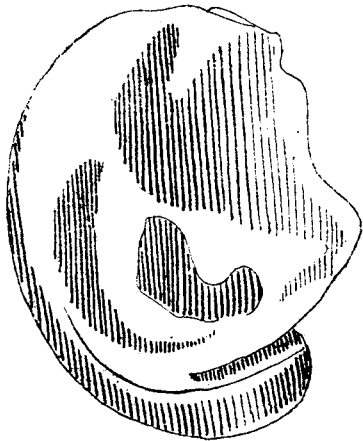
Hemicidaris cremularis



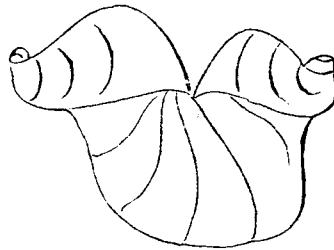
Baguette de *Cidaris florigemma*

nous empruntons pour les besoins de la construction de Paris quelques pierres de luxe, le calcaire à entroques (Voir § 557) d'Évilly en de Lerouville près Commercy, le Corallien de St. Yrie (Jura, Doubs, de Dôle).

À Trouville, on voit enfin un dernier groupe de couches formées d'un calcaire à texture lâche rempli de polypiers, qui constitue un véritable récif madéporique, mais il n'y a pas lieu de séparer cet horizon du précédent. Au dessus s'isole le Corallien supérieur ou Calcaire à *Diceras arctinus*. Il faut pour bien l'observer se transporter dans la Meuse et en particulier à Saint-Nicolas près Commercy. Les échinées abondent dans ces couches, au point que pour bon nombre de géologues ce niveau est celui du Calcaire à Mérimées. Mais ce ne sont pas les seuls gastropodes qu'on y observe, on y retrouve des Strombes, des Sterocères à tort épais. &c.



Diceras speciosa



Diceras arctinus

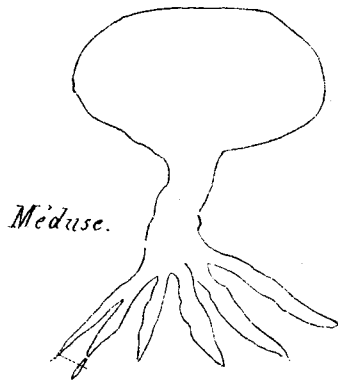


Nerinée

Dans la Meuse, le Corallien supérieur est très épais, mais c'est là une puissance toute locale, partout ailleurs les couches sont minces.

La belle pierre de l'Échaillon (Dauphiné) qui a été transportée à Paris pour la décoration du parc Monceau et de l'Opéra et aussi celle de Commercy (Yonne) sont de ce niveau. Dans cette

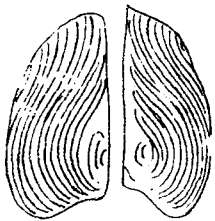
derrière on trouve en abondance le *Succas speciosus*.



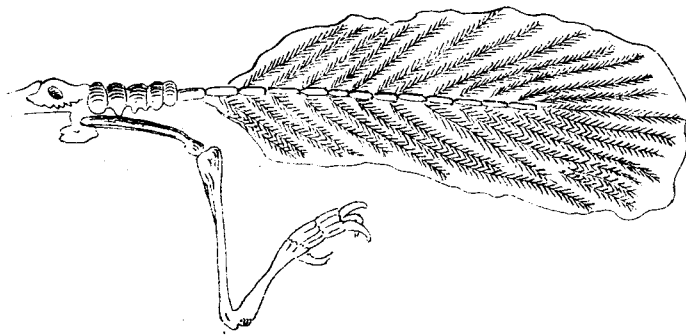
Méduse.

C'en peut être à cette époque, peut être au commencement de la période suivante qu'il faut placer le dépôt du calcaire lithographique si justement renommé de Jappoubeim ou de Solenbofen en Saxe. Ces calcaires ont été déposés très tran-

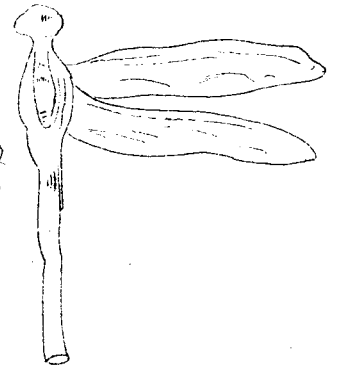
quillement dans une lagune circonscrite par des récifs madréporiques. Aussi les fossiles ont-ils été admirablement conservés, les Ammonites y présentent leurs Aptrychus (probablement l'aperture de la dernière chambre). L'on y trouve des crustacés, des insectes, des astéroïdes, des méduses, des poissons, un pterodactyle et les premiers restes bien certains d'oiseaux (Archæopteria) singulier oiseau dont la queue était vertébrée en portait des plumes.



Aptrychus.



Archæopteria



Libellule

Les calcaires lithographiques ont comme une tendance à se placer à ce niveau. = Calcaires lithographiques des bords du

Rhône et de Châteauneuf.

Une ligne tracée de Lodève (Lodève) à Cracovie (Gallicie) limite en Europe les dépôts coralliens ; - au dessous de cette ligne on n'en trouve plus de traces.

Oolite supérieure.

- b) Sous-Étage Portlandien ;
a) Sous-Étage Kimmeridgien.

563.

a) Kimmeridgien. La base de cet étage corallien puissante dans l'Est et on peut l'observer dans les mêmes localités où nous venons d'étudier le corallien supérieur.

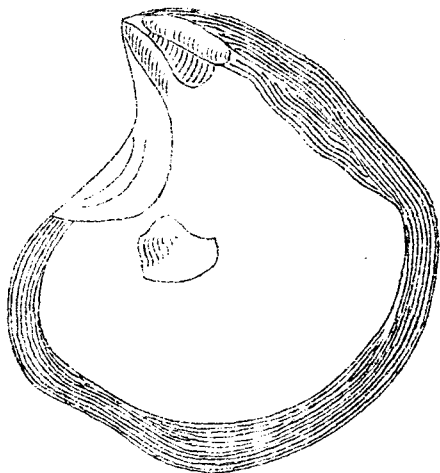
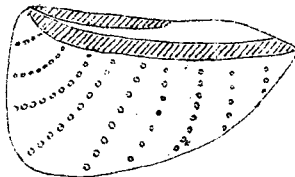
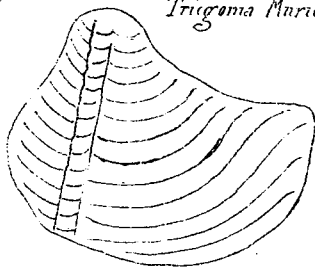
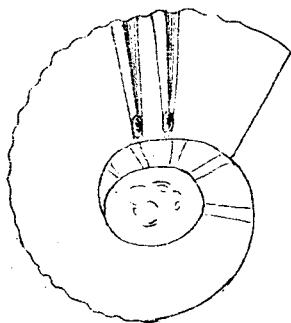
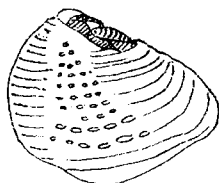
On trouve d'abord des couches de calcaires et de marnes alternant les unes avec les autres et renfermant une petite ostie. *Ostia minima*. Autrefois ces couches étaient considérées comme appartenant au Corallien supérieur, mais on n'y trouve pas de *Diceras* et les fossiles qu'on y



Ostia minima.

rencontre se rapprochent beaucoup plus de ceux des niveaux supérieurs que de ceux des niveaux inférieurs. On y trouve par exemple une huître qui est presque l'*Ostrea deltoidea* caractéristique des marnes de Kimmeridge. (Angleterre)

L'horizon supérieur est celui qui renferme ce fossile tout à fait spécial : *Ostrea deltoidea*. On le rencontre, venons-nous de dire, en Angleterre, mais aussi à Boulogne, près du Tlèvre et à Trouville même, avec *Choladomys*, *Proteris*, *Trigona muricata*, à Villerville mêmes fossiles, avec *Ichthyosaurus*, *Plesiosaure* &

*Ostrea deltoidea**Ostrea virgula**Trigonia muricata**Pholadomya protei**Ammonites gigas**Trigonia gibbosa*

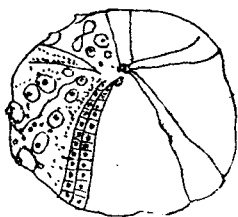
Téléosaurus est une bœuf
contemporaine de l'ostrea del-
toidea à savoir l'ostrea virgula.
564. b) Portlandien. Au dessous
de cet horizon il existe en
Angleterre des calcaires appelés
calcaires, portlandiens, c'est-à-
dire avec ce calcaire qu'a été
bâtie la Cathédrale de St. Paul
à Londres.

Dans tout l'Est de la
France, ce sont aussi des calcaires
que l'on trouve à ce niveau,
on les voit reposés sur des
couches marneuses à Ostrea
virgula et sur d'autres marnes
remplies d'un Ammonite de
très grande taille, commune ce-
pendant à tous les individus
l'Ammonites gigas (niveau des
ciments de Portland en Angleterre).
Enfin apparaissent les calcaires à
Trigonia gibbosa. Cette grande falaise
calcaire s'étend depuis le Jura jusqu'à
la Moselle (Calcaires du Sarrois!).
A Dieppe des sondages ont fait
découvrir les couches à Ostrea vir-
gula et au-dessus des Calcaires
portlandiens. Au Havre, ces dernières
couches font défaut.

Code
CAB 12

Couches de Purbeck.

565 En Angleterre les couches Portlandiennes sont interrompues par une série de couches d'eau douce ou d'eau saumâtre que les Anglais ont appelé Purbeck - Série. Cette assise a 52^m d'épaisseur. On trouve à Purbeck des coquilles fluviatiles, des couches de boue avec des conifères en place (Zamites), ce qui prouve les oscillations d'un sol très mobile, des végétaux silicifiés avec enveloppe charbonneuse, 14 espèces de mammifères répartis en 9 genres, plus de mammifères par conséquent qu'on en a découverts dans toute la série secondaire. Ils sont tous de petite taille et paraissent, soit didelphes, soit de petite insectivores voisins des taupes et des hérissons. L'assise se termine par un calcaire argileux cendré d'origine marine (banc de cendres) où se trouve l'*Hemicidaris Purbeckensis* que l'on trouve



Hemicidaris Purbeckensis.

déjà dans le calcaire de Portland, ce qui prouve que la mer n'était pas éloignée et pouvait aisément franchir son cordon littoral; puis vient un calcaire à palmiers marinières, en dont on croit avoir trouvé l'équivalent dans le pays de Bray.

On rencontre cet horizon en France, dans le Haut-Jura ce sont des assises de marnes grises avec dolomite et gypse résultant de lagunes évaporées jusqu'à sécheresse. A certaines places s'isolent des couches d'origine exclusivement lacustre. Le tout est recouvert par les couches crétacées inférieures. C'est un dépôt effectué dans un grand lac desséché qui s'étendait depuis Bienne (Suisse) jusqu'à Belley (Ain). Ceci nous apprend qu'à la fin de l'époque portlandienne, l'exhaussement du fond

De la mer a produit des lagunes d'eau marines en partie évaporées par les eaux miscelées des terres voisines et on ont été effectués ces dépôts.

On peut même observer cet horizon près de Boulogne: Ce sont des calcaires cariés avec gypse. Dans le Oldanove on voit de même un dépôt de 500^m d'épaisseur composé d'argiles, de marnes et de calcaires. Ces sédiments ont été précipités dans une grande lagune; l'on y voit des coquilles d'eau saumâtre mêlées à des coquilles marines et d'eau douce, des Corbules (*Corbula inflexa*) à côté de *Paludines* comme à Turbeck.

Dans la Charente on trouve au dessus des dernières couches jurassiques un dépôt de 40^m de calcaires schisteux avec *Corbula* (*Corbula inflexa*), ces couches sont accompagnées de lits gypseux et argileux; C'est encore le résultat du dessèchement d'une lagune.

Terrain crétacé.

566 Nous divisons le Terrain crétacé de la manière suivante:

Terrain crétacé.	Supérieur.	F	Étage de la craie supérieure;
		E	Étage de la craie blanche.
		D	Étage de la craie tuffon;
		C	Étage de la craie glauconieuse;
	Inférieur.	B	Étage du Gault;
		A	Étage Neocomien;
A ₁		Étage du Weald.	

567 Le terrain crétacé comprend une grande formation marine, qui dès le début témoigne du retour de l'Océan dans le domaine qu'il avait occupé à l'époque du Lias et de l'Oxfordien, c'est-à-dire dans la zone Méditerranéenne (voir ce qui a été dit sur l'axe volcanique Etna-Tenerriffe S/59). C'est dans les contrées Méditerranéennes, Suisse, Savoie, Dauphiné, Provence que l'étage inférieur du terrain crétacé, le Néocomien est le mieux développé. Cependant on trouve en Angleterre une formation d'eau douce qui paraît plus ancienne encore.

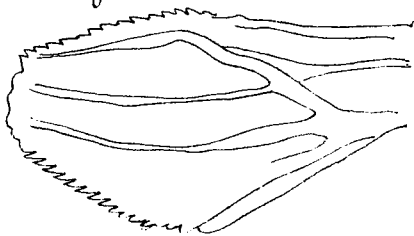
568. Au dessus du Turbeck, on voit un autre groupe de couches déposées dans des eaux saumâtres constituant un dépôt assez épais depuis les falaises de Portland jusqu'au Sud de l'île de Wight et plus loin la contrée du Weald entre les Comtés de Kent et de Surrey. C'est le groupe wealdien qui se compose de deux assises bien distinctes:

b) argile wealdienne.

a) Sables d' Hastings.

569. a) Les sables d' Hastings consolidés de place en place sous forme de grès renfermant des coquilles d'eau douce, Unio, Cyprinae alternent avec des couches marines, où l'on trouve des moules, des huîtres et quelques ammonites, des reptiles et des poissons généralement identiques à ceux des temps jurassiques, des pterodactyles, des pléiosaures, des mégalosaures, mais une famille nouvelle de reptiles y domine, celle des Aguaniens et surtout le grand Aguanodon, reconnaissable à ses dents dont la couronne est

Dent d' Aguanodon.



usée par la mastication, des poissons ganoides et placoides retrouvés dans le terrain néocomien de Sainte-Croix (Canton de Vaud).

570. b) Argile wealdienne. Elle est supérieure aux sables d'Alcastings; l'Iguanodon est plus abondant encore, on trouve beaucoup de coquilles d'eau douce, des impressions de feuilles et de plantes terrestres. C'est évidemment une formation d'origine, d'atterrissement fluvial.

Cet étage n'est pas représenté en France. (Pays de Bray.)
 Nota. Les poissons placoides sont ceux dont le peau est une ou couverte de plaques d'émail souvent de fort grande dimension (La Raie) armées d'une épine central ou incrustées de granulations osseuses.

Les poissons ganoides sont revêtus d'écailles régulièrement disposées, consistant en lames cornées ou osseuses dont la surface extérieure est recouverte d'un enduit d'émail mince et brillant.

Étage Neocomien.

571. L'Étage Neocomien peut se rapporter à deux types que l'on reconnaît facilement; 1^o un type pélagique ou de haute mer caractérisé par des céphalopodes nautes, belemnites, ammonites ordinaires et d'autres directement enroulés ou déroulés avec des brachiopodes à ailes profondes; 2^o un type littoral avec mollusques à peu près fixés, c'est-à-dire des ourins, Echinospatius, Coratier, Melastor etc.

Les Alpes centrales étaient émergées à cette époque et à très peu près constituées, puisque l'on y rencontre rien au delà de l'Oxfordien; mais les chaînes subalpines au contraire nous montrent l'étage neocomien superposé à l'Oxfordien. C'est donc là qu'on y rencontrera les dépôts littoraux du second type, plus loin dans le département des Basses-Alpes, par exemple on en voit dans le type

pelagique, qui ne disparaît que lorsqu'on approche d'un massif émergé, le massif des Maures ou de l'Estérel, par exemple.

L'Etage Néocomien se partage en trois sous-Étages :

a) Néocomien supérieur ou Optien,

b) Néocomien moyen ou Urgonien,

a) Néocomien inférieur.

Ce n'est qu'à regret que je reproduis ici ces dénominations d'Optien, d'Urgonien... appliquées à ces divers niveaux, car ces appellations font double emploi avec celles de Néocomien moyen ou supérieur, mais elles sont si souvent répétées dans tous les mémoires de géologie qu'il n'est pas possible de les ignorer.

572. a) 1^o Le Néocomien inférieur est assez complexe dans sa composition. Dans le Dauphiné et les chaînes subalpines, on trouve comme termes le plus inférieurs de la série néocomienne ces couches qui reposent sur le calcaire oxfordien de la Lorraine de France dont nous avons déjà entretenu, lesquels se poursuivent dans leur situation élevée depuis la France jusqu'à l'Autriche. La faune que l'on recueille dans ces couches de Grenoble est celle de Stramberg (Zone septentrionale des Alpes près Neutitschein en Moravie).

C'est à M. Hébert le savant professeur de la Sorbonne, l'un des maîtres qui a travaillé avec le plus de succès à faire de la géologie une science exacte que l'on doit la détermination de ce niveau. Les

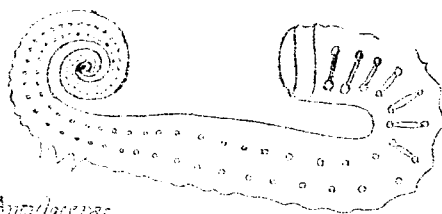
preuves qu'il a indiquées pour établir le synchronisme de ces couches avec la base du Néocomien nous paraissent d'une évidence effective. Les fossiles caractéristiques de ces horizons remontent dans les marnes et calcaires de Bortius (Ardèche) à savoir l'*Ammonites semionleatus*



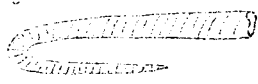
Abolula diphysa



Néoralata goniat



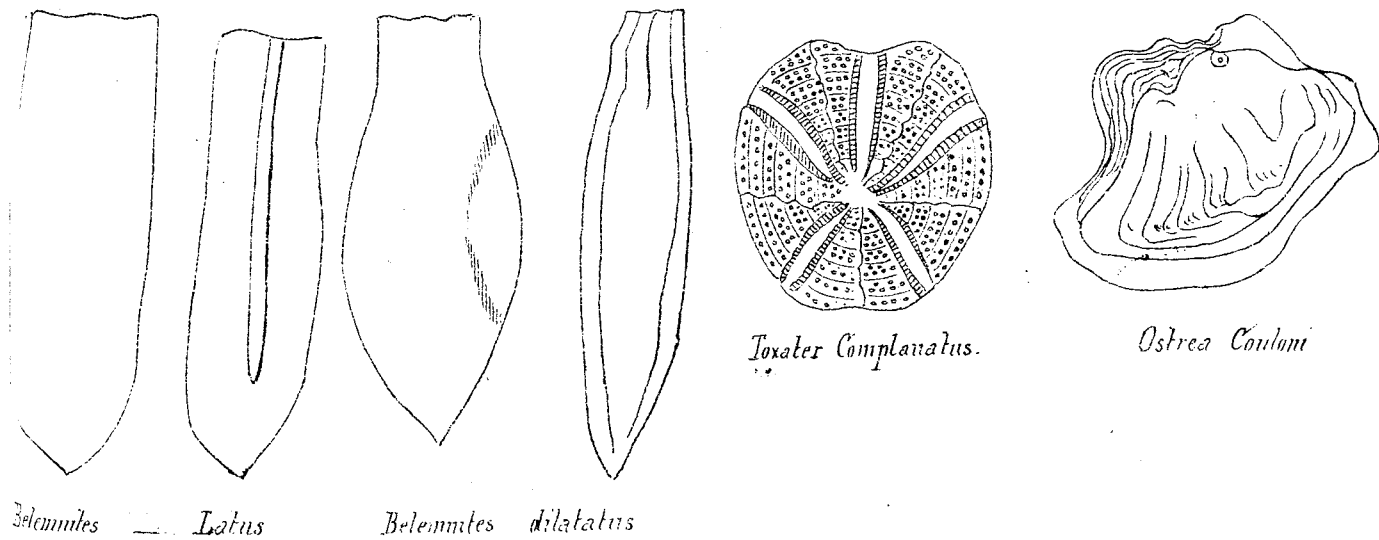
Ammonites



Hamites

l'Ammonite Calipso, subfimbriatus. Aucune espèce reconnue néocomienne ne se rencontre dans le Calcaire ^{inférieur} de la Côte de France qui est incontestablement jurassique et d'autre part aucune espèce incontestablement jurassique n'a été trouvée à côté de la Terebratula ^{qui est caractéristique de ce niveau} jauntor. Il est vrai que l'on objecte que l'on trouve dans certaines localités des mélanges de ces deux classes de fossiles, à Strumberg en particulier, mais alors la roche qui les renferme est une brèche, c'est-à-dire un produit de remaniement. La brèche d'Aisy sur Royarey (Saône) offre aussi ces mélanges, mais ce sont là encore de sédiments remaniés. On ne pourrait donc invoquer ces horizons de brouillage pour combattre l'opinion de M. J. Cébert. En tous cas quand on analyse avec soin les fossiles de niveaux différents réunis dans ces couches remaniées, les espèces jurassiques sont en minorité par rapport aux espèces néocomiennes. C'est moi n'hésite pas à adopter comme définitivement acquis à la science, le classement proposé par M. J. Cébert.

On rencontre dans la Haute-Marne des couches marneuses et des sables avec minerais de fer en grains dont on ne connaît pas



exactement le niveau qui cependant ne peut être bien éloigné de celui-ci ; 2°. L'horizon supérieur ou celui des calcaires à terebratula

janitor et des marnes et calcaires de Ferras. Dans la France méridionale, ce niveau est caractérisé par des *Belemnites* très plates et *Belemnites dilatatus*, Latr. . . . Ils sont suivis de calcaires dits à Spatangues avec *Toxaster complanatus* et *Ostrea confinis*.

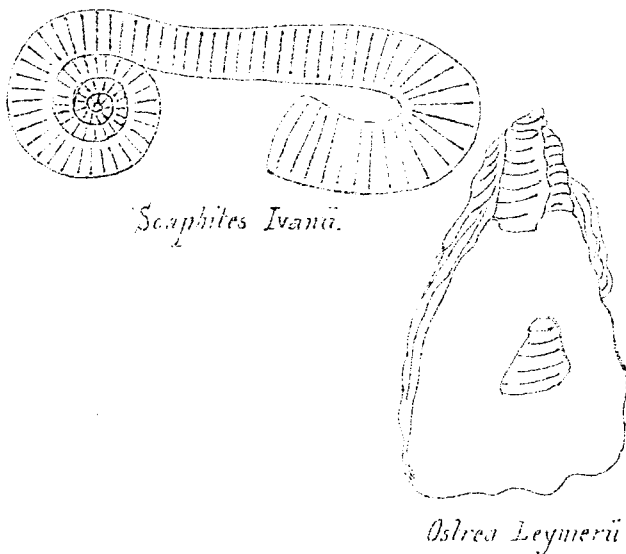
Dans l'Est, et en particulier, dans le département de la Haute-Marne, sur les sables et marnes que nous citons tout à l'heure sans vouloir en préciser le niveau, reposent des calcaires argileux à Spatangues avec *Toxaster complanatus* très abondants et *Ostrea Couloni*.

Dans la région méditerranéenne on rencontre des calcaires très épais d'aspect bleuâtre offrant des paysages stériles, leur partie supérieure est exploitée et fournit près de Montélimar une chaux hydraulique (chaux de Étéil) employée à tous les travaux

maritimes en qui a été exportée jusqu'à l'Isthme de Suez.

3^e Les calcaires sont surmontés d'autres bancs d'un calcaire lithographique qui renferme un fossile, qui accuse un niveau supérieur encore à ceux que nous avons cités jusqu'à présent. *Scaphites Ivanii*.

Dans l'Est au-dessus des calcaires à Spatangues sont des argiles et des calcaires en plaquettes, de véritables lamachelles

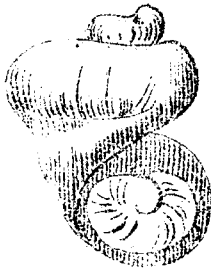


Scaphites Ivanii.

Ostrea Leymerii

Tant y abondent les huîtres en en particulier l'ostrea Leymerii qui entre toutes est la plus abondante. C'est l'horizon des Calcaires jaunes de Neufchâtel, (Neocum Neufchâtel). Ce sont les argiles ostréennes de l'Éon, les représentants de la zone à scaphites. Trias du Midi.

573. b) Neocomien moyen ou Régonien. C'est un sous étage fort simple. Dans les régions méditerranéennes, c'est un calcaire ordinairement blanc ou blond, qui à Oyon, sur la Durance est exploitée pour les constructions de Marseille. La pierre a suivant les localités une cohésion variable, là où elle est tendre, on en détache facilement un fossile tout à fait caractéristique: Requienia



Requienia ammonia.

ammonia. On a longtemps confondu ce fossile avec les Diceras et avec les chamæes. Les Requienia ont deux valves très inégales, dont l'une est contournée en spirale comme une corne de bœuf. Ces calcaires sont accompagnés d'autres couches très riches en Orbitolina qui paraissent à certaines places occuper l'horizon supérieur, mais qui au contraire à d'autres se montrent contemporaines des premières. Et la pente du Rhône, il semble qu'il y ait séparation, mais dans l'Isère, il y a mélange intime. On observe ce sous étage à la Grande Chartreuse, à Vercors sur les bords du Rhône (étranglement du Rhône près de Montélimar), dans le Var et les Alpes-Maritimes.



Orbitolina.

Tandis que ce calcaire à Requienia ammonia se déposait

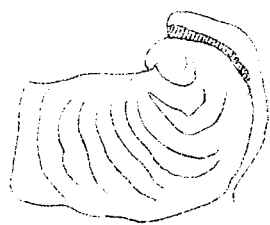
Dans le Sud-Est, dans le bassin de Paris s'effectuait un dépôt d'eau douce, ce sont des argiles avec qu'on trouve des coquilles d'eau douce en plantes terrestres. Au dessous apparaissent des calcaires rougeâtres avec fer oxydique appelés couche rouge de Massy. C'est un fossile qui, dans le Midi, accompagne la *Requienia ammonia* à savoir le *Trochaster oblongus*, qui permet d'établir le parallélisme de ces niveaux.



Trochaster oblongus.

574 a) l'Éocène supérieur ou aptien. - Ce sous-étage a une puissance inverse de celle du précédent. Quand l'un est épais, l'autre est mince et réciproquement.

Dans le Sud-Est, près d'Arles (Aude), ce sont des marines d'un bleu noirâtre caractérisées par des ammonites et des belemnites spéciales et par une huitre *Ostrea aquila* qui s'y ramasse à poignées.

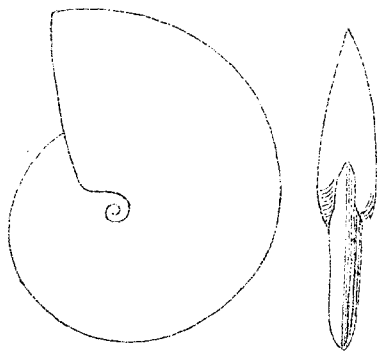


Ostrea aquila

Dans l'Est, on observe ce niveau à St. Dizier où l'on trouve une grande assise d'argile *Ostrea aquila* et des ammonites *Ammonites nidus fissicostatus*,



Plicatula Placinea



Ammonites Nisus.

en des *Olicatules*. *Olicatula placumea*. Il en est de même dans la Yonne et dans la bordure orientale du Caosin de Paris et même au Havre. Partout on retrouve l'*Ostrea aquila*: (au Havre dans des couches remaniées).

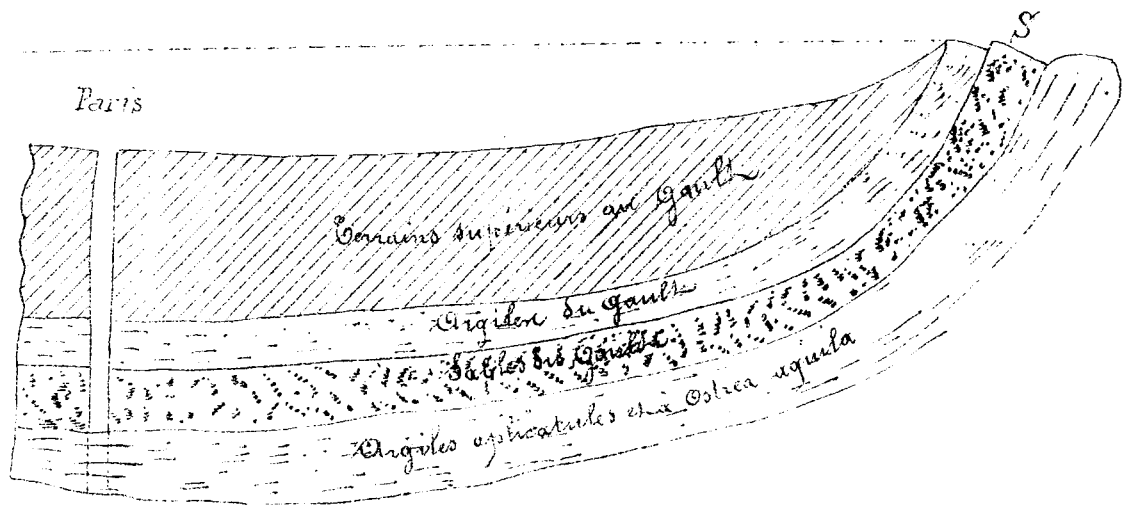
575. Dans tout l'Europe, il n'y a pas de Néocomien. En Angleterre ^{dans le Sud} sur les Couches du Weald s'étendent les grès vertes inférieures (des Anglais). Dans les couches inférieures on trouve le *Exostes complanatus*, l'*Ostrea Leymerii* confondue avec l'*ostrea aquila*. Au dessus tout est aptien. Il n'y a donc pour ainsi dire pas de néocomiens inférieurs et moyens; c'est le flot de l'époque aptienne qui en faisant irruption dans le pays a apporté ces fossiles en même temps que naissait une faune nouvelle.

L'étage néocomien, nous l'avons déjà dit, montre ses dépôts dans cette grande zone en écharpe, coupant obliquement l'équateur, s'étendant à travers toutes les régions méditerranéennes et du Pacifique, depuis l'Espagne jusqu'à l'Amérique. Zone qui paraît avoir été le lieu des grands affaissements du Globe et dont la limite septentrionale sera plus tard à la fin de la période tertiaire celle des grands relèvements puisque cette limite sera jalonnée par les chaînes des Alpes et de l'Himalaya. C'est pourquoi nous avons appelé son axe, axe de maximum d'oscillation. (Voir S/ 59).

Etage du Gault.

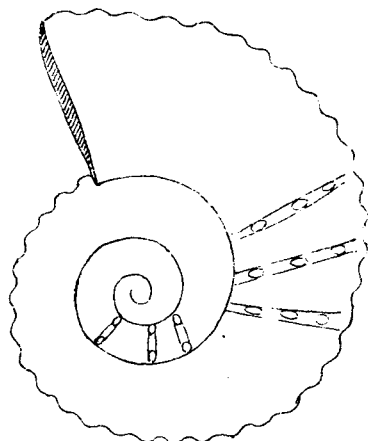
576 C'est un étage mince, mais bien défini. D'ailleurs ne nous étonnons pas de le voir mince, puisque les sédiments néocomiens avaient déjà en partie nivelé le fond des mers. Les principaux éléments sont des sables et des grès diversément colorés par des oxydes de fer et de grains de glauconie,

D'où le nom de grès verts, que l'on donne quelquefois à cet horizon en à bien d'autres. On y rencontre aussi des argiles mises à profit en Angleterre pour la fabrication des briques. Ce niveau argileux existe dans tout le Nord de la France et dans toute la bordure orientale du bassin de Paris les sables étant toujours placés au dessous des argiles.



Nous avons vu dans l'Est le terrain néocomien se terminer par des argiles à plicatules et à *Ostrea aquila*. - Suivent les sables du Gault et les argiles du Gault, tout cet ensemble a la forme d'une cuvette, comme l'indique la coupe théorique ci-jointe où l'on voit les couches se dégager les unes de dessous les autres. Toute l'eau qui tombe dans la zone d'affleurement des sables s pénètre dans cette cuvette un peu comme dans une éponge et se trouve emprisonnée entre deux couches étanches d'argiles elle ne peut s'échapper de ce vase imperméable. Si donc à Paris ~~l'altitude est~~ l'altitude est inférieure à celle du bassin d'alimentation S, on force un puits; en vertu du principe des vases communicants l'eau pourra tendre

à s'élever et jaillira par ce canal. C'est l'histoire du puits artésien de Grenelle, l'un des triomphes de la géologie et cependant malgré la simplicité du principe sur lequel s'appuyaient les géologues qui avaient appelé l'attention des savants sur ce moyen si pratique d'amener de l'eau dans notre ville, il a fallu de leur part de longs efforts pour décider notre Conseil municipal à allouer des fonds pour cette entreprise. Il s'y décida cependant, mais l'épaisseur du terrain crétacé étant très considérable sous le sol de Paris, l'on fut sur le point de se lasser et d'abandonner le forage commencé; il fallut que M. Arago, qui, à cette époque faisait partie du Conseil Municipal parvint à forcer d'instances à calmer l'impatience publique en décidant l'Administration à patronner jusqu'au bout cette gigantesque entreprise. Le succès le plus complet vint couronner ses efforts; la sonde qui était descendue déjà à 548^m s'enfonça tout à coup de plusieurs mètres dans les sables du Gault (1841) et quelques heures après une énorme colonne d'eau s'éleva au jour et inonda la plaine de Grenelle.



Ammonites Lyelli



Belemnites Minimus.

577. Dans les régions méditerranéennes l'argile fait à peu près défaut. Ce sont les sables qui dominent. On y trouve des

produits de charriage et des fossiles roulés, des mollusques marins de toutes sortes.

Dans l'Est, on trouve des ammonites à nombreuses tubercules : Ammonites Lyelli, Delucii ..., des Ancyloceras représentant une double croce, des Hamites simulant un hameton. Belemnites minimus.

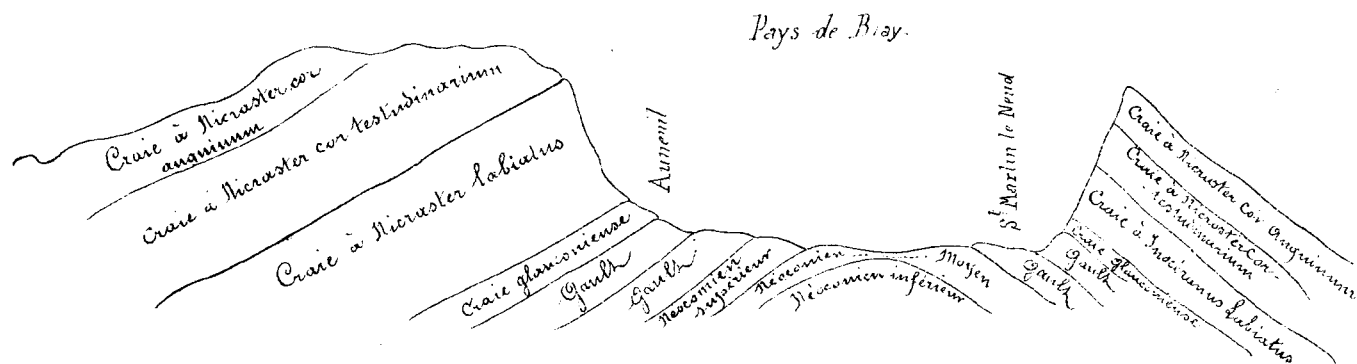
C'est au niveau de la chaux phosphatée que l'on exploite aujourd'hui partout où l'on rencontre cet étage, même dans le Sud-Est. Ce phosphate tribasique comme celui des os des animaux est le produit de la déjection de grands poissons cartilagineux représentés seulement par leurs dents. Il renferme de 60 à 75% de phosphate utilisé pour la culture des céréales.

C'est en observant le Gault de la pente du Rhône près de Bellegarde au niveau du fleuve que Trouguaret osa le premier proclamer le principe si fécond de la contemporanéité des couches qui possèdent les mêmes faunes. En rapprochant les fossiles qu'il recueillit dans cette localité de ceux de l'Angleterre et du bassin de Paris, il conclut au synchronisme des couches, et ce n'était point chose facile, car au point de vue de l'aspect, il y a bien loin des couches noires et redressées de la Perte du Rhône aux couches blanchâtres et si peu mouvementées du Nord de la France & de l'Angleterre.

Étage de la craie glauconieuse ou Craie de Rouen.

578. Par suite de l'allure générale des couches en formes de bassins, les relèvements des bords de cet étage apparaissent dans l'Est et le Sud-Est sur un grand nombre de points, sur le

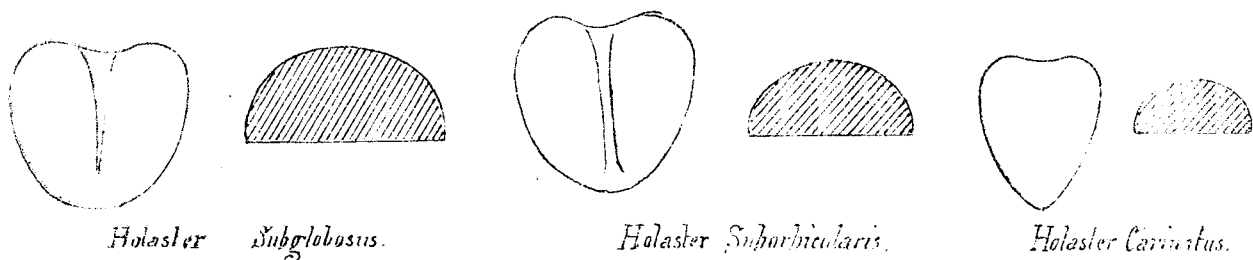
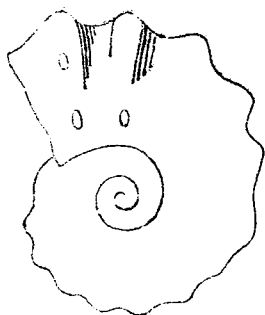
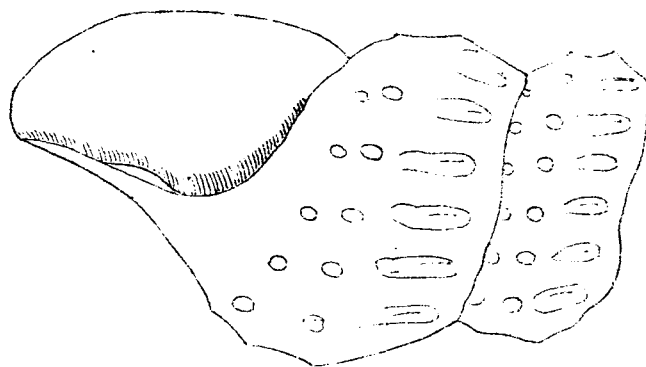
plateau de la Bourgogne et au Nord. On en voit les falaises de la Manche des deux côtés de l'estuaire de la Seine, près de Paris même, à la suite de dislocations locales, cet étage est visible près de Fécamp grâce à une grande faille, à Rouen, grâce à une faille parallèle au cours de la Seine, de même à Vernon (Eure) et même plus près de nous, dans le pays de Bray où ces couches soulevées à un plissement ne pouvant se prêter au bombement de sous débordées



de manière à nous montrer toutes les tranches du Terrain crétacé supérieur, du gault et du néocomien.

C'est un étage qui offre des caractères d'une extrême constance et des fossiles que l'on rencontre partout. C'est un calcaire à grains verts (glauconie, voir § 267 silicate analogue à la chlorite). Les grains sont encore plus abondants que dans le Gault, c'est le grès vert supérieur des Anglais.

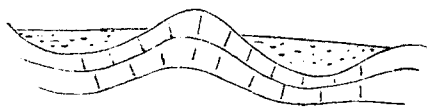
On peut très bien étudier cet étage au Havre, on y trouve trois horizons distincts caractérisés par trois *Molaster*, *Molaster subglobosus*, *Molaster carinatus*, *Molaster suborbicularis*. Ajoutons encore *Ammonites rothomagensis*, *Turritica costatus*.

*Holaster Subglobosus.**Holaster Suborbicularis.**Holaster Carinatus.**Ammonites Rothomagensis.**Turrites**Costatus.*

Au dessous s'étend une couche de cailloux perforés indiquant qu'il faut aller chercher ailleurs les couches supérieures de l'étage, car, nous l'avons dit des surfaces enduites ou perforées indiquent une lacune (Voir S466).

et Rouen, même coupe qu'au Hâvre et l'on retrouve cette couche perforée supérieure témoin d'un hiatus.

Dans le Nord-Est la craie glauconieuse apparaît à Valenciennes, Maubeuge reposant sur des inégalités de calcaire carbonifère, formant des bassins circonscrits, c'est la Couette des mineurs du Nord dont on peut à la longue,



éprouver les eaux au moyen de machines.

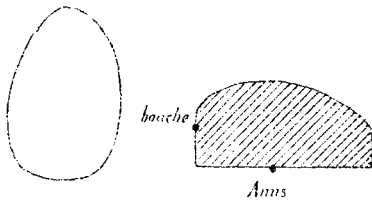
Dans le Boulonnais et les Ardennes, on y rencontre encore du phosphate de chaux.

Cet étage est moins glauconieux dans la Marne, l'Aube & l'Yonne, mais les mêmes fossiles s'y rencontrent.

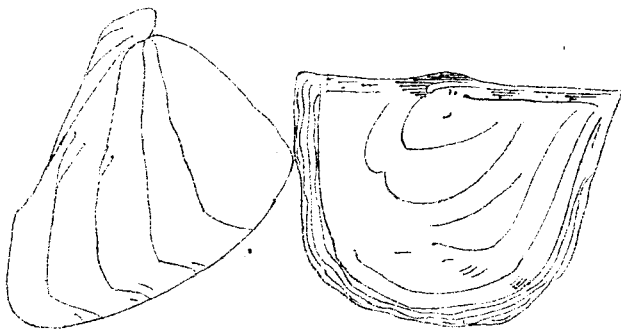
Dans l'Orne, on voit paraître pour la première fois les couches crétacées ce qui nous prouve que la mer s'est seulement à cette époque portée de ce côté, à la suite d'un mouvement d'affaissement qu'a subi cette contrée. Dans l'Orne, près de Bellême, mêmes fossiles que dans l'Ér, mais si on suit ces horizons jusque dans la Sarthe la craie de Rouen est ici caractérisée par un fossile spécial, l'*Orbitolites concava*.



Orbitolites concava



Anortopygus orbicularis



Ostrea bianricalata

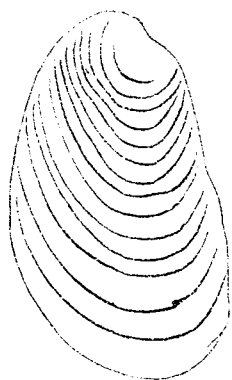
579 C'est dans l'Orne qu'il faut se transporter pour observer la partie supérieure de la craie glauconieuse qui nous avait échappée dans le Nord-Ér. C'est le niveau du Grès du Maine. C'est dans ces couches qu'ont été ouvertes les fouilles de la Gare du Mans, on y a recueilli un fossile caractéristique, un oursin *anortopygus orbicularis*. Ces grès sont suivis de sables grêlés de *Trigonic* et se terminent par des couches marneuses avec notre *bi-*

riangularis. Ces couches sont observables dans le Maine, l'Anjou, une partie de la Vendée, elles se prolongent jusqu'à Châtellerauld, dans la Vienne et dans les tranchées profondes, on peut voir qu'elles s'avancent jusqu'à l'intérieur du bassin de Paris, - Orléans, - Senonches.

Dans l'Aquitaine, le bassin de la Charente, la Gasconne, une partie du Languedoc au dessous des couches jurassiques apparaît la craie de Rouen. Ce sont des grès et des sables avec orbitolites concaves et au dessus des sables avec crinoides orbiculaires. A l'île d'Aix de même avec bois fossiles & forêts submergées et des calcaires avec ostrea bianciculata, flabellata.

Craie Tuffeau ou Craie de Touraine ou Calcaire à *Ammonites*.

580. Cet étage peut être reconnu d'une manière incomplète dans le Nord-Est, d'une manière complète dans le Sud-Ouest du Bassin de Paris. Dans la région du Nord-Est ce sont les

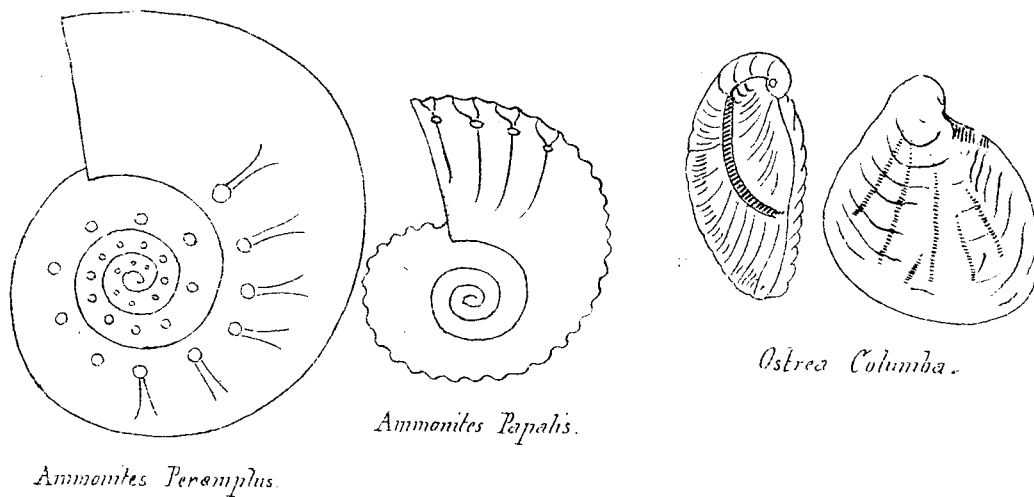


Inoceramus labiatus.

couches caractérisées par l'*Inoceramus labiatus*. En Normandie ce sont des marnes crayeuses où ce fossile est très abondant, on les aperçoit sur les falaises de la Manche, sur les pentes moyennes du pays de Bray et à Vernon. Si on marche vers le Sud-Ouest on les voit venir d'associer sur les grès de Maine, dans les départements de l'Inde & Loire et de la Sarthe. L'*Inoceramus labiatus*

est toujours présent. Plus loin ces couches disparaissent sous les assises supérieures de l'étage. Ce sont ces assises qui font défaut dans le Nord-Est.

581 C'est en la craie Tuffeau employée dans les constructions de toute cette partie de la France, Maine, Touraine, Anjou, est la base. près de Bourré (Loir-et-Cher) on voit des calcaires salins avec de grands *Ammonites*: *Ammonites papalis*, *peramplius*



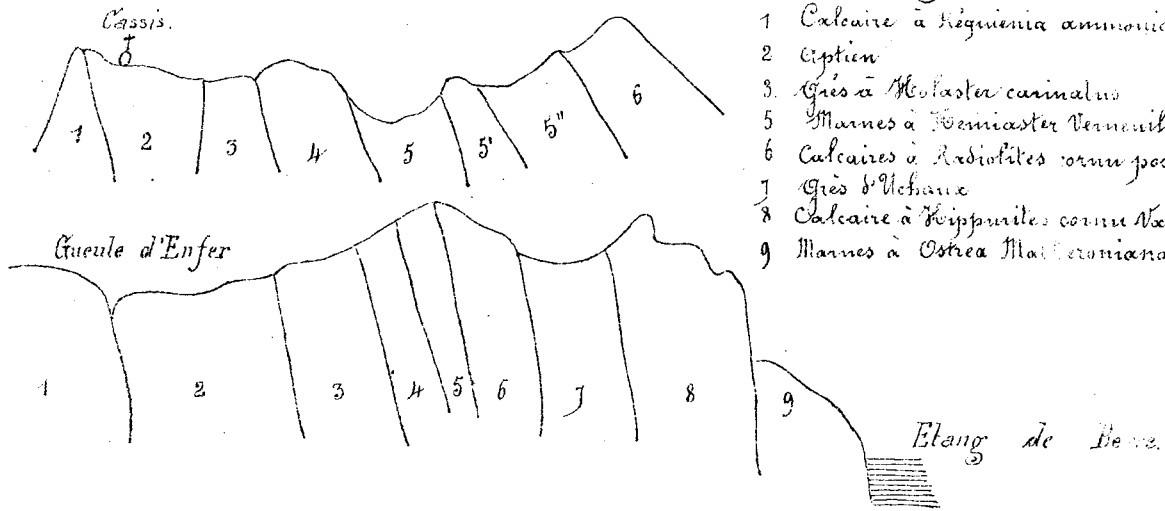
puis des couches plus tendres de craie micacée et sablonneuse avec *ostrea columba* (variété major) et des débris de bryozoaires qui composent presque toute la pierre (Pierre de Cours et de Saumur). Les habitants du pays pratiquent dans ces couches des excavations qui leur servent d'habitation. Ce sont de vraies caves à salpêtre, c'est-à-dire si ces demeures sont salubres.

Mais nous n'avons point encore parlé du terrain crétacé dans le midi de la France.

582. Voici ci-après deux coupes qui vous vont montrer la composition de ce terrain dans cette région. L'une est prise près de Cassis, l'autre près de l'Étang de Berre.

Dans ces deux coupes, nous voyons le néocomien moyen (1) caractérisé par la *Requienia ammonica*, puis l'aptien (2) la craie de Rouen est représentée par les grès à *Dicelaster carinatus*, fossile signalé au Havre (3).

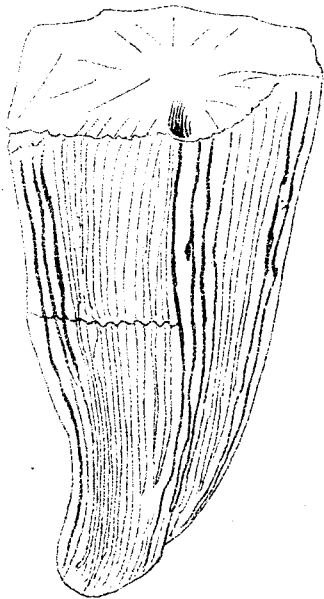
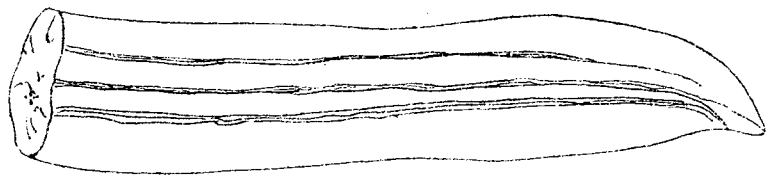
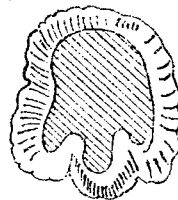
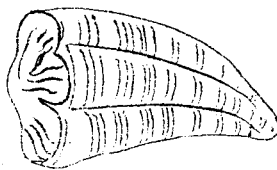
En dessous de cette base on aperçoit fort bien le niveau de la craie tuffeau, ce sont des marnes et des grès avec



Légende.

- 1 Calcaire à *Héquinia ammonica*.
- 2 Ciptien
- 3 Grès à *Melastrea carinalis*
- 5 Marnes à *Hemiaster Vernouilli*
- 6 Calcaires à *Radiolites cornu pastoris*
- 7 Grès d'Uchaux
- 8 Calcaire à *Hippurites cornu Vaccinum*.
- 9 Marnes à *Ostrea Malheroniana*.

Duoceramus, labiatum, accompagné de l' *Hemiaster Vernouilli* (5) puis des calcaires tenant la place de l'assise supérieure de Courvaie avec *Radiolites* formant des bancs considérables. *Radiolites cornu pastoris* (6) ouïr sur les bords de l'Etang de Berze de couches représentant les grès d'Uchaux (7) des environs

*Radiolites Cornu Pastoris**Radiolites Cornu Vaccinum.**Hippurites organisans. Plan.**Hemiaster Vernouilli*

d' Orange et enfin des assises à grandes Hippurites (8), Hippurites cornu vaccinum, Hippurites organiana, qui représente le niveau le plus relevé du Tuffau de Touraine, la zone à ostracolumba major.

583. Dans la Charente il en est exactement de même, on rencontre des marines à *Inoceramus labiatus* et à *Hemioaster Vernouili*, (craie tuffau inférieure) puis des calcaires durs avec *Radiolites cornu pastoris*, c'est le niveau de l'Ammonites peramp plus de Touraine et des grès d'Uzéaux, suivent alors de grandes masses calcaires à grandes Hippurites, Hippurites cornu vaccinum, organiana comme en Provence.

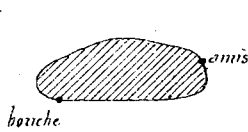
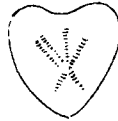
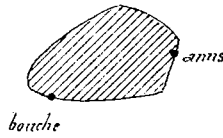
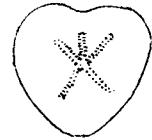
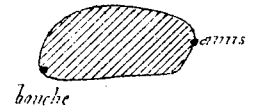
Dans les Corbières, on rencontre aussi le calcaire à Hippurites, mais cette région a besoin d'être encore étudiée.

Craie blanche.

584. Cet Étage est constitué dans le Nord par un calcaire blanc, crayeux, tendre, souvent traçant, résultant d'un agrégat de petits organismes microscopiques, cimentés par un précipité chimique, avec rognons de silex plus ou moins abondants disposés en lits ou en cordons alignés. Les fossiles se ressemblent beaucoup d'un niveau à l'autre, c'est encore aux patientes études de M. Hébert que l'on doit le classement des couches de la craie blanche en trois horizons.

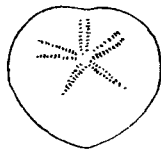
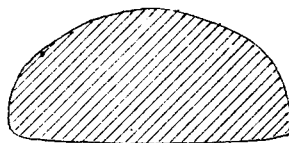
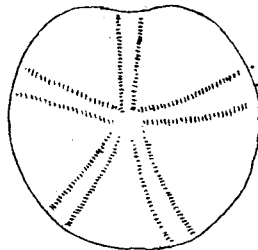
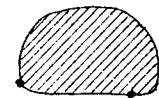
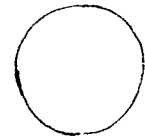
- c) Zone supérieure ou du *Micraaster Brongnartii*;
- b) Zone moyenne ou du *Micraaster cor-auguinum*,
- a) Zone inférieure ou du *Micraaster cor-testudinarium*.

Avant d'étudier la craie, il faut d'abord apprendre à connaître ces trois fossiles.

*Micraster Cortestudinarium**Micraster Crenatum.**Micraster Brounerti.*

Ces trois assises forment trois cuvettes dont le bord définitivement autour de Paris, trois ceintures distinctes.

585. a) La ceinture du *Micraster cortestudinarium* forme le relief du poudingue crayeux. Les couches sont visibles dans les falaises de Normandie, à Etretat, au Créport, à Fécamp; l'on y recueille l'*Holaster planus* et le *Micraster brevis* caractéristiques de ce niveau. En Touraine (Villedieu) ce horizon inférieur est bien distinct, on l'appelle craie de Villedieu. c) Aussi les deux

*Holaster Planus**Micraster Brevis**Amnanchyles Gibba**Amnanchyles Gibba*

expressions de base de la craie blanche et de la craie de Nilledieu sont-elles synonymes. Au dessus de cette base, on voit d'autres couches où persiste l'*Micraster planus* et où abonde le *Micraster cor testudinarius*, c'est une craie nodulose observable à Rouen avec *Anachytes gibba*.

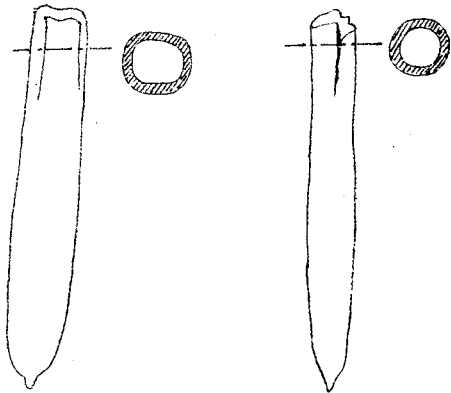
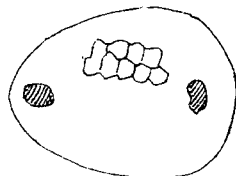
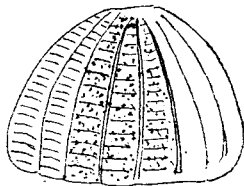
586. b) La zone à *Micraster cor anguinum* peut être étudiée à Fécamp. Elle repose sur la craie à *Micraster cor testudinarius*. Cette superposition est visible près de Rouen et même dans le pays de Bray. Cette zone se continue jusqu'à Dieppe où elle atteint une épaisseur de 100^m.

587. c) La zone à *Micraster Brongniarti* constitue le troisième niveau, on y recueille la *Belemnitella mucronata quadrata*; c'est celle qui offre la plus grande épaisseur, — forme le centre du bassin et représente par conséquent la circonférence de moindre étendue. Elle est limitée au Sud par Sens, à l'Est, par Rambouillet, Mantos, Gisors, Beauvais, à l'Ouest, par Reims & Epernay, mais vers le Nord elle se relie aux couches anglaises de même âge par un détroit dont l'axe devrait coïncider à peu près avec le cours de la Somme.

c" c Niveau supérieur, Craie de Meudon,

c' Niveau inférieur, Craie de Reims.

La Craie de Reims est caractérisée par la *Belemnitella quadrata*, dont l'alvéole a la forme d'une pyramide quadrangulaire. La craie de Meudon est caractérisée par la *Belemnitella mucronata*, dont l'alvéole est conique. La craie de Reims renferme l'*Anachytes gibba*; la craie de Meudon, la véritable *Anachytes crata*. Les rognons de silex que l'on observe dans la craie blanche étudiés au microscope sur des plaques minces

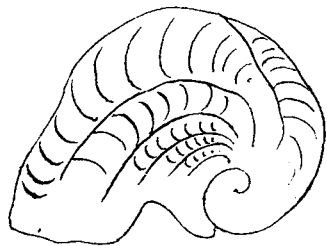
*Bellemmitella quadrata**Bellemmitella mucronata**Ananchytes breata**Ostrea Vesicularis*

laisserent voir des traces d'organismes attribués à des spongiaires : la silice dissoute dans l'eau a remplacé moléculairement la matière animale et ces zoophytes ont été silicifiés sous forme de rognons.

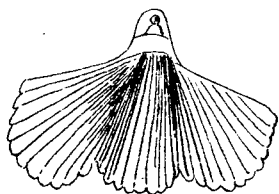
L'étude très détaillée qui a été faite de la craie de Mendon y a révélé une faune assez riche. *Ostrea vesicularis* et même des Cephalopodes, *Ancylloceras*, *Ammonites*, *Serpentes* et des formes de gastéropodes qui prévalent aux formes tertiaires. *Trochus*, *Corithes*, L^a. Dans le ouest et

dans presque tout le midi de la France, on ne trouve plus rien au dessus du tuffeau de Touraine. La mer semble donc à cette époque s'être portée vers le nord, aussi trouve-t-on cet étage dans le Limbourg, la Westphalie, le Hanovre, le Danemark et la Scanie. 588. Cependant si vous vous rappelez à la coupe des rives de l'étang de Bèze.

qui était tout à l'heure sous vos yeux, vous y verrez un étage (g) composé de marnes avec *Ostrea Mathéroniana*; -- des bancs de *Cidarina*



Ostrea Mathéroniana.



Rhynchonella Vespertillo

hirudo, c'est le niveau de la craie de Villechien. Les lignites du plan d'Aups ou du Beaussat sont d'un horizon un peu plus relevé encore: et Cognac on aperçoit des calcaires concrétionnés qui renferment le *Crin.* *craster brevis* et la *Rhynchonella vespertillo* et toute la faune de Villechien.

Dans des couches qui reposent sur celles-ci on a cru voir les fossiles de la craie blanche de Paris et en particulier l'*Ostrea vesicularis* et même des indices de fossiles de la craie supérieure, mais rien n'est moins prouvé que ces assimilations, cependant disons que dans cette région de l'Aquitaine

de la craie de Talmont, de Saintes et de Royan appartient certainement au niveau de la craie blanche.

589. Il ne faut pas oublier qu'à l'époque jurassique les calcaires du Poitou et de la Bourgogne avaient fermé les deux passes qui existaient à l'origine entre le plateau central et les massifs anciens de l'Est (Vosges) et de l'Ouest (massif breton et vendéen) de telle sorte que le bassin crétacé du midi a dû être distinct de celui du Nord. Les assimilations de fossiles deviennent donc très difficiles et c'est ce qui nous explique pourquoi la faune méditerranéenne est riche en *Radiolites*: *Hippurites*, *Radiolites* &c....,

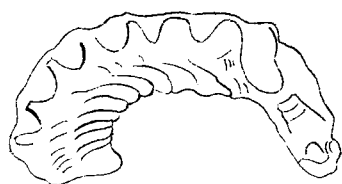
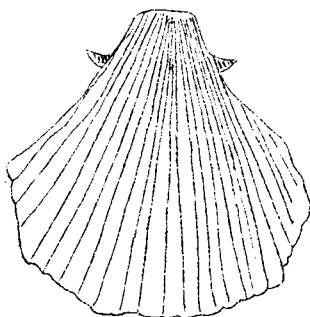
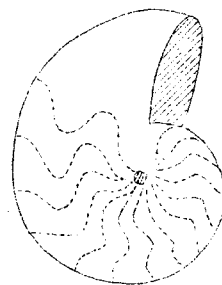
tandis que la Mer du Nord en était dépourvue ou à peu près.

Craie Supérieure ou Craie de Maestricht.

590. est près le dépôt de la craie blanche, la mer a été repoussée bien plus avant encore dans le Nord, disons même jusques dans l'extrême Nord. De cette mer se détachaient cependant quelques petits golfes dont la position a été reconnue aux environs de Paris, dans le Cotentin & en Belgique. C'est l'époque du dépôt de la craie supérieure ou craie de Maestricht. La surface de la craie blanche qui supporte la base de cet étage est d'ordinaire noyée, durcie; percée de coquilles lithographiques on voit qu'elle a été toute à toute émergée, puis replacée sous les eaux.

à Cipluy, près de Mons, on voit au dessus de la craie blanche à silex (craie blanche supérieure), une couche de marne et au dessous un calcaire à gros bancs sableux et tendre. Ce calcaire est bien plus développé encore à Maestricht à la colline de St. Pierre. Les bancs calcaires y sont formés par l'accumulation de débris de polypiers; la structure de la roche est assez lâche, on y recueille l'*Ostrea larva Jussiae quadrirostata* & *Belemnitella mucronata* qui a persisté. Le Mantille est le seul céphalopode à coquille cloisonnée que l'on trouve à Maestricht *Mantillus Danicus*.

C'est là qu'on a découvert la tête du Mosasaur dont on trouve des dents à Mendon (ancienne biotite) dans le Cotentin,

*Ostrea Larva.**Savira quadricostata.**Nautilus danicus*

près de Valognes on retrouve dans des calcaires les fossiles de Ciplly; accompagnés des derniers représentants des céphalopodes à coquille chamberée dont les cloisons ont des bords compliqués. Ce

sont de véritables ammonites dévoniennes, des Baculites.

*Machoire du Mosasaurus.*

Il en est de même en Danemark et en Suède.

Le niveau des couches crétacées de l'île de Faxø est celui de la craie de Macédoine comme le prouve la présence de Nautilus danicus.

*Baculites.*

et Meudon on rencontre sur la craie blanche un calcaire ^{appelé pimprisp} psittacique, qui est de l'âge du calcaire de Macédoine. M. Elie de Beaumont l'avait affirmé dès le début et l'étude

des fossiles a montré à M. Aléber qu'il en était ainsi. -
 et à Mont Aigné, près de Dormans (Marne) on observe ce
 niveau. On y trouve des crocodiles et des poissons.

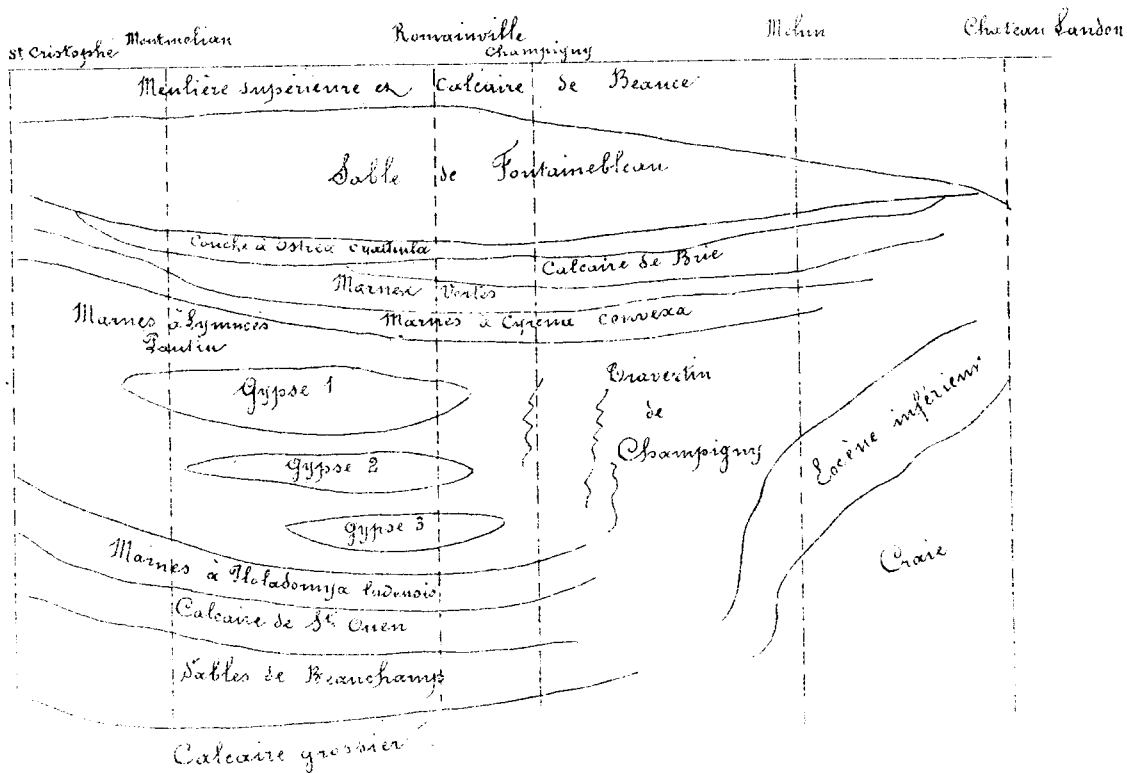
À Laverdun, près de Beauvais on peut aussi étudier le
 niveau de la craie de Maëstricht. A partir de ce point, ce
 horizon manque jusqu'en Belgique, et on ne peut fixer la position du
 canal qui relie le petit bassin parisien avec celui de la Belgique
 et de la Hollande.

Terrains Tertiaires

591. Les dépôts tertiaires ont été effectués dans des lacs, des mers et des lagunes. Ces divers genres de dépôt alternent et s'enchevêtrent dans les diverses parties d'un même bassin, la même surface a été successivement : mer, lagune ou lac. Les dépôts de la période tertiaire sont d'ailleurs peu épais si on les compare à ceux des époques primaires et secondaires. Publiés par Werner en confondant avec les terrains de transport de la surface, ils ont été pour ainsi dire découverts par Cuvier et Bronquart (1811). Ces savants ont fait des couches tertiaires des environs de Paris, une étude détaillée, qui a toujours été considérée comme le modèle des descriptions géologiques.

Le bassin parisien est assez étendu, il se poursuit jusqu'en Belgique et dans le Sud de l'Angleterre. Il nous laisse voir l'un des traits les plus caractéristiques de l'époque tertiaire : à savoir l'extrême mobilité du sol, qui a de nombreuses reprises, suivant son altitude, sa position par rapport au sphéroïde moyen des eaux, a reçu des sédiments marins, ou des sédiments d'eau douce.

On ne peut plus établir de contemporanéité exacte, entre les parties éloignées des mêmes couches. La figure ci-jointe, dessinée par le savant professeur de la Sorbonne; M. Debois, vous montre que le



développé au centre du bassin, manque ailleurs, que le calcaire grossier fait défaut vers le Sud, etc.

592 La variabilité et la localisation des dépôts, de même que l'abondance des dépôts lacustres, témoignent d'un régime continental. Les terres fermes semblent aujourd'hui prédominer sur les eaux. La période insulaire est finie, la période continentale commence. Les débris d'animaux terrestres entraînés par les eaux superficielles se retrouvent dans les sédiments marins ou lacustres. Les oiseaux, ces êtres essentiellement continentaux, abondent dès la base. Bref, les animaux à sang chaud,

deviennent de plus en plus nombreuses. Dans le calcaire de Valogne, (craie supérieure). Nous citons encore des Baculites, c'est à dire des céphalopodes à coquilles obisomées. De ces vigoureux nageurs, on ne trouve plus que le Tantite, il n'y a plus ni belemnites, ni ammonites. La faune malacologique prend des ressemblances presque complètes avec l'actuelle. Les foraminifères sont des êtres qui ont apparu à côté des premiers trilobites. On veut même aujourd'hui de l'écozon canadienne faire un foraminifère; mais les nummulites sont caractéristiques entre tous les fossiles tertiaires par leur abondance. On les rencontre depuis les assises inférieures, jusqu'à l'étage des sables de Fontainebleau.

593. A la fin de la craie, de grands changements ont été opérés, la mer a été rejetée vers les pôles et tous les continents de notre hémisphère jusqu'au 60° parallèle, paraissent avoir été émergés. La faune crétacée a donc dû inévitablement périr. Mais la mer est revenue graduellement de ses confins septentrionaux couverte de nouveaux continents, au moins en partie, et surtout reprendre possession de cette zone, où nous la retrouvons toujours aux époques de grandes formations, Lias, oxfordien, Néocomien; zone élastique, oscillatoire, s'étendant de l'Espagne par les deux rivages de la Méditerranée, l'Asie Mineure et la Perse, jusqu'à l'Inde et au Japon. C'est là qu'il faut aller étudier les grands dépôts de cet âge; le terrain nummulitique. Mais la description que nos savants français ont donné du bassin de Paris, est devenue tellement classique que c'est à nos horizons que l'on compose les étages tertiaires des autres régions. Il faut donc d'abord apprendre à connaître la constitution de notre sol parisien :

Tableau :

594. Pliocène { 2. Forer bed de Norfolk - St. Peter près Chartres;
1. Crag. Sables d'Asti et de Montpellier.

Miocène { 3. Falun de Touraine;
2. Calcaire lacustre supérieur (Beauce);
1. Grès et sables supérieurs (de Fontainebleau).

Eocène { 4. Calcaire lacustre moyen et gypse;
3. Grès et sables moyens de Beauchamps;
2. Calcaire grossier;
1. Sables inférieurs.

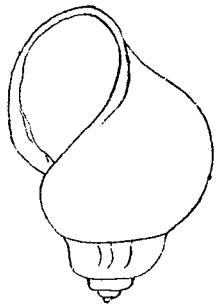
Terrain Eocène.

595. Autrefois on disait que le terrain le plus inférieur du bassin de Paris, était l'argile plastique, mais en somme ce sont les sables qui à ce niveau inférieur, jouent le rôle principal.

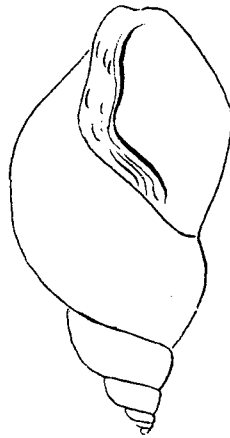
1. Sables inférieurs. { a) Sables de Cuise-Lamotte;
c) Argile plastique et lignite;
b) Sables de Bracheux;
a) Sables et calcaires de Rilly.

596 a) C'est M. Drouot qui le premier a signalé l'étage le plus inférieur (1. 2). Celui des sables de Rilly-la-Montagne, près de Reims. On y rencontre des parties assez pures, pour que l'on puisse mettre ces sables à profit dans la fabrication du cristal, (Cristallerie de St. Gobain). On dirait un véritable dépôt chimique. Suit un calcaire marneux, renfermant des coquilles d'eau douce et terrestres, physa gigantea, paludina aspersa, helix hémisphérique. On observe

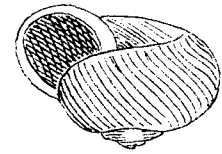
ces calcaires près de Sézanne (Marne). On prétend que l'on a retrouvé dans les Indes des coques analogues avec *Physa gigantea*.



Paludina Aspersa.

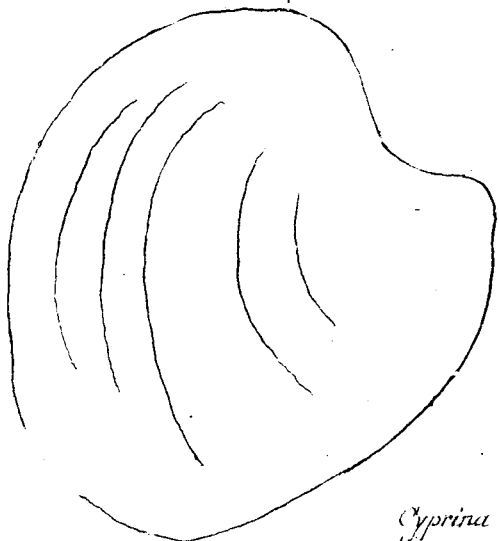


Physa gigantea

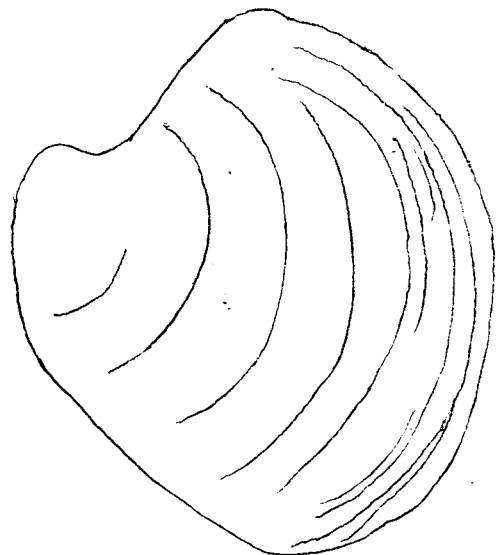


Helix hénisphérique

597. b) Sables de Brachaux. — Les couches marines qui s'étendent sur celles de Rilly ou à leur défaut sur la craie sont les sables appelés S. de Brachaux (près Beauvais), bien qu'on les reconnaisse à Compiègne, Soissons, Reims, Epernay et Laon. Sur bon nombre de points les parties supérieures de cette assise passent au lignite; par exemple de Compiègne à La Fère, et de Sézanne à Reims. (Fossile caractéristique des sables: *Cyprina scutellaria*). Dans les parties supérieures des coquilles d'eau saumâtre: *Cyrena*, *melanopsis*; les ossements d'une tortue et d'un mammifère, *artocyon primævus*. C'est le plus ancien des mammifères du terrain Parisien.



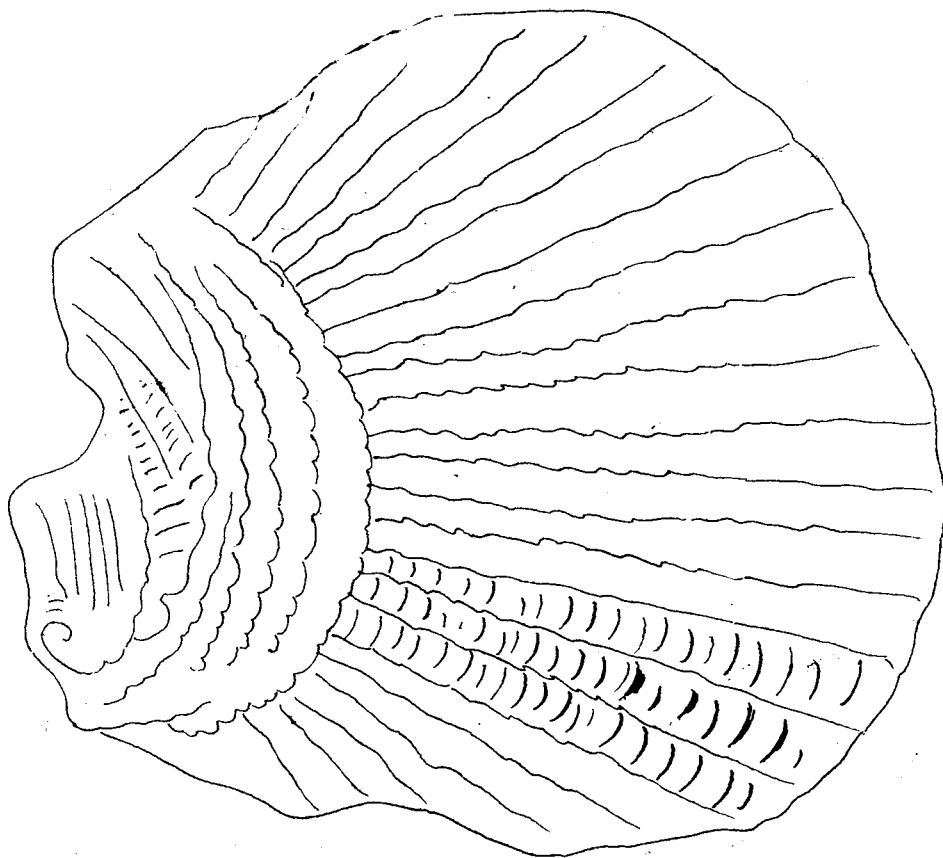
Cyprina scutellaria



598. c) Argile plastique en lignites. C'est l'étage le plus intéressant au point de vue industriel. Ce sont des argiles bleuâtres, grises, rouges, panachées, très plastiques, renfermant de la pyrite de fer et des cristaux de gypse, mais pas de fossiles d'animaux. Sur les argiles reposent quelques lits de lignites, recouverts eux-mêmes par des argiles impures jaunâtres, bleuâtres, (fausse glaise), alternant avec des couches sableuses de même coloration, dont les plus supérieures, renferment en abondance

des huîtres et en particulier, l'*Ostrea Bellovacina*. Ce horizon est-il au dessus ou au dessous de celui des sables de Bracheux? On ne saurait le dire. A Châlons sur Vesle, à Chénay, le sable de Bracheux est placé au dessous du calcaire grossier, comme l'est à Meudon

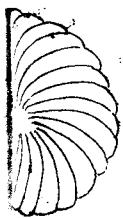
Ostrea bellovacina.



l'argile plastique. Orès de Paris l'argile plastique repose sur la craie dont la surface est profondément ravinée. Preuve qu'entre la craie et les premiers dépôts tertiaires parisiens, il y a une lacune. Sur la rive gauche de la Seine, la base de l'argile plastique est un conglomérat composé de fragments de craie et de calcaire pisolithique, comblant les dépressions de la surface ondulée de la craie. Il résulte de ces ravinelements que l'épaisseur de l'argile plastique est variable. Le maximum d'épaisseur est près du fou de Vincennes, 54 mètres. On a trouvé à ce niveau des débris de crocodiles, des mammifères : *anthracotherium*, *Coryphodon*, et le tibia d'un oiseau gigantesque, le *gastornis parisiensis*, dont la taille devait être près du double de celle de l'Autruche.

599. 2) Sables de Cuipe Lamotte. (Eure de Compiègne).

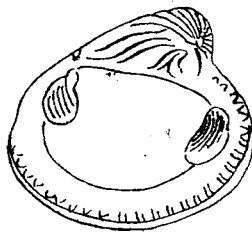
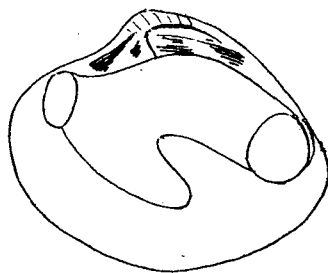
Après le dépôt de l'argile plastique et des lignites, les eaux de la mer ont occupé la presque totalité du bassin, et ont laissé déposer des sables très bien visibles à Cuipe Lamotte, mais qui manquent dans les environs de Paris et dans le Vexin, où le calcaire grossier repose directement sur l'argile plastique. Ce sont des sables jaunes et micacés dans le bas, verts et glaucomieux dans les parties supérieures, offrant quelquefois des bancs de grès, renfermant beaucoup de fossiles, parmi lesquels domine le *Nummulites planulata*. C'est le premier horizon de nummulite du bassin de Paris. Ajoutons *Cytherea nitidula*, *Cardita planicosta*, *Turritella imbricata*, *Neritina Conoides*.



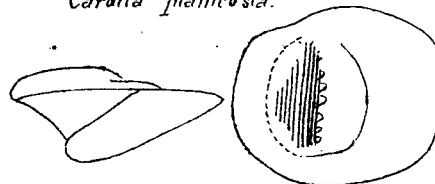
Nummulites planulata.



Cytherea Nitidula



Cardita planicosta.



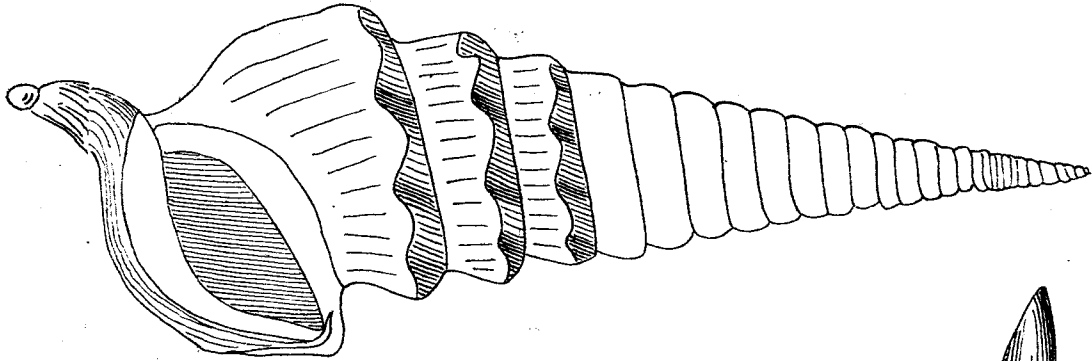
Neritina Conoides



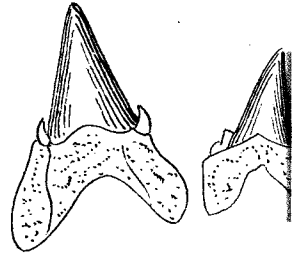
Turritella imbricata

600. 2^o. Calcaire grossier.

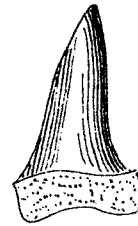
- d) Caillasse;
- c) Supérieur;
- b) Moyen;
- a) Inférieur.



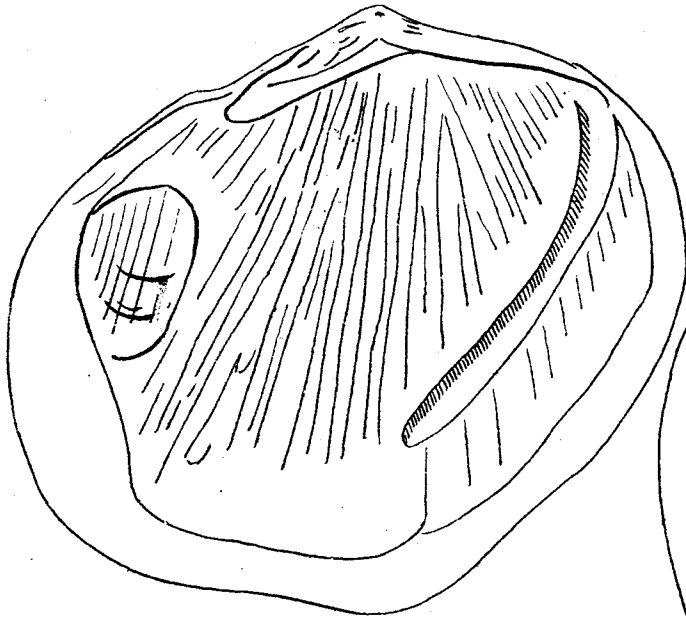
Cerithium giganteum



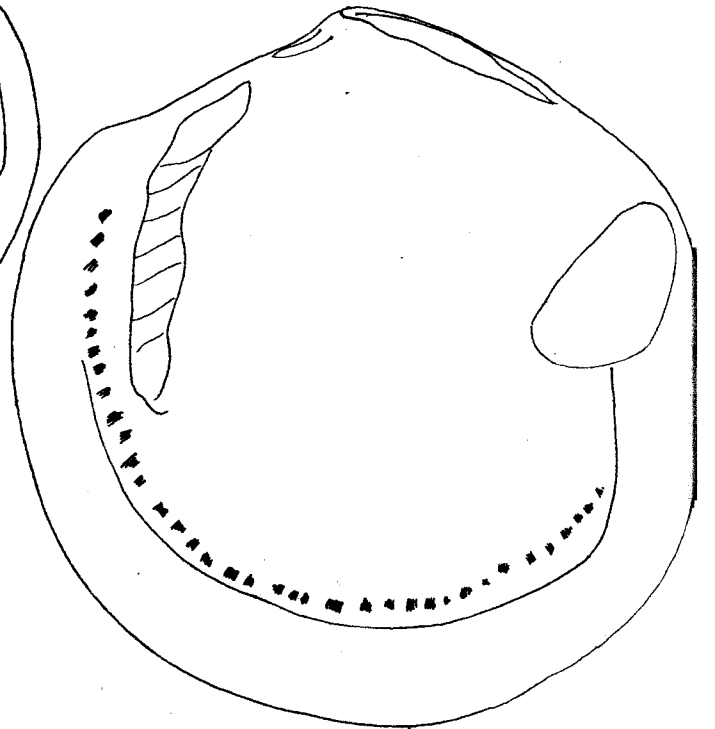
Otodus



Oryphia



Lucina mitabilis.



Lucina gigantea.



Nummulites Lavigata.

La plus grande épaisseur de cette assise a été reconnue entre Mantos et Laon. Elle s'amincit à l'Est et à l'Ouest et vers le Sud, elle ne s'étend pas à trois lieues au delà de Paris.

601. a) Calcaire grossier inférieur. On trouve à la base des bancs composés de grains de quartz, et de glauconie grossières, réunis par un ciment calcaire à texture lâche. On y trouve en abondance des dents de squales. Au dessous, sont des couches d'un calcaire verdâtre fournissant des moellons de mauvaise qualité. C'est le banc St. Jacques des Carrières. Il est exploité à Booy et à Naugirard. C'est le niveau du *Cerithium giganteum*, *cardita planicosta* qui subsiste, *Lucina gigantea*, *Lucina mutabilis* et *mammulites laevigata*. C'est donc le second niveau des mammulités qui dans le Nord et dans l'Est du bassin, en particulier à Conzy peuvent être ramassés à poignée. Près de St. Lou (Oise), cette pierre prend un grain très fin et durcit à l'air. Elle a été mise à œuvre dans la construction de la Cour intérieure du Louvre.

On y trouve en abondance un oiseau caractéristique, *Actinotrochilus affinis*. Ces bancs ont été exploités aussi, pour la construction du pont de Neuilly. Sur les limites du bassin, le calcaire grossier passe à l'état sableux, et on peut alors recueillir ^{beaucoup de fossiles} dans un état parfait de conservation, (Chaumont, Liancourt, Damerzy).

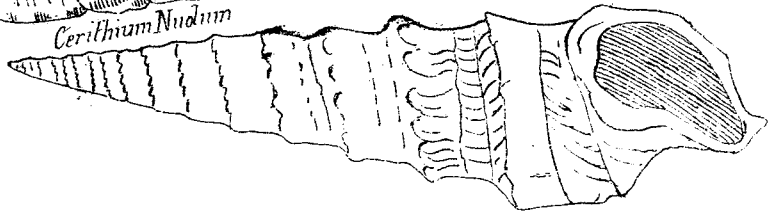
602. b) Calcaire grossier moyen. C'est un calcaire tendre qui est employé dans la construction des façades de toutes les maisons de Paris. Quand on examine avec un instrument grossissant une cassure fraîche, on reconnaît que la pierre est tout entière composée d'une accumulation de petites coquilles arrondies, à structure spirale. Ce sont des foraminifères du genre *milliolite*. Les parties tendres sont appelées vergelés; les parties dures qui sont les supérieures sont appelées bancs royaux. Dans le centre du bassin, ce horizon est pauvre en fossiles, mais sur les bords sableux, on y trouve au contraire une abondance tout à fait exceptionnelle d'êtres organisés. *Terebellum sopitum*, *Cerithium medium*, *Cerithium serratum*, *Cardium aviculare*. (Liancourt, Damerzy, Grignon).



Terebellum Sopilum

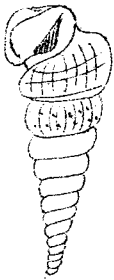
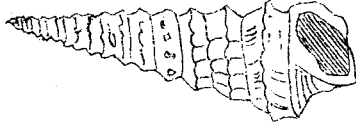


Cerithium Nudum



Cerithium Serratatum

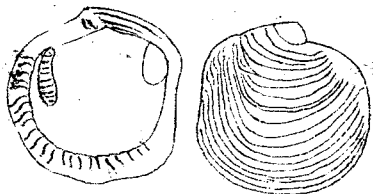
603. Le Calcaire grossier supérieur. Près de Paris, il commence par un banc verdâtre, assez dur et marneux appelé banc vert. On le trouve dans tout le bassin avec les mêmes fossiles, Cerithium lapidum et Cerithium cristatum. Il est recouvert par des calcaires.

Cerithium
LapidumCerithium
Cristatum

Dans les bancs sont séparés par de petites couches de marne. C'est la roche ou le calcaire à cerithes, car on y recueille pas moins de 120 formes différentes de cerithes. Le Cerithium cristatum

est le plus commun. Il est accompagné de la Lucina Saxorum.

C'est la pierre de Crouy qui a été employée dans la construction de l'édifice de retraite du nouveau Louvre.



Lucina Saxorum

A certaines places les bancs sont suivis par d'autres bancs à grains plus fins fournissant la pierre de Liais, exploitée naguère près de Senlis. On en trouvait autrefois des

blocs considérables, comme le prouve la galerie des 28 statues de rois qui décorent la façade de N. D. de Paris. Ces statues n'ont pas moins de 3^m 70 de hauteur, et pour remplacer celles qui avaient été brisées au moment de la Révolution, la pierre a fait défaut aux environs de Paris et M. Viollet le Duc a été obligé de l'emprunter à la Bourgogne. (Voir S 562 pierre de Connerre ou calcaire à Diceras.) On en trouve

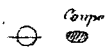
encore cependant quelques bancs à Nanterre, c'est là que Cuvier a rencontré les débris d'un mammifère éteint, voisin des tapirs, qu'il a appelé *Lophiodon*.

604. 1) Caillassees. - Cet étage qui conduit développé dans les départements de l'Aisne et de l'Oise, est immédiatement lié à celui du calcaire grossier. Il consiste en alternances de mauvais calcaires argileux, que les ouvriers appellent Caillassees et de marnes feuilletées avec coquilles lacustres, terrestres et marines. On y rencontre aux environs de Nanterre, un calcaire érayeux appelé improprement tripoli de Nanterre, et de la chaux carbonatée revêtant les formes cristallines du gypse.

3° Grès & Sables moyens.

605 On les appelle assez souvent grès et sables de Beauchamps. On aperçoit cet étage depuis Epemay jusqu'à la limite du département de l'Eure, dans le bassin de la Basse-Seine près de la Ferté et tout près de Paris à Beauchamps.

Ce sont des sables quartzeux, en général peu colorés (on en observe encore un petit lambeau, rue des Ecoles, c'est le niveau du Jardin du Luxembourg) Ces sables sont parfois consolidés et donnent des grès. On y distingue plusieurs niveaux. Le premier, où l'on trouve encore quelques fossiles du calcaire grossier, probablement remanier, mais avec des fossiles propres, beaucoup de coraux, et la *Nummulites variolaria*. Le deuxième niveau consiste en



Nummulites variolaria.
grossie au double.
Coupe horizontale.

sable où l'on ne voit plus de *Nummulites* et, est celui de Beauchamps et d'Attainville. On en tire des pavés. Ces sables sont en effet assez souvent agglutinés par un ciment calcaire, qui, sur certains points devient prédominant et fait passer la roche à un calcaire sableux, comme à Etrépilly dont on a en

le tour d'employer la pierre dans la construction de l'Hotel de Ville.

Les fossiles de cet horizon conservent leur test calcaire, *Cerithium mutabile*, *tuberculatum*, *Cyrena deperdita*. Le niveau supérieur est un sable argileux encore calcaire, même près de Paris, passant à la marne à Attainville. M. le M^{rs} de Raincoeur, y a recueilli près de Verneuil, près de 300 espèces de fossiles. *Avicula fragilis*, *Ancula deltoidea*, *fuus polygonus*.

606. 4° Calcaires lacustres c) Calcaire de Brice et Meulière,
moyen et } b) c) Marnes & Gypse,
gypse. } a) Calcaire de St. Ouen.

Après le dépôt des sables de Beauchamp, le bassin de Paris a été momentanément émergé, la mer s'en portée vers la Belgique et il s'est formé à la surface du sol des dépôts lacustres, mais elle en revint bientôt après reprendre possession de son domaine. L'ensemble de ces dépôts d'origine différente, occupe la surface d'un triangle rectangle isocèle, dont la base est dirigée de Reims à Louviers (Eure), le sommet serait à peu près à Château-Landon.

607. a) Calcaire de St. Ouen. C'est un calcaire assez mal stratifié, renfermant parfois des silex, sur certains points, très dur



Planorbis rotundatus



Cyclostoma munia



Lymnea longicauda

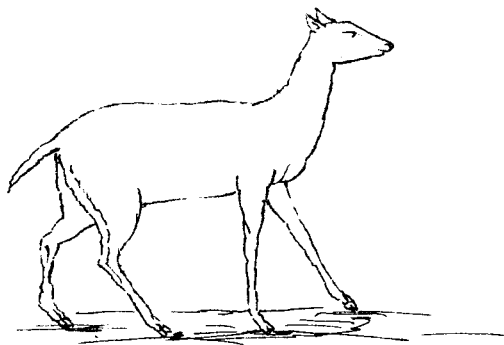
comme dans le Département de Seine-et-Marne, par exemple mais presque partout ailleurs à texture lâche. On a pu l'étudier fort bien au moment où l'on a fait les travaux de la place de l'Europe. L'on y recueille la *Lymnaea longicauda*, *Cylobatoma unniica*, *Planorbis rotundatus*, et des fruits de *Ebara*, des fruits de *Galmiers* et de *Cocotiers* moulés en silice.

608. b) Marnes et gypse. Mais la mer fait de nouvelles irruptions dans notre bassin de Paris, et il s'y dépose des couches de marnes offrant la *Pholadomia ludensis* et le *Fucus bulbiformis*. Ces marnes sont suivies d'autres couches de même composition, mais plus récentes, avec quelques lits gypseux. Elles se présentent une lentille considérable de gypse saccharoïde, - 3^e masse, recouverte par une puissante couche de marnes renfermant la 2^e masse avec cristaux en fer de lance. Commence une nouvelle série de marnes où se trouve emprisonnée la lentille la plus considérable de gypse qui est fort épaisse et divisée en plusieurs bancs, par des cordons marneux secondaires (1^{re} masse). Cette dernière masse présente dans sa partie supérieure des divisions prismatiques dues au retrait (hauts pilivés).

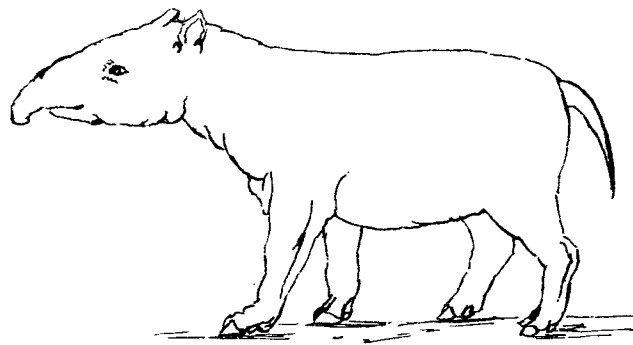
Ce sous étage se termine par des marnes et calcaires à chaux hydraulique, les marnes jaunes à *Cyrena convexa* et enfin des marnes vertes avec *Strophia sulfatée*.

609. Les couches de gypse renferment de nombreux ossements de *Pachyderma*. C'est en les étudiant que Cuvier fonda l'anatomie comparée et l'ontologie. Ces animaux appartiennent à la classe des mammifères. C'est le *Palaotherium*. Dont les dents molaires, rappellent le type *Rhinoceros*, avec trois incisives et une canine aigüe, trois doigts aux pieds de derrière: on croit qu'il était pourvu d'une trompe analogue à celle des tapirs, sa taille égalait

celle du Rhinocéros de Java. C' est en suite l'Anoplotherium



Anoplotherium gracile.



Palaeotherium magnum

tournant au contraire au type ruminant, de la taille d'un âne. Toutes ses dents sont égales, les canines ne forment point de défense, il n' avait que deux doigts aux pieds de derrière.

610. Quand on examine une carte, où sont représentées les buttes gypseuses des environs de Paris, on voit qu'elles forment plusieurs séries de lignes parallèles orientées E.-O. avec une légère déviation vers le Sud. Ces lignes prolongées jusqu'en Suisse, vont passer par le dépôt du Siderolite de Chaud-de-Fonda, où l'on trouve encore des argiles avec *Palaeotherium*, *Anoplotherium* et cristaux de gypse. Cette direction d'alignement est parallèle à la chaîne des Pyrénées. Les marais du gypse renferment des animaux marins. Elles ont donc été déposées dans des lagunes d'eau salée, mais nous avons vu que le gypse est dû à ces émanations d'acide sulfhydrique (voir S/214), venant de l'intérieur. Les fissures par lesquelles ce gaz est arrivé sont donc parallèles à la direction de la chaîne des Pyrénées. Or, cette chaîne a prin,

à très peu près, son relief actuel à cette époque, et l'on sait que toutes les sources des Pyénées sont sulfureuses. Il est donc tout naturel de trouver des composés à base de soufre, prendre naissance à une époque où des sources profondes ont permis à cet élément de venir au jour.

Sur certains points, ainsi que l'a fait remarquer M. Hébert le gypse est remplacé par un calcaire d'eau douce, un Travertin, à Champigny par exemple.

611. Calcaire de Brie ou meulière. Ce sont des calcaires friables renfermant des rognons siliceux très plats, accompagnés de véritables pierres meulières exploitées à la Ferté-sous-Jouarre. C'est le sommet du terrain éocène.

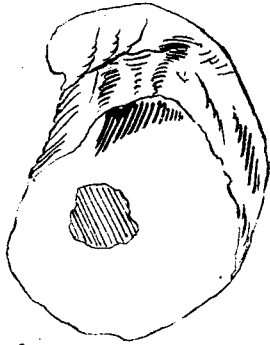
Terrain Miocène.

612 Ici se place une séparation bien tranchée, séparation que l'on retrouve d'ailleurs dans les autres bassins Tertiaires. En France le lit de la mer s'élève vers le N.-E. pour dérober les eaux vers le S.O. déterminant ainsi une distribution nouvelle des eaux et des continents.

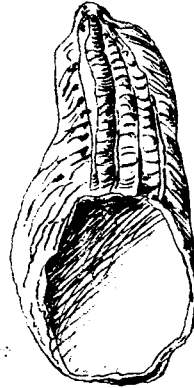
1°. Grès et sables supérieurs.

613. On trouve d'abord des marnes marines, qui n'atteignent jamais que quelques mètres de puissance. Au sud du bassin de Paris, on les voit apparaître jusqu'à Château-Landon, mais on ne les aperçoit ni à l'Est ni à l'Ouest. Ce sont des marnes très argileuses, parfois sableuses, qui renferment l'*Ostrea Cyathula*, l'*Ostrea longirostris*, la *Natica Crassatina*. C'est la base des sables et grès. On observe l'étage supérieur, à Paris, à Versailles, à

Montmorency) et surtout à Fontainebleau. Ce sont des sables



Ostrea Cyathula.



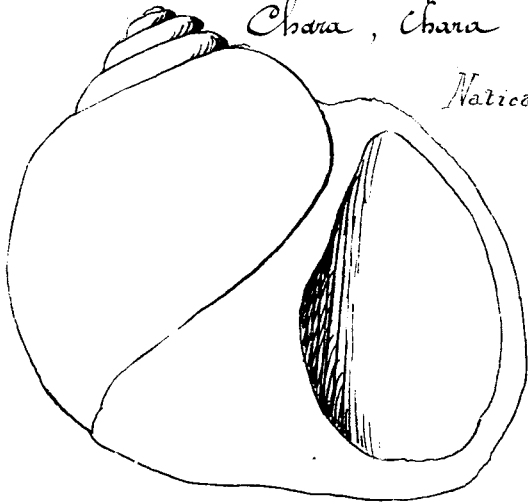
*Ostrea
longirostris.*

quartzeux micacés, de couleur blanche, exceptionnellement colorés en rouge comme à Romainville, plus souvent en jaune. Ces sables sont fréquemment agglutinés dans leur partie supérieure par des sucs calcaires. Le ciment a fréquemment cristallisé et alors la roche reproduit la forme d'un rhomboïdre aigu, dérivé du rhomboïdre primitif de la chaux carbonatée (Voir §/137). Les grès prennent dans leur ensemble des aspects très pittoresques et rappellent les ruines d'anciens édifices (forêt de Fontainebleau, Nemours, Mallesherbes, Milly, &c.). Les fossiles sont rares à Fontainebleau : on en trouve au contraire dans le parc de Versailles et près d'Étampes : *Natica crassatina* qui persiste, *Cerithium elegans* et dans les niveaux les plus relevés *Cerithium trochleare* & *Cytherea Splendida*.

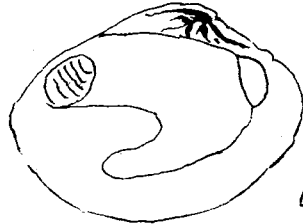
2. Calcaires lacustres supérieurs.

614. Cet étage est désigné sous le nom de calcaire de France. On l'observe dans l'Est du bassin de Paris, à Villers-Cotterêts, couvrant les terres sableuses. On le retrouve au Sud et au S. O. formant la partie supérieure du plateau compris entre Montargis, Orléans & Chartres. Il se poursuit plus loin encore dans le S. O. jusques dans la Touraine. Les eaux où a été déposé cet étage ont été rejetées au delà des limites du bassin, où s'étaient précipités les sables supérieurs, et dans ces limites extrêmes, ils reposent

en stratification transgressive sur les terrains crétacés et jurassiques. Ce sont des calcaires et marnes sacuotées avec agate et jaspe riches en fossiles, près de Meung, par exemple. En y trouve des graines de *Chara*, *Chara Medicaginula*, des Lymnées, *Lymnaea Cylindrica*, *L.*



Natica Grassatina



Githærea splendida



Gerithium Trochlearre



fabula. Les couches qui suivent, renferment les mêmes fossiles; ce sont des marnes jaunâtres ou rougeâtres, contenant des lits morcelés

de silex cavités; c'est-à-dire des meulrières. On les exploite comme pierre de construction à Meudon et à Rambouillet, ainsi que sur le plateau de la Beauce. Mais si l'on se dirige de la Beauce vers Orléans, ces marnes deviennent des calcaires, où la silice se distribue uniformément; ce sont les calcaires siliceux de l'Orléanais (Pierre de la Cathédrale de Chartres).

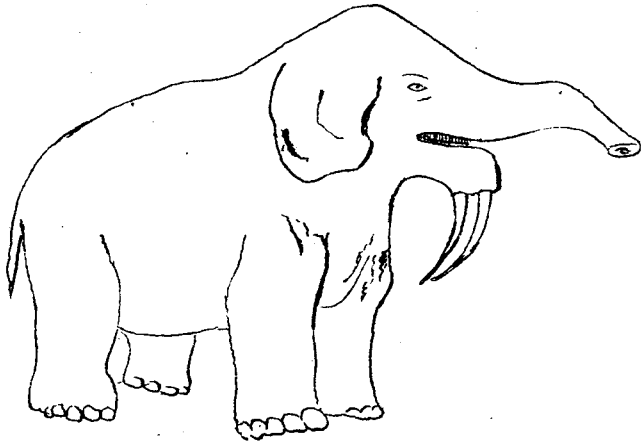


Chara Medicaginula

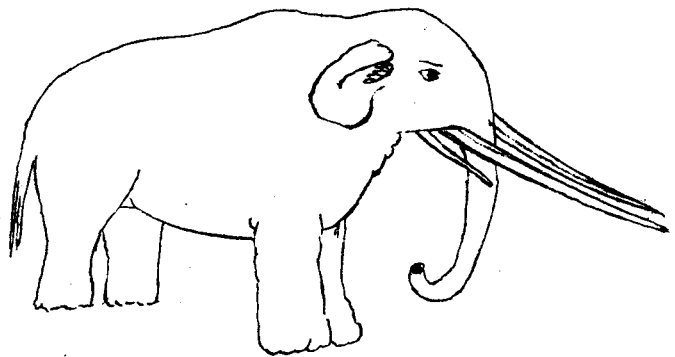
3° Faluns de Touraine.

615 Au-dessous du calcaire de Beauce, on trouve en Sologne un dépôt sableux. Ces sables exploités à Veuville au bois, ont fourni des ossements appartenant à de grands mammifères, à savoir: des Rhinocéros, des Mastodontes, et des Dinotherium. En Touraine, l'on trouve des couches de cet âge; c'est un dépôt littoral de coquilles brisées et mêmes roulées (faluns) (indiquant une mer peu profonde) mêlés à des sables quartzeux grossiers, comme à Forzière l'Orléanais, passant, comme à Pontlevoy, à un calcaire coquilles, à grains fins. On y observe des coquilles fluviales et terrestres, des os de mammifères, des coraux, des bryozoaires. Toute cette faune n'offre presque aucune espèce commune avec celle des étages précédents:

C'est donc là un étage bien distinct. Le *Dinotherium* était un animal dont la taille dépassait d'un tiers celle de l'éléphant actuel, énorme proboscédien, fort pacifique en dépit de son nom, qui ne doit rappeler que sa taille gigantesque. On a trouvé une tête entière à Eppelsheim (Hesse Darmstadt), elle a 1^m 28 de longueur,



Dinotherium giganteum



Mastodon augustidens.

il portait à la mâchoire inférieure deux énormes défenses recourbées vers le bas. Les dents sont du type tapir. La forme des fosses nasales nous apprend qu'il était pourvu d'une trompe. Cet animal, qui se nourrissait probablement de palmier, se servait de ces défenses pour renverser ces arbres. Le mastodonte était plus petit que nos éléphants. Il avait quatre défenses, deux en haut et deux en bas. Ses dents étaient rectangulaires, en courbes de protubérences, monées, rangées par paires.

Quant aux Rhinocéros de cette époque, ils offraient les combinaisons les plus bizarres : l'un avait deux cornes, toutes deux en haut un autre, deux cornes placées latéralement, un troisième était dans cornes.

616. Mais revenons maintenant à notre grand dépôt méditerranéen. Les couches les plus anciennes de l'Éocène méditerranéen paraissent être à l'âge des sables de Cuisse. En effet, on y trouve la Nummulite planulata, constituant à Paris notre premier horizon de Nummulites. On n'y voit rien d'aussi ancien que la base de l'Éocène parisien. Quoi de plus naturel ? Cette large zone élastique de l'écorce terrestre que nous avons vu toujours en mouvement, était exondée à la fin de la période crétacée, elle s'est affaissée au commencement des temps tertiaires, mais elle n'a pu évidemment être immédiatement recouverte par les eaux vers ses limites extrêmes, les seules observables aujourd'hui. Près de Biowitz, on ne trouve rien qui remonte à un âge plus reculé que les sables de Cuisse, rien non plus au delà de l'horizon de la Nummulite laevigata. Dans les Alpes Maritimes, on trouve un groupe nummulitique, qui affecte la forme d'un golfe placé sur les limites de la France & de l'Italie, se prolongeant jusque dans la Savoie et se terminant entre St. Jean de Maurienne & Montiers. Le savant explorateur des Alpes, M. Lory, l'appelle le Golfe Ligurien. Sur le versant méridional des Alpes entre la Vénétie et le Vicentin, on trouve un second golfe nummulitique, que M. Lory appelle le Golfe Autrichien. Les dépôts sédimentaires y sont associés à des nappes de roches éruptives, qui ont été épanchées quand le dépôt était en voie de formation et alternent avec les couches stratifiées. C'est le terrain calcaire Trippien de Brougniers. et c'est, reposant sur la craie, on voit les fossiles du calcaire grossier à côté des nummulites. De même, près d'Annecy, aux L'ablerets, la partie inférieure du terrain nummulitique apparaît

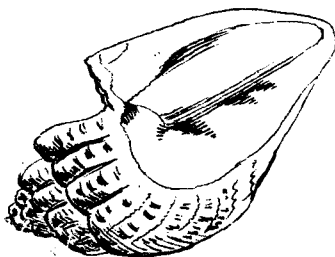
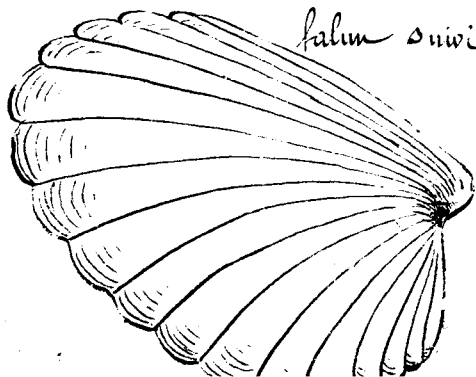
encore à ce niveau élevé. et Gap, on trouve des fossiles d'âges divers, depuis celui des sables de Cuise, jusqu'à celui des sables de Fontainebleau, réunis dans une petite couche. C'est évidemment un même flux qui a apporté là des débris de fossiles. Nous assistons à l'affaissement successif de cette région.

Dans l'Aquitaine, près de Blaye, on voit un calcaire à texture lâche, avec l'Echinolampas du calcaire grossier parisien. Dans le Médoc, sur ce calcaire en repose un autre qui est aussi de l'âge éocène, car il renferme les *Labeothecium* du gypse parisien, et plus loin, vers Beaupuy, des *Anoplothecium*. Le calcaire de Beaupuy est surmonté d'autres calcaires renfermant des *Estécies*, avec *Marnes* à *Ostrea longirostris*.

Dans la Vallée de l'Adour, on trouve un dépôt de sable marneux, bleuâtre ou jaunâtre, exploités à Gaxos, renfermant les fossiles du sable de Fontainebleau. C'est l'horizon du calcaire à *Astécies*.

Dans le bassin de la Gironde, le calcaire à *Astécies* est surmonté d'un calcaire d'eau douce avec *Symna fabula*. C'est donc l'équivalent de la meulière de Brance. L'on trouve alors une succession de couches sableuses formant un même groupe correspondant aux sables de Sologne et aux faluns de Courraine. A la base, ce sont des sables jaunes (Métignac) ou bleus (Sancato) recouverts à St. Avit, Bazas et St. Paul de calcaires d'eau douce. Le tout surmonté d'un falun, visible à Léognan (Gironde) avec *Lancellaria acutangularis* des faluns de Courraine. Le système de falun suivi d'un dernier observable à Sancato et à Salles avec

Cardita Jouanneti



Lancellaria acutangularis.

Cardita Jouanneti également signalé dans les faluns de la Courraine.

617 Le terrain miocène ou molasse

existe dans les Alpes, mais il est bien distinct de la formation nummulitique, car ces deux dépôts ont été effectués dans des dépressions distinctes. Le terrain y est très épais, il atteint fréquemment une puissance de 1500 mètres. C'est le Cragno des Italiens, le Flysch des Suisses. Il a participé à toutes les dislocations, à tous les plissements qui ont façonné les Alpes suisses et françaises. La plupart du temps, il consiste en grès, offrant des empreintes de plantes marines, mais il s'est aussi déposé des argiles, qui pincées dans les plis ^{des autres couches bouleversées} ont dégénéré en ardoises; près de Barcelonnette, par exemple. (Voir Origine des ardoises § 260). Les dislocations ont été très violentes près de Barcelonnette; des couches y ont subi des dénivellations de plus de 3,000 mètres.

618. Les cataclysmes, qui ont façonné d'une manière définitive la grande chaîne des Alpes et nous entendons par cette expression, les Alpes, l'Himalaya ^{une partie} des Apennins et le Caucase; ces dislocations, disons-nous, combinées avec celles, qui ont eu lieu à l'époque éocène, ont eu pour résultat de déterminer des reliefs plus accidentés, et d'étendre la surface des continents. Dans l'Himalaya, par exemple, le terrain nummulitique a été porté sur quelques points à des altitudes de 5,000 mètres, sans perdre son horizontalité.

Comme dépôt supérieur de cet étage, nous citerons les lignites de la Tour du Pin, les couches de Cucuron, avec des fossiles d'Alcipparion correspondant à ceux de Tikeoni en Grèce. Les couches d'Aninigen. Sur 400 espèces de plantes recueillies dans cette localité, 300 appartiennent à des espèces actuelles et elles témoignent d'un climat comparable à celui de l'Égypte. En Islande, dans le Groënland, dans le Spitzberg, on trouve des bois fossiles dont les essences sont caractéristiques de la flore de l'Amérique septentrionale. Donc, vers la fin du Miocène, notre continent européen ne faisait qu'un avec le continent américain, dont nous avons

évidemment regus notre flore. On trouve dans le Groënland, des végétaux miocènes, qui supposent une température supérieure de 15° à celle du climat actuel de cette contrée.

Mais cet état de choses a pris fin, la formation de plateaux élevés et de très hautes montagnes ont déterminé un abaissement de température, qui jusqu'ici n'aurait pu se produire, et nous allons voir bientôt les climats se modifier, et d'immenses glaciers prendre naissance.

Terrain pliocène.

Fig. Les Couches de cette époque apparaissent sous forme de dépôts assez étendus dans le bassin de la Méditerranée. Les bancs y ont conservé leur horizontalité originelle, mais ont été soulevés au dessus du niveau des eaux, en vertu de ces mouvements locaux de l'écorce terrestre, que nous avons suivis pendant toutes les périodes géologiques, qui se manifesteront encore pendant toute la période quaternaire et que nous observons aujourd'hui en Scandinavie aussi bien que dans le grand Océan.

En Italie, ce sont des marnes et des sables, les assises inférieures sont bleues, les supérieures jaunes, avec des faunes un peu différentes à ces deux niveaux. Ces couches (marnes subapennines) règnent tout le long de la chaîne des Apennins depuis Turin jusqu'en Sicile.

Dans le nord de l'Europe, les couches de cet âge sont des dépôts de rivage découverts sur des surfaces élevées à peu de hauteur, au dessus du sphéroïde des eaux. C'est le Crag de Norfolk et d'Anvers.

En France, on les reconnaît facilement près de Perpignan

près de Montpellier, et même dans le bassin du Rhône à Saint-Espirit. On y trouve les coquilles des marnes subapennines.

Les sables de Landes sont probablement de cette époque ; l'absence complète de fossiles, ne permet point cependant de se prononcer d'une manière décisive. Sur le littoral de la Manche, on observe des couches dont le synchronisme avec le Cray anglais ne saurait être mis en doute.

620. Ainsi, on le voit, l'époque pliocène, nous représente presque exactement l'époque actuelle, avec celle seule différence que les profils des côtes étaient un peu différents, ou si on le veut, que certaines plages aujourd'hui émergées, étaient encore couvertes par les eaux, mais la différence est bien minime, puisque une surélévation de 100 mètres environ dans la zone littorale, nous ramène à la configuration actuelle.

621. En Toscane, dans le val de l'Arno, on trouve un dépôt supérieur à celui des marnes subapennines, ce sont des couches d'alluvion fluviales, très fossilifères, où l'on recueille des ossements de mammifères, à savoir, le Mastodon avernensis, le Rhinocéros leptochinus, l'Hippopotamus major, l'Elephas meridionalis et des Cétacés.

En France, on voit des couches contemporaines, près d'Issoudun, à la montagne de Levrier; c'est un tuf poreux, alternant avec des couches de basalte; le mastodon avernensis et l'Elephas meridionalis, occupent les couches inférieures; l'Hippopotamus major et l'Urodon spelaeus, les supérieures; L'Elephas meridionalis, se trouve dans les deux horizons.

À Saint-Pierre, près de Chartres, on trouve des couches renfermant cette faune supérieure.

Nous pourrions citer encore d'autres localités où ce niveau est visible, dans les vallées de la Saône et du Rhône, aussi le

566

Musée de Lyon est-il très riche en débris de mammifères de cette époque.

622. Ainsi, ne craignons point de le répéter, grande ressemblance entre l'époque Pliocène et l'époque actuelle. Le climat était peut-être un peu plus humide, les coquilles marines semblent indiquer des mers plus chaudes que celles qui baignent aujourd'hui les côtes où on les recueille, mais ce sont là de bien faibles écarts. Il semble donc, que nous devrions nous arrêter ici, et conclure en disant que par un refroidissement plus complet de l'écorce terrestre, le globe est arrivé successivement à l'état que nous observons aujourd'hui.

Il n'en est rien cependant, et une grande époque nous sépare encore de la période historique, c'est l'époque des terrains de transport, l'époque quaternaire, ou si vous le voulez, glaciaire.

Terrain quaternaire.

623 Cette période est courte, si on la compare aux autres, et l'on ne saurait y établir de divisions bien tranchées. Elle est caractérisée par une grande abondance de dépôts de transport; quelquefois nettement stratifiés, d'autres fois, au contraire, répandus sur le sol sans aucun ordre.

Les dépôts les plus généraux sont ceux que l'on désigne sous le nom d'alluvions anciennes, pour rappeler qu'elles ont l'aspect et l'apparence des alluvions fluviales modernes, ce sont des lits de cailloux roulés, des sables en couches irrégulières, et enfin des graviers très en grosseur dans les diverses parties d'un même bassin. L'on y observe exceptionnellement des couches limoneuses correspondant aux points où les eaux, qui ont opérés ces transports éprouvaient, soit des ralentissements, soit des remous, qui permettaient

aux parties les plus tenues d'obéir aux sollicitations de la pesanteur. Ces dépôts ne s'observent que dans les vallées; c'est le Diluvium des vallées, appelé aussi Diluvium gris. Ces nappes sablonneuses affectent la forme de terrasses, découpées en gradins, dont les surfaces se correspondent, au même niveau de chaque côté de la vallée; elles sont inclinées dans le sens longitudinal, comme le Thalweg de la vallée elle-même.

224. Prenons pour exemple, la vallée de la Seine et examinons de près la composition de ses terrasses sablonneuses, dont l'une forme toute la plaine de Grenelle. Vous y verrez des silex brisés, que nous reconnaitrons facilement pour les silex de la craie, puis de petits grains calcaires qui témoignent d'une origine étrangère, car ils sont de l'âge jurassique; enfin de petits grains de porphyre ou de granite. (exceptionnellement des fragments de ces roches de la grosseur d'une tête, j'en ai vu extraire de cette dimension de la plaine du Champ-de-Mars, au moment où l'on y pratiquait les fouilles des Caves du Palais de l'Exposition).

Ces granites et ces porphyres se reconnaissent aisément; ils proviennent du e Norvau. C'est que l'Yonne et la Seine qui se rencontrent à Montereau, coulent dans des vallées où l'on trouve toutes ces roches en place. La Seine, de Châtillon à Bar-sur-Seine, traverse les trois étages solitiques; de Bar-sur-Seine à Troyes, l'étage néocomien, et les couches supérieures de la craie, depuis Troyes jusqu'à Montereau, où elle entre dans le bassin tertiaire. Il en est de même de l'Yonne dont le lit est pour ainsi dire entaillé dans le massif porphyrique du e Norvau, depuis le Sud de Château-Chinon, jusqu'à Montigny. A partir de ce point jusqu'à Auxerre, la rivière entaille les trois falaises solitiques d'Auxerre à Joigny, elle traverse les couches crétacées inférieures. Ces vallées, dont sont des vallées d'érosion, élargies par l'action des eaux, puisqu'on trouve les

matériaux, qui en composent les flancs, à l'état de débris concassés réunis dans le fond de ces vallées.

Quant à la forme en terrasse de tous ces dépôts, nous nous l'expliquerons tout à l'heure bien nettement, en faisant appel à cette hypothèse unique, que nous avons invoquée jusqu'ici, à savoir: la mobilité de l'écorce terrestre (voir § 445) et nous verrons que cette hypothèse qui nous a rendu compte de tous les faits, va encore nous expliquer celui-ci, mais réservons encore quelques instants cette question.

625 Il est en des dépôts quaternaires qui ont une autre origine: ils sont formés d'alluvions marines où l'on ne remarque plus de classement en grosseur dans les diverses parties du dépôt, et qui, par ce trait, se séparent bien nettement du diluvium des vallées, du diluvium gris, car, évidemment ces dépôts ont été effectués dans des eaux dépourvues de vitesse. Dans le Nord, on observe ces alluvions marines à toute altitude. Ainsi, à Amiens, par exemple, la vallée de la Somme, ouverte dans la craie, est en partie comblée par le diluvium gris; à matériaux très en grosseur, mais par dessus ce premier diluvium s'en étend un second qui est de couleur rouge, dont les matériaux de toute grosseur, à la fois roulés et anguleux, sont confondus pêle mêle et associés à un limon rougeâtre. C'est le diluvium rouge. Mais, si je m'arrêtais là, je serais incomplet et il faut ajouter que les couches les plus relevées de ce dernier diluvium sont à grains fins, et présentent une couleur jaunâtre. C'est le Löss des Allemands. Ainsi il importe de ne pas l'oublier il existe trois espèces de diluvium:

- 1° le diluvium des vallées ou diluvium gris déposé dans des eaux courantes;
- 2° le diluvium des plateaux ou diluvium rouge déposé dans des eaux dépourvues de vitesse;
- 3° le Löss

626 Mais les dépôts quaternaires se présentent encore à nous sous une

autre aspect. Ce sont des dépôts sans aucune stratification, des cailloux arrondis ou usés, sans être arrondis, enveloppés d'une boue fine à peine remaniée, le tout accompagné de blocs de tout volume, dont les plus gros ont conservé d'une manière parfaite la vivacité de leurs arêtes. On reconnaît facilement par un examen attentif, que tous ces matériaux sont éloignés de leur point d'origine, quelquefois de plusieurs centaines de lieues. Quand ces gros blocs reposent sur une roche en place, on voit que cette dernière est usée, polie, porte des camélures ou des stries qui dans une même région demeurent parallèles à une direction constante. Ni la mer, ni les eaux torrentielles n'ont jamais produit de pareils transports, mais en se rapportant à ce qui a été dit (§ 45) l'on devine aisément que le transport par voie glaciaire, rend au contraire un compte exact de toutes ces circonstances.

627 Vous voici entraînés bien loin de l'époque pliocène, où la faune & la flore avaient conservé encore quelque chose de tropical, tandis que voici nos continents européens qui s'offrent à nous avec un cachet arctique. Tout démontre, en effet, qu'à cette époque les glaciers qui existent dans nos montagnes ont pris une extension énorme, que certaines montagnes qui n'en ont plus aujourd'hui, en possédaient d'énormes et que la Scandinavie, a été toute entière couverte par une couche uniforme de glace, comme l'est aujourd'hui le Groënland, dont la latitude est d'ailleurs bien peu supérieure à celle de cette contrée.

628 D'abord, disons-nous, les glaciers qui existent aujourd'hui dans nos montagnes, ont pris une immense extension. Les glaciers des Alpes Centrales ont en un tel développement, que toute la plaine suisse est à cette heure jonchée de débris de rocher, qui proviennent de leur sommet, et qui, après avoir cheminé jusqu'au point où on les rencontre, y ont échoué après la fusion du glacier. Quelques-uns de ces blocs ont même pu passer certains cols du Jura, et sont venus s'asseoir sur le versant français; on cite des blocs

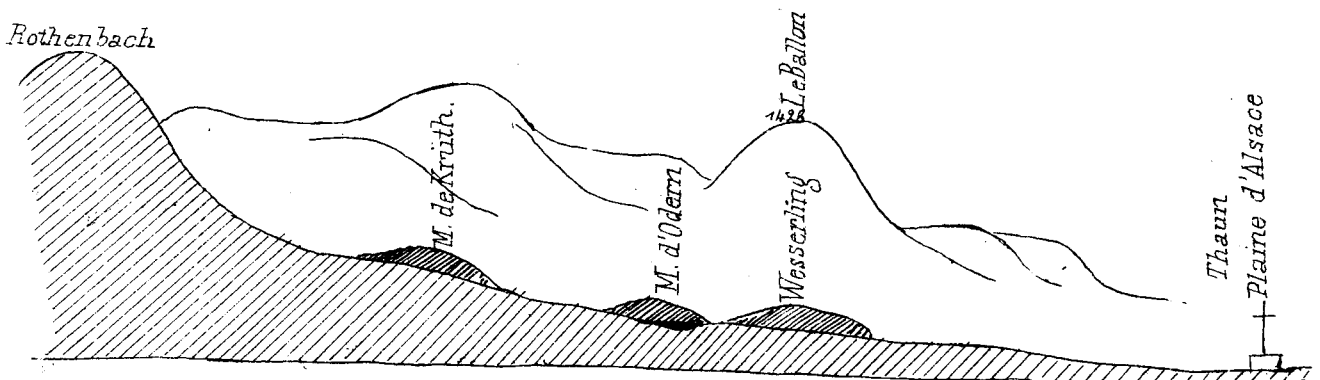
gigantesques provenant du massif alpin et transportés par voie glaciaire jusques sur le Jura; par exemple la Pierre à boz, qui n'a pas moins de onze mètres de diamètre, et repose sur le Jura près de Neufchâtel, à une grande hauteur, au dessus du niveau moyen de la plaine suisse. Si l'on tient compte de la position de ces blocs sur la chaîne jurassique, position qui nous donne la limite supérieure du glacier, on est amené à conclure que le glacier du Rhône, par exemple, offrait une épaisseur de 1200 mètres au dessus de la Ville de Genève. Un autre glacier s'étendait même de la Savoie jusqu'à Lyon.

Peut être le prolongement du premier? Car à la Montagne de Fourvières, sur les terrasses du diluvium gris, on trouve un second recublé de cailloux des Alpes plaqué sur le premier.

Dans les Pyrénées, même conclusion que dans les Alpes. Dans la vallée de Casterets on trouve de gros blocs transportés par des glaciers, (blocs erratiques) en des surfaces polies en stries, bien au delà des glaciers actuels. On a pu restaurer parfaitement ce glacier, dont celui d'Argeles n'est qu'un témoin bien atténué. Dans les Pyrénées Orientales, on peut observer des traces du phénomène glaciaire jusqu'à Lospignan.

229. Mais il y a des chaînes aujourd'hui dépourvues de glaciers qui en ont possédés à cette époque: les Vosges, par exemple.

On trouve autour des Vosges des blocs erratiques, que l'on reconnaît aisément. Ce sont de belles syénites qui proviennent des Ballons.



Si l'on fait une coupe longitudinale de la vallée de St. Amarin, (N^e Rbin), on voit que cette vallée est barrée de place en place par des accumulations glaciaires, c'est à-dire de véritables moraines. La ville de Messuling est bâtie sur l'une d'elle et quand on remonte le Thalweg, on en rencontre d'autres qui font suite, à savoir : les moraines d'Oeden et de K. rüth. Ce sont là autant de témoins des étapes successives du glacier à mesure qu'il battait en retraite. On peut encore suivre l'extension de la glace dans les vallées confluentes.

La vallée de la Moselle a été étudiée par M. Algard, il y a observé aussi des blocs erratiques et une série de moraines dont l'une barrant complètement la vallée, détermine le lac de Gérardmer.

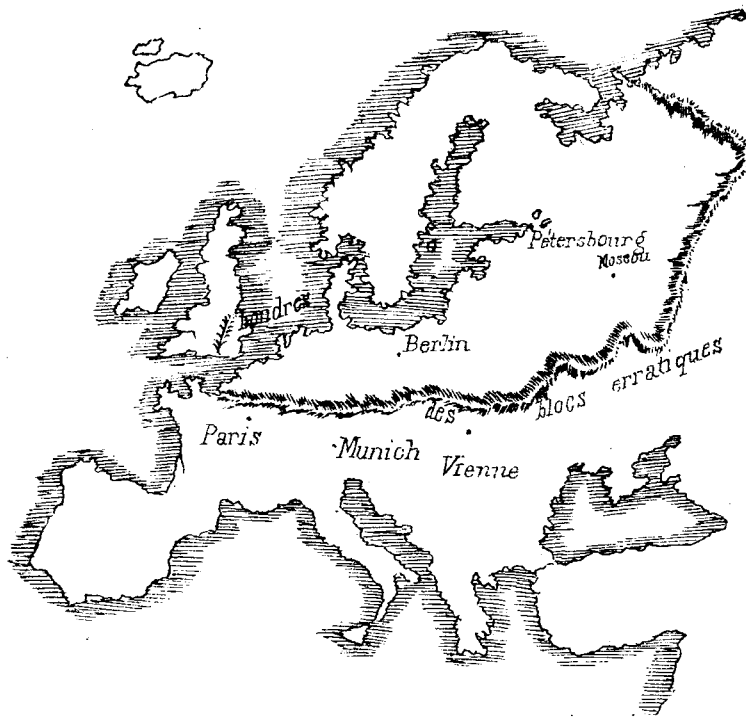
L'extension glaciaire a été observée aussi, sur le revers méridional des Alpes, les vallées transversales étant très encaissées, les moraines y ont déterminé facilement comme à Gérardmer, des barrages complets. Les glaciers ont été parfois assez épais pour franchir les défilés des vallées, et alors ils ont constitué de gigantesques moraines, qui barrent aujourd'hui les cours d'eau, qui s'écoulent de ce versant dans les anciennes vallées glaciaires. C'est là l'origine de ces grands lacs que l'on rencontre au nord de la plaine lombarde, en regard des pentes méridionales de la chaîne des Alpes. La Colline de Solferino est une de ces anciennes moraines, car on y trouve des cailloux alpins striés, des blocs peu usés et de la boue glaciaire. Le gigantesque barrage qui forme l'issue du Val d'Aoste à Ivrea a cette origine. C'est la moraine terminale d'un ancien glacier.

630. Il est une autre contrée où le phénomène glaciaire s'est manifesté d'une manière bien plus marquée encore : je veux parler de la Scandinavie. En ici, il est compliqué de cet autre phénomène, qui aujourd'hui bien encore a son siège dans cette contrée, à savoir : la mobilité du sol amenant des immersions et des émergences successives. L'abord, tout le pays couvert d'une nappe uniforme de glace a été poli et strié dans tous

ensemble ; c'était donc une immense terre glacière, comme l'est aujourd'hui encore le Groënland. Les stries se prolongent au-dessous des eaux, ce qui prouve que le sol était plus élevé qu'aujourd'hui et même puisque des camélures de même direction, se retrouvent à la fois sur la Côte de Finlande et celle de Suède, l'on est autorisé à conclure que le Golfe de Botanie était à sec, et qu'une même nappe glacière couvrait les deux pays. En Norvège, de l'autre côté des Monts Vosines, les stries ont une autre direction, presque perpendiculaire à la première, sauf, bien entendu, des accidents locaux. C'est là, une première époque de redressement.

631. Suit une époque d'affaissement. La région scandinave s'affaisse et l'on trouve des preuves incontestables de cet abaissement local du sol, au-dessous du niveau des eaux. Le château d'Uppsäl est bâti sur une colline constituée par les dépôts de cet âge et renfermant des coquilles à habitudes plus arctiques encore que celles qui sont aujourd'hui fixées dans ces parages. La mer, en faisant irruption, a nécessairement amené la fusion des glaciers et ramené les débris qu'ils avaient charriés. Il existe au musée de Stockholm, un tableau qui représente cet affaissement graduel, en Laponie, on y voit une série de cordons littoraux à peu près parallèles entre'eux, successivement formés et enfoncés à mesure que le sol était immergé.

A cette époque, tout le Nord de l'Europe a participé à ce mouvement et la mer a eu pour rivage la ligne qui est tracée sur la figure ci-jointe. De immenses radeaux de glaces flottantes, de véritables Eisberg entraînant des blocs énormes détachés de la Scandinavie ou du Spitzberg et de la mer de Baffin, sont parvenus jusqu'à ce rivage, et ont laissé s'échouer ces rochers gigantesques qui n'avaient point perdu la vivacité de leur arête. C'est l'époque de la dispersion des blocs scandinaves, que nous retrouvons aujourd'hui à plus de deux cents lieues de leur point d'origine, dans toute la plaine du Nord



de l'Allemagne, dans les Flandres, sur les côtes de la Manche en del' Eau del' Angleterre. Dans ce dernier pays, l'affaissement a dû être bien plus considérable qu'en Suède et en Finlande, car dans certaines régions, il a atteint jusqu'à 500 mètres en plus. Dans le Norfolk, par exemple, on trouve des forêts sous-marines, recouvertes par des dépôts fluviomarins, dus à un remaniement du sol, puis des argiles et des débris anguleux de roches scandinaves, passant dans la partie supérieure à des sables à grains délics.

Ces blocs énormes ont été, disons-nous, transportés par des glaces flottantes. Dans les environs de Berlin, au milieu des steppes qui environnent cette ville, les collectionneurs vont chercher les fossiles siluriens de l'île de Gothland. La belle coupe qui n'a pas moins de 24 mètres de circonférence que l'on peut voir au Musée des Arts, à Berlin, a été taillée dans un rocher granitique de Suède. C'était le plus gros des deux blocs appelé Markgrafsteine qui sont venus s'ébouler sur le haut d'une colline près de Rauen (q. de Potsdam). La grande pierre trouvée près de Belgrad, q. de Köslin est un gneiss finlandais renfermant des grenats, provenant des rives du Lac Ladoga. Elle a 15 mètres de longueur, 12 de largeur, 3^m. 30/ de hauteur. A Pétersbourg, la statue gigantesque de Liore-le-Grand, repose sur un bloc erratique de granite, du poids de 750 tonnes.

Ces phénomènes s'observent aussi dans l'Amérique boréale et jusques dans le Massachusetts, par le 39^e parallèle. Les transports ont eu lieu du Nord vers le Sud, et l'on voit des traînées de blocs en files rectilignes parallèles entre elles.

632. Et près ces affaissements du sol a eu lieu une nouvelle élévation, en vertu de laquelle l'Angleterre a nécessairement dû faire corps avec la France; car c'est d'elle et du reste du continent qu'elle tient sa faune et sa flore. C'est une nouvelle époque glaciaire (2^{ème} époque glaciaire) pendant laquelle les montagnes de l'Écosse et du Cumberland ont eu leurs glaciers. Toute l'Europe a participé à ce mouvement ascensionnel, et quand nous parlons il y a un instant des glaciers des Alpes, des Pyrénées et des Vosges, c'est à cause de cette dernière époque que nous faisons allusion, car les traces des premiers ont à peu près disparus, sous l'action érosive des eaux courantes.

Il y a donc eu deux périodes glaciaires correspondant en Europe à deux relèvements du sol. Dans le voisinage d'Ultznach, près du lac de Zurich on observe une boue glaciaire avec la d'argile, cailloux froissés,

blocs erratiques à angles vifs, de la première époque glaciaire. Sur ces bords se sont installées des forêts, qui ont formé des couches de lignites. On peut y recueillir les ossements de l'Elephas antiquus, du Rhinoceros tichorhinus des bois de cerfs et des ours non déterminés. C'est l'époque de la dispersion des blocs scandinaves, où si l'on veut de la suspension glaciaire. A ces lits végétaux font suite des couches de

4		
Lit de débris roulés mêlés d'argile de gros blocs arrondis et de quelques blocs à angles vifs déposés par les glaces flottantes		
	} Mammouths } Rhinoceros } tichorhinus	
3		
Couche de lignite	Elephas antiquus	Cerfs
	Rhinoceros tichorhinus.	Ours non déterminés
2		
Boue glaciaire		
Lit d'argile, cailloux flottés, grands blocs erratiques à angles vifs.		
1		
Molasse		

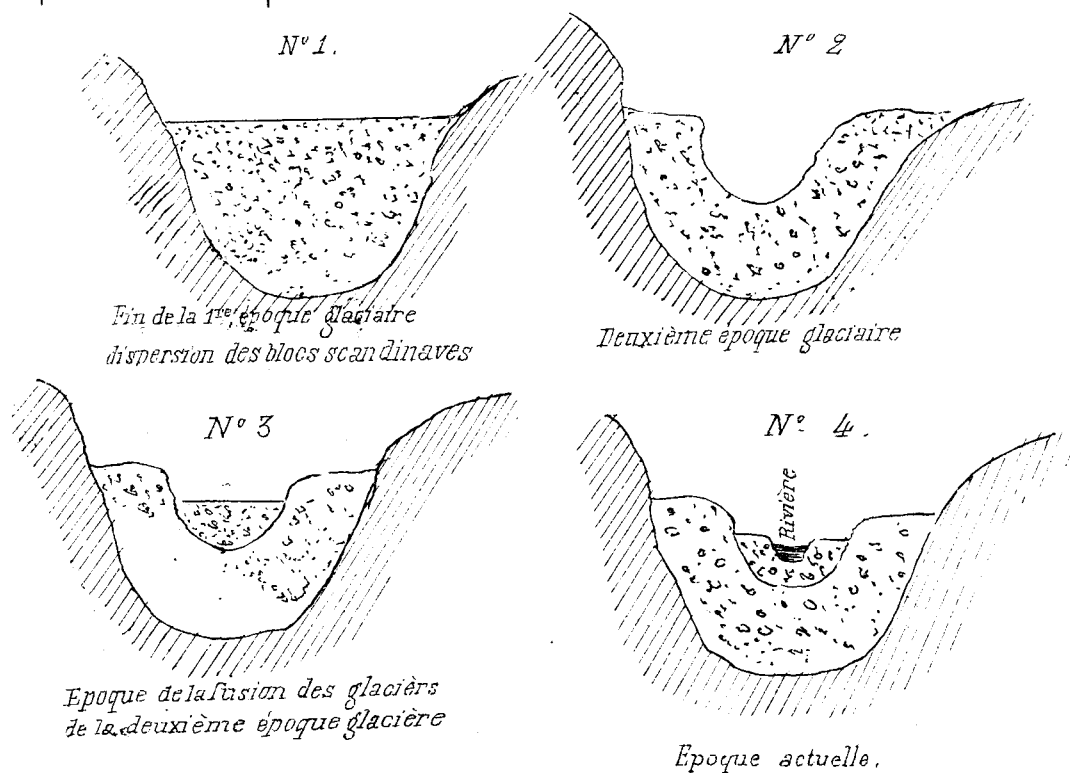
débris roulés, cimentés par de l'argile, des blocs usés ou à angles vifs déposés par des glaces. On y trouve des ossements de Mammouths, Elephas primigenius et Rhinoceros tichorhinus qui persiste. C'est la deuxième époque glaciaire.

633. Mais une deuxième époque d'affaissement a fait suite à celle-ci; époque, pendant laquelle le sol a été placé à une altitude plus basse encore qu'aujourd'hui. L'on observe des dépôts de cet âge; sur les côtes de l'Ecosse, ce sont de petites terrasses élevées de quelques pieds seulement au dessus des eaux.

634. Il y a donc eu de nouveau un mouvement oscillatoire de relèvement qui correspond à l'époque actuelle, mouvement qui se pourrait encore dans

la Suède septentrionale.

635 Peut-on relier tous ces faits d'oscillation du sol avec ceux que l'on observe dans nos vallées : alluvions anciennes ou déluvium gris (voir § 461). Si l'on remonte le cours de nos grandes fleuves européens, on voit qu'ils ont tous pour origine des montagnes élevées, que presque tous décourent de glaciers. Or, si les glaciers ont pris à l'époque quaternaire une extension énorme, il est tout naturel d'en conclure qu'à cette époque, les cours d'eau qui avaient pour origine ces glaciers, ont débité d'énormes volumes d'eau, en charriant beaucoup de parties meubles. Ainsi, pendant la période des grands glaciers, les vallées ont dû être élargies pour donner passage à ces eaux puissantes et impétueuses.



Mais nous venons de voir que cette première époque glaciaire correspondait à une émergence des continents, a été suivie d'une période d'affaissement, correspondant à celle de la dispersion des blocs scandinaves. Les pentes des grands cours d'eau ont dû nécessairement être très atténuées, en

le charriage des parties meubles devenant plus difficile, la vallée étre en partie ensablée (N:1), le diluvium marin, le diluvium rouge et le Löss, ont donc été déposés sur ces premiers altérissements fluviaux des vallées, sur le diluvium gris. Il faut même nous attendre, comme nous l'apprennent d'ailleurs les faits, à retrouver le diluvium rouge et le Löss, sur toutes les plaines du Nord de l'Europe baignées par ces eaux marines, envahissant graduellement les continents. Dans le bassin du Rhin et des fleuves de l'Europe centrale, le Löss est placé à une grande altitude au dessus du fleuve. Un affaissement du sol, et l'envahissement temporaire de la mer qui en est la conséquence nécessaire expliquent parfaitement ces faits. (631).

Mais un nouvel exhaussement a eu lieu dans la zone continentale, les pentes sont de nouveau devenues plus rapides, et le fleuve a pu se creuser un nouveau sillon, s'ouvrir un nouveau lit, dans le premier remblai d'ensablement. Deux terrasses de même horizon en sont résultées (N:2.) (632)

Enfin est venu un nouvel affaissement correspondant à un nouvel ensablement partiel de la vallée (N:3). (633)

Enfin, il s'est produit une nouvelle élévation du sol continental, correspondant à l'état actuel, d'où il est résulté les nouvelles terrasses (N:4). (634)

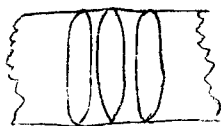
636 Les paléontologistes ont fait dans l'époque quaternaire, trois divisions :

- c) Époque des cités lacustres ou de la pierre polie;
- b) Époque du renne ou des espèces émigrées;
- a) Époque du mammouth ou des espèces éteintes.

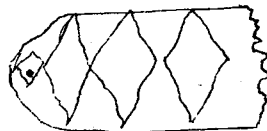
637 a) Époque du mammouth. Les végétaux sont exactement ceux de l'époque actuelle. Les mammifères sont de grands cerfs, et en particulier le cerf au grand bois: *ceruus megaceros*; de très grands bœufs; et parmi eux, le bœuf *primigenius*, qui ressemble aux bœufs actuels;

sans la taille. On trouve aussi le bison priscus, qui n'est autre chose que l'aurochs, animal qui vit encore aujourd'hui dans les forêts de la Lithuanie, mais à regret, il semble en comme d'habitude, protégé d'ailleurs par un ukase d'atzar, qui défend de le poursuivre. On trouve près de Paris l'ovibos ou bœuf musqué qui ne vit plus aujourd'hui que dans les climats glacés des régions les plus septentrionales, un animal qui en dépit de son nom, ressemble plus à un mouton qu'à un bœuf. Le cheval est très commun. A cette époque les hippopotames se baignaient dans la Seine, mais ils étaient probablement couverts d'un pelage qui les défendait contre le froid. - Pourquoi cette supposition? Attendez un instant.

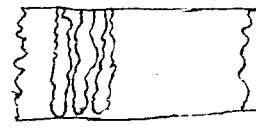
638. En 1799, un pêcheur Jakout, trouva à l'embouchure de la Léna fleuve de Sibirie, qui se jette dans la mer Sibérienne centrale, un bloc gigantesque ^{de glace}, ou était emprisonné un énorme animal velu; c'était un mammoth, un éléphant primigenius. Le bruit s'en répandit à Pétersbourg et Adams qui se rendait à Pékin, ayant entendu parler de cette découverte se dirigea vers ce point (1806). Il y trouva une partie du squelette de l'animal que les ouvriers blancs et les renards bleus avaient déjà dépouillés. Il était encore couvert de sa peau revêtue d'un pelage épais. Les ossements de cet animal ont été depuis retrouvés en France, en Angleterre et en Sibirie. Les défenses sont plus recourbées que celles des éléphants actuels, les molaires diffèrent aussi. Les dents des éléphants sont formées de lamelles d'ivoire recouvertes d'émail. Ces lamelles sont rangées parallèlement les unes aux autres



Elephas indicus



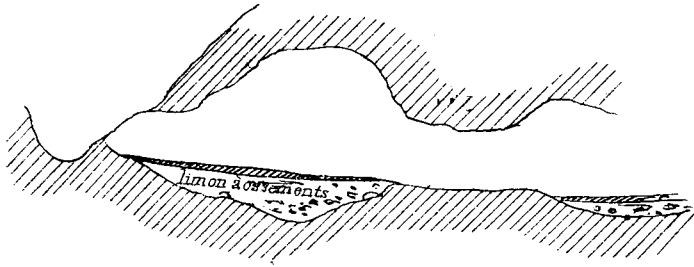
Elephas africanus



Mammoth! *Elephas primigenius*.

réunies par une troisième matière le ciment. Chez l'éléphant des Indes, les lamelles ont une section elliptique et sont très rapprochées. Chez l'éléphant d'Afrique, les lamelles ont une section rhombique. Chez le mammoth, l'éléphant quaternaire, les lamelles sont plus serrées encore que chez l'éléphant des Indes; il y avait trois lamelles pour deux. La section est encore elliptique, mais à bord festonné. On n'a trouvé des ossements qui en Amérique, et en particulier le *megatherium*, animal de taille gigantesque capable de renverser les arbres pour se nourrir de leurs fruits. Dans notre pays règnent les carrossiers. On trouve des grottes qui sont pleines de leurs ossements.

039. Sur les flancs des vallées, souvent à une grande hauteur au dessus de la ligne du Thalweg, on rencontre des conlains étroits qui conduisent à de grandes cavités, de grandes cavernes. C'est un spectacle des plus



grandioses. L'on y voit de belles stalactites et parfois des rideaux calcaires qui s'étendent sur les parois. Les stalactites sont souvent translucides et la lumière s'y joue très agréablement. Le sol de la cavité est à peu près horizontal. Au dessous d'une nappe calcaire d'incrustation, on trouve une couche de limon rougeâtre. En France, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique, ces limons renferment en abondance les ossements de l'*Ursus spelæus*, l'ours à front bombé ou des cavernes. Cet animal était plus grand de 0^m 60 que l'ours de Californie. Il atteignait par conséquent la taille d'un bœuf. Il y a des cavernes où l'on a pu constater l'existence d'une population éteinte de dix à douze mille individus. Il y a de vieux oses à dents usées, d'autres qui ont encore leurs dents de lait, on voit même des fœtus. En

Angleterre, l'on trouve aussi des hyènes, plus grandes que la hyène de Perse. A côté de ces ossements intacts, l'on voit des ossements rongés de bœufs, de cerfs, &c. - En Amérique, on trouve même un grand chat (felis). C'est le Machairodon, que l'on avait déjà rencontré chez nous à l'époque tertiaire: on y a recueilli aussi les débris de six singes du groupe américain.

640. Dans les cavernes et dans les couches de transport, on a trouvé des débris de l'industrie humaine. M^r. Boné a recueilli, dans les limons du Rhin des ossements humains, et aussi dans le Löss marin des environs de Colmar. Près de Narbonne, à côté des ossements de l'ours spelens, on a extrait des objets d'industrie humaine.

M^r. Schmalzing qui a fouillé avec un si grand succès les grottes des environs de Liège, affirme que l'homme est contemporain des espèces perdues.

On a trouvé une mâchoire humaine dans le diluvium de St. Acheul, c'est la mâchoire renommée de Moulin Quignon, mais peut être cette couche ne représente-t-elle pas le diluvium en place. Cette mâchoire ne possède plus qu'une dent, encore est-elle creuse.

Dans des fouilles effectuées au milieu du diluvium de l'avenue de la Motte-Liquet, on a trouvé des silex taillés appartenant à l'âge des espèces perdues. M^r. le M^o. de Vibraye, a découvert dans les grottes d'Arcy, trois dépôts superposés, l'un correspondant à l'époque actuelle, au-dessous une brèche rouge, de l'âge du Renne, au-dessous une couche de l'âge du mammouth. De cette dernière, on a extrait une mâchoire humaine.

à Aurignac, (H^{te}. Garonne), M. Lartet a fait la découverte d'une grotte sépulcrale et de traces de repas funéraires.

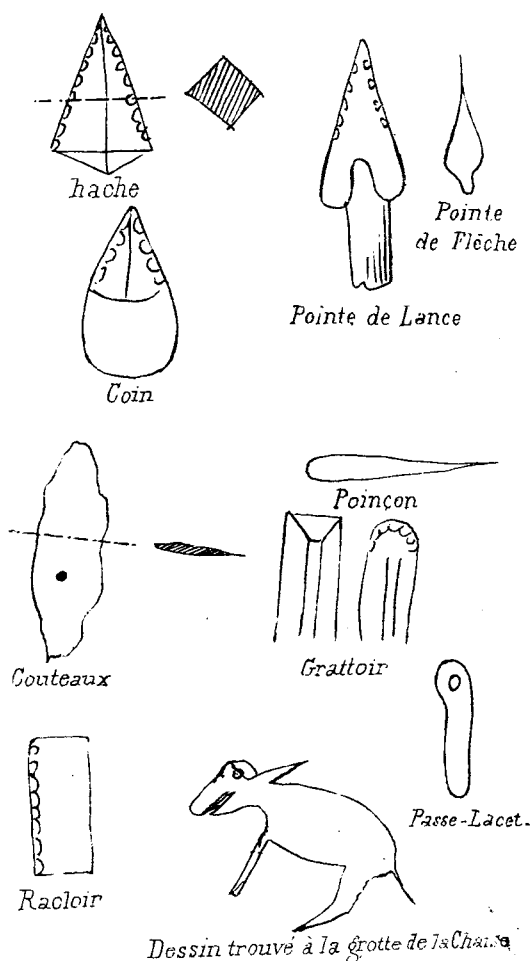
à la grotte de Cro-Magnon, on a trouvé quatre crânes humains, mais on ne peut dire absolument qu'ils soient de l'âge du mammouth.

Il en est de même du crâne de Neandertal près Düsseldorf, qui serait plutôt de l'âge du Renne.

En tout cas, les crânes de Cro-Magnon présentent un développement cérébral au-dessus de la moyenne, dénotant une intelligence très élevée et n'ayant absolument rien de simien.

641 Les débris de l'industrie humaine qu'on recueille à ce niveau, sont des silex taillés.

Des haches dont les bords sont retouchés et qui ont une section rectangulaire.



Des coins qui sont retouchés dans la partie supérieure seulement.

Des couteaux, c'est-à-dire des éclats de silex détachés par un procédé spécial d'une masse aplatie.

Des grattoirs, c'est-à-dire des couteaux dont les bouts sont retouchés.

Si ce sont les côtés qui sont retouchés, on a le râcloir, instrument qui était probablement destiné à trancher les os pour en extraire la moelle dont l'homme primitif était très friand.

Des extrémités de lances creusées pour recevoir le bois.

Des pointes de flèches sans barbelures.

Des poinçons.

Des passe-lacets.

À la grotte de la Chaise (Charente).

on a même trouvé le dessin ci-contre représentant un quadrupède

existente sur une dent de mammoth.

642. b) Époque du Renne ou des espèces émigrées. A cette époque un grand nombre des espèces qui sont aujourd'hui fixées dans le Nord habitaient notre pays. C'est d'abord le Renne, qui de tous, avec le cheval, est le plus abondant. On voyait aussi sur le sol parisien des gloutons, des renards bleus, des aurochs, et dans nos plaines, des marmottes, des bouquetins et des chamois. L'homme taillait déjà mieux ses silex, sans cependant réussir encore à les polir.

On trouve des débris d'industrie humaine dans la grotte de Lourdes (H^{tes} Pyrénées), confondus avec des ossements caractéristiques de cette époque.

M. le M^r de Vibraye a fait faire des fouilles sur le bord de la Vézère, rivière qui se jette dans la Dordogne. A côté d'objets provenant évidemment de main d'homme, il a trouvé constamment les espèces émigrées.

M. Lartet en Christly a fait de cette faune une étude très détaillée. La grotte des Eyzies (Dordogne), a été particulièrement très productive : on y a trouvé des Nucleus, c'est-à-dire les gros morceaux de silex, dont on détachait par percussion des couteaux.



Couteau ordinaire



Couteau avec manche



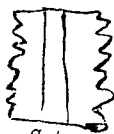
Perforateur



Poinçon



Grattoir



Scie.

On voit des couteaux ordinaires, puis d'autres avec manche.

Des poinçons.

Des perforateurs servant à fabriquer des aiguilles.

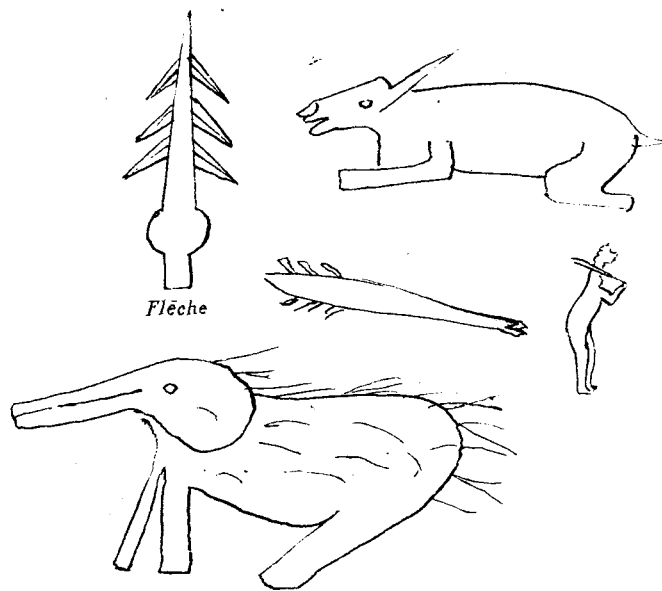
Des grattoirs : le silex est taillé en biseau tout autour.

Certaines tribus sauvages se servent aujourd'hui encore d'instruments tout semblables

pour arracher le poil des peaux de bêtes, produits de leurs chasses.

Des sâces.

À la grotte de la Madeleine, on a trouvé un petit moulin à moulin le grain, tout semblable à ceux dont se servent encore aujourd'hui les sauvages de l'Amérique.



Les flèches en os portent des barbelures. L'homme dessine aussi beaucoup mieux sur l'ivoire du mammouth qu'à l'époque précédente.

À la grotte de la Madeleine, on voit un dessin de mammouth avec ses poils et sa crinière, preuve absolue que l'homme a été

son contemporain. On voit aussi un dessin représentant un renne accroupi, un autre qui représente un homme poursuivi par un être indéfinissable.

643. c) Époque des Cistes lacustres ou âge de la pierre polie. Le Danemark est un petit pays, mais plein de savants. En étudiant les débris archéologiques que renferme leur sol, les Danois ont fait la découverte d'une tombe où sur une épaisseur de six à huit mètres, on distingue trois séries de couches, l'une inférieure renfermant le pin sylvestre, une autre, située au dessous, renfermant le chêne; la plus supérieure offrant des débris de hêtre. Ce sont trois phases de la végétation terrestre, correspondant à trois phases de l'humanité.

Dans la couche à pin sylvestre, on ne trouve que des outils

en pierre ou en os.

Dans les couches renfermant le chène des objets en bronze.

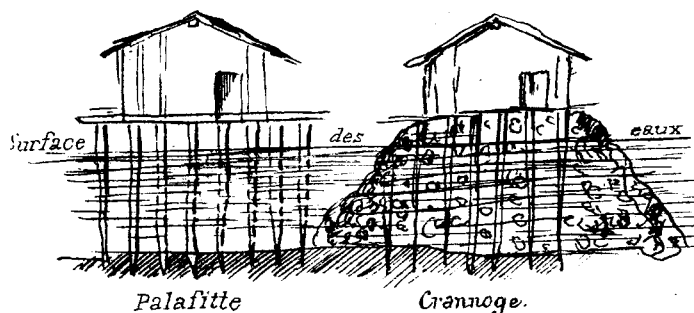
Dans les couches où l'on rencontre le hêtre, des instruments en fer.

Les Danois ont donc été fondésâmes : l'ancienne humanité complète trois âges ; l'âge de pierre, l'âge de bronze, l'âge de fer.

Sur les rivages de plusieurs de leurs îles, on trouve d'immenses amas de coquilles, toutes comestibles : des huîtres, des meules &c., à côté d'ossements d'animaux et de silex taillés. On a appelé ces accumulations de coquilles : *Kjokken mædding* (restes de cuisine). Ce sont en effet des restes de repas. Cette population se nourrissait exclusivement de coquillages et disons même qu'elle savait choisir les meilleurs. Et à Etaples dans le Pas-de-Calais, on a retrouvé un *Kjokkenmædding* semblable à ceux du Danemark, on y reconnaît l'âge de pierre et l'âge de bronze.

En 1853, il fit en Suisse un froid exceptionnel, les glaciers fondirent moins et les rivières déversèrent moins d'eau dans les lacs. Les riverains du lac de Zurich voulurent conquérir sur lui quelques pieds de terrain, ils travaillèrent en fouillant le sol des pilotis et des restes d'animaux, bœufs, chèvres, sangliers, des haches en pierre polie. En songea alors à ces habitations lacustres décrites par Hérodote, où les mères attachaient les enfants par les pieds pour les empêcher de tomber à l'eau. Depuis lors on a retrouvé ces pilotis et ces traces d'habitation avec débris d'animaux sur les bords des lacs de Neufchâtel, de Bieme, de Constance, de Genève &c. Sur le lac de Constance, on a trouvé sur un point plus de 110,000 pieux.

Les habitations sont ou du type Palafitte : la maison en arase sur une plate-forme appuyée sur les abouts des pieux et s'élève au-dessus de la surface de l'eau ; ou



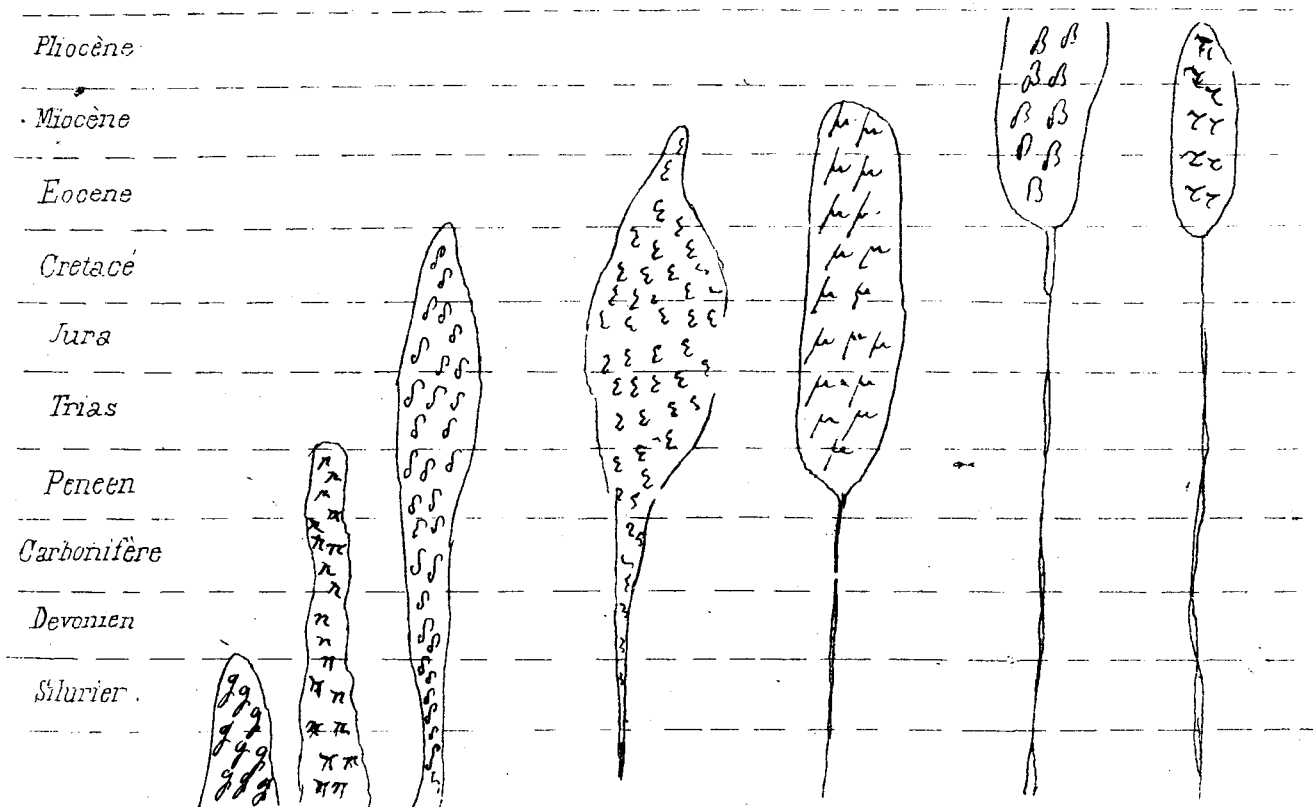
Palafitte

Crannoge.

Du Type Crannoge, la maison est construite sur des débris de roches accumulés au milieu desquels sont enfoncés les pieux. Il y a des sites lacustres de l'âge de pierre et de bronze, celles de l'âge de fer sont peu nombreuses.

On trouve des polissoirs en grès sur lesquels en passant les haches ou couteaux en silex ou en jade ils prenaient à la longue le poli. Ces haches étaient souvent emmanchées dans des bois de cerf. On a trouvé aussi des poinçons, des lissoirs, qui servaient à rabattre la couture des peaux, des peignes, des ficelles, du grain de blé, des pommes que de savants botanistes affirment provenir d'arbres cultivés. La faune est l'actuelle.

644. Tableau représentant les relations des roches éruptives et des couches stratifiées.



g. Suivant quelques auteurs, le granite aurait traversé tous les terrains jusqu'à la craie. C'est là une erreur où l'on a été conduit par des observations inexactes, dans des circonstances où des failles ont amené des superpositions anormales. Dans la vallée de la Romandz par exemple, où l'on voit la protogine dominer le Lias, c'est à une faille et à l'inversion de stratification qui en est résulté qu'il faut attribuer cette superposition. Les injections de granite postérieures au terrain silurien doivent être révoquées en doute.

h. Les porphyres quartzifères ont traversé toute la série primaire. Au-dessous de la base du Trias ils sont déjà douteux, mais ils ne le sont pas dans les terrains houillers et péniens. (Voir §/ 528). Le Terrain houiller est souvent en contact avec des porphyres quartzifères. En St. Etienne, cependant, ils ne remontent pas si haut, puisque on trouve le porphyre sous forme de conglomérats à la base du terrain. Mais au Val Trompia le porphyre quartzifère est superposé à des schistes carbonifères supérieurs et d'autre part alterne avec des conglomérats porphyriques remaniés sur place et par conséquent de la même époque que le porphyre. Ces conglomérats renferment des plantes péniennes. Le porphyre quartzifère s'étend donc jusqu'à la base du Trias.

Les porphyres feldspathiques se prolongent peu dans la période secondaire.

i. Les roches amphiboliques se rencontrent jusqu'à la base des terrains tertiaires.

Si l'on peut dire d'une manière générale que les roches pyroxéniques sont venues au jour à une époque plus reculée que les roches amphiboliques, il ne faut pas oublier qu'il y a des passages très nombreux entre les roches pyroxéniques et amphiboliques, comme il y a des passages minéralogiques entre le pyroxène et l'amphibole (Voir § 313). C'est à l'époque houillère que les diorites ont pris leur plus grand développement. Elles apparaissent encore un peu dans les terrains tertiaires inférieurs. (Dyabites des Pyrénées).

g. Les roches magnésiennes remontent plus haut et ont traversé les couches tertiaires moyennes. Telles sont les Euphotides, les Serpentinae. Les Serpentinae ont eu leur épanouissement à l'époque du Trias.

μ. À partir de l'époque péennienne apparaissent les Melaphyres, dont les épanchements abondent à l'époque du Trias et se maintiennent jusque dans les terrains tertiaires moyens. Le terrain nummulitique de Vicentin est traversé par des Melaphyres, qui prennent cependant l'aspect basaltique. Le basalté qui ne se distingue du melaphyre que par sa structure n'apparaît qu'à partir de la base des terrains tertiaires.

ν. Il en est de même du Trachyte. Les épanchements de ces deux roches atteignent leur maximum dans les terrains tertiaires supérieurs.

5 Mai 1870.

Fin du Cours.

Errata.

Page 317. 1^{re} Figure, les angles doivent être notés A.

id. 328. avant-dernière ligne, 39 au lieu de 40, liex 3,9 au lieu de 4,5.

id. 457. Figure, Golfe de Béthune, liex Golfe de Botnie.

id. 506. Kangourons, liex Kanguroos.