

Cours de Minéralogie

et de

Géologie,

appliquée aux Constructions ;

pour

l'École Royale des Ponts et Chaussées.

Année 1838-39.



BIBLIOTHEQUE DE L'EST	
Cote	550
Niv.	3
Salon	246
Cl.	1838

Cours de Minéralogie

et de

Géologie

appliquée aux constructions;

pour

l'École Royale des Ponts et Chaussées.

Année 1838-39.



Cours de Minéralogie

et de
Géologie,
appliquée aux Constructions;
pour l'École des Ponts et Chaussées.

Année 1838 - 39.

1^{re} Leçon.

Généralités.

Caractères distinctifs des Minéraux.
Principes sur lesquels la classification minéralogique est fondée.

Les Caractères dont on se sert pour classer et reconnaître les minéraux, sont fondés, soit sur leurs propriétés extérieures, soit sur leur composition, de là naissent deux ordres de caractères, les uns physiques, les autres chimiques.

Parmi les Caractères physiques la plus grande partie, peut être constatée immédiatement, sans le secours d'aucune expérience et par le simple examen des minéraux: les autres au contraire exigent pour leur détermination la connaissance de quelques propriétés physiques des corps et l'emploi d'appareils à la vérité très simples. Enfin l'un d'eux, la forme cristalline, le plus important de tous, parce qu'il est lié d'une manière intime, à la constitution des minéraux nécessite outre l'emploi d'instruments propres à en mesurer les angles, quelques considérations mathématiques, au moyen desquelles on établit les rapports qui existent entre les cristaux.

Ces différentes circonstances ont conduit la plupart des Minéralogistes à diviser les caractères des minéraux en quatre classes distinctes, savoir:

- 1°. Caractères extérieurs;
- 2°. Caractères géométriques ou crystallo-graphiques;
- 3°. Caractères physiques;
- 4°. Caractères chimiques.

Les principaux caractères extérieurs, considérés suivant l'ordre dans lequel ils se présentent à l'observateur, sont la couleur, la transparence, l'éclat, la texture qui peut être cristalline, fibreuse, grume, saccharoïde, compacte ou terreuse; la

m. g. 1

Exclu du prêt

BIBLIOTHÈQUE DE L'USTL	
Cote	550
Niv.	3
Salle	M6
Inv.	Q 13955

1°. Caractères extérieurs.

Durété et la tenacité : il faut éviter de confondre ensemble ces deux caractères. La Durété est la résistance qu'oppose un corps à être rayé par un autre, par une lame d'acier, par exemple; tandis que la tenacité est la résistance au choc du marteau. Souvent une substance qui jouit d'une grande durété n'est pas tenace, comme la pierre à fusil; une substance peu dure au contraire qui reçoit l'empreinte du marteau ne cède que difficilement au choc, la pierre à plâtre en offre un exemple.

La cas sure est lamelleuse, esquilleuse, compacte ou terreuse, suivant l'état d'aggrégation des minéraux; ce caractère est donc toujours en rapport avec la texture.

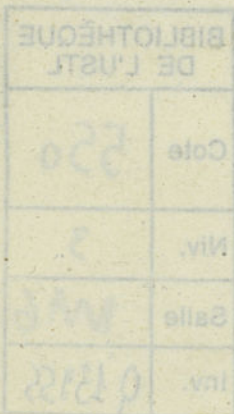
La raclure, qui résulte de l'essai de la durété fournit un caractère très important pour les substances métalliques dont la couleur est une conséquence de leur composition. Le fer oligiste donne une raclure rouge, le fer hydraté une jaune tandis que pour le fer carbonaté la raclure est grise.

Il faut ajouter à cette nomenclature la tachure, l'onctuosité, la flexibilité, le happement à la langue, le froid, les formes imitatives, le son que rendent quelques minéraux par la percussion, et l'odeur qu'exhalent certaines substances, quoique ces caractères n'appartiennent qu'à très peu de minéraux.

Si on discute l'importance de ces caractères extérieurs, on reconnaît bientôt qu'ils ne peuvent être regardés comme des caractères spécifiques; car souvent ils sont extrêmement différents dans les divers minéraux, que tout force d'ailleurs à considérer comme des variétés d'une même espèce: ainsi la substance la plus abondante dans la nature. la pierre calcaire appelée en minéralogie Chaux carbonatée, possède des couleurs variées suivant le mélange qu'elle présente; limpide et incolore dans le Spath, d'Islande, elle est colorée et noire dans le petit Granite de Flandre, tandis qu'elle est jaune et sereuse dans le Calcaire du Jura; sa texture varie de même suivant son état cristallin, et elle possède tous les genres de texture indiqués ci-dessus. En effet on l'a trouvée cristallisée dans les fentes et les cavités de presque tous les terrains; elle a une texture saccharoïde, c'est-à-dire semblable à celle du sucre en pain, dans le marbre blanc statuaire; sa texture est compacte dans la plupart des marbres employés en architecture; enfin elle est terreuse dans la Craie et dans le Calcaire grossier, qui fournit la pierre à bâtir employée à Paris.

Ces observations sont applicables à plusieurs autres substances également très répandues dans la nature, comme le Feldspath, le Quartz, &c....; il est donc impossible de prendre la texture pour base de classification, mais on s'en sert avec avantage pour sous-diviser une même espèce en plusieurs sous-espèces; ces divisions qui facilitent l'étude de la minéralogie sont importantes à constater parce qu'elles sont le plus souvent en rapport avec la position géologique des différentes variétés d'une même substance.

La couleur est encore un caractère moins spécifique que la texture: on conçoit qu'elle peut varier suivant les mélanges accidentels, qui souillent les substances minérales. Cependant pour les minéraux métallifères, le caractère est important, parce que chaque combinaison métallique affecte une couleur qui lui est propre; mais il est impossible même dans ce genre d'espèce de tirer de la couleur un caractère spécifique attendu qu'elle n'est constante et bien distincte que dans



les variétés entièrement pures et sans mélange, et que dans les autres elle subit des altérations qui tendent à la faire confondre avec celles qui appartiennent à d'autres espèces.

La Dureté et la tenacité sont également des caractères très variables dans les échantillons d'une même espèce, qui peuvent être plus ou moins durs, plus ou moins tenaces, dans certaines limites, soit par le résultat de mélange, soit, par la nature de leur texture, de leur gisement, ou par les altérations qu'ils ont subies.

Les formes imitatives que présentent quelques substances minérales sous dues aux circonstances dans lesquelles elles se sont déposées: ainsi, la chaux carbonatée dissoute dans l'eau qui suinte à la voûte d'une grotte, forme, par l'évaporation de cette eau, des stalactites qui s'attachent sur les parois de ces grottes. Si la substance dissoute remplace, par une cause quelconque, les différentes parties du tissu d'un corps organique, ou si elle se moule à l'entour, elle en prend la forme, et donne ainsi naissance à des pseudomorphoses connues sous le nom de pétrifications: ce genre de forme n'a aucune relation avec la substance qui l'affecte. Il en est de même des Epigènes et des pseudocristaux qui rentrent dans les pseudomorphoses ci-dessus, elles ne sont autre chose que le produit du moulage d'un minéral dans les vides laissés par les cristaux détruits d'une autre espèce.

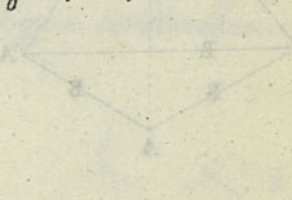
La plupart des substances minérales se présentent dans la nature sous la forme de polyèdres réguliers, ou du moins symétriques que l'on appelle cristaux. Les formes cristallines, sont souvent très nombreuses; une même substance en affecte quelquefois plus de deux cents, en tenant compte de toutes les combinaisons qu'elles forment entre elles. Mais tous les cristaux appartenant à une même espèce peuvent se rapporter géométriquement à une forme unique à laquelle on a donné généralement le nom de forme primitive et elles s'en déduisent par des lois assez simples. On désigne par l'expression de formes secondaires, les cristaux qui dérivent du solide primitif. L'ensemble des formes cristallines d'une même espèce, y compris sa forme primitive et les lois symétriques qui les lient entre elles, constituent ce qu'on appelle son système cristallin.

Cette forme primitive est souvent celle qui s'obtient par la cassure lamelleuse, lorsque les substances admettent un ou plusieurs joints naturels suivant lesquels elle se divise; on l'appelle alors aussi solide de clivage, du mot cliver que les lapidaires emploient pour indiquer l'opération de fendre les cristaux de diamant. La chaux carbonatée présente des clivages très faciles qui mènent à un rhomboèdre, ou les obtient en cassant un morceau lamelleux, même, avec un marteau.

Il est rare que les substances minérales jouissent de clivages aussi faciles, que la chaux carbonatée, souvent il faut beaucoup d'habitude et même de dextérité pour les obtenir, et quelquefois même, on ne reconnaît les joints naturels que par le chatoyement que l'on observe en faisant miroiter le minéral à la lumière. Plusieurs espèces ne présentent aucun clivage. Dans ce cas les formes primitives sont déduites seulement de considérations géométriques.

Les formes

2°. Caractères géométriques ou cristallographiques.

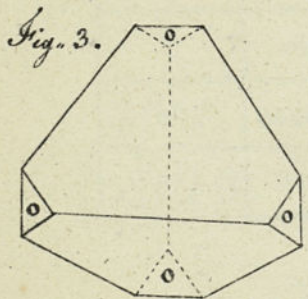
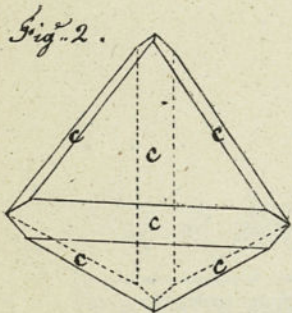
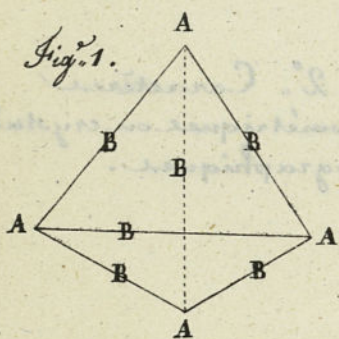


Les formes primitives des cristaux peuvent se réduire à six types qui sont :

- 1°. Les formes régulières de la géométrie dont la plus simple est le tétraèdre ;
- 2°. Le rhomboèdre ;
- 3°. L'Octaèdre à base carrée ou le prisme droit à base carrée ;
- 4°. L'Octaèdre à base rectangle ou le prisme droit à base rectangle ;
- 5°. Le prisme oblique à base rhombe ;
- 6°. Le prisme oblique non symétrique.

Pour faire dériver les formes secondaires des formes primitives, on suppose que les angles ou les arêtes de ces dernières formes sont modifiés par l'addition d'une ou de plusieurs faces. Mais ces faces additionnelles sont sujettes à une loi de symétrie, découverte par M^r Haüy, qui consiste en ce que toutes les parties semblables d'un cristal doivent être modifiées de la même manière.

1^{er} Type Cristallin.



Les différentes formes régulières de la Géométrie qui constituent le premier Type cristallin, peuvent se déduire facilement les unes des autres. Prenons pour point de départ, la plus simple d'entre elles, le tétraèdre régulier. Ce solide est une pyramide à 3 faces Fig. 1 dans laquelle tous les angles et tous les côtés sont égaux ; il est donc composé de quatre faces, quatre angles solides et six arêtes. Le solide étant régulier, toutes les parties sont également placées par rapport au centre de la sphère circonscrite. Ces modifications qui naîtront sur les angles ou les arêtes de ce cristal devront toujours être disposées d'une manière qui soit symétrique, et en effet, si comme tout porte à le croire, ces modifications sont le résultat de forces qui ont agi sur les molécules du cristal à l'époque de sa formation, toutes les parties du cristal étant semblablement placées, les modifications qui ont eu lieu sur une partie doivent s'être reportées sur l'autre.

Supposons d'abord que les modifications aient eu lieu sur les arêtes Fig. 2, et que nous menions un plan sur chaque arête du tétraèdre de manière que les faces qui en résultent soient également inclinées par rapport aux deux faces contigües, nous obtiendrons un solide composé de six plans également inclinés les uns par rapport aux autres et disposés symétriquement par rapport à un centre, définition qui est celle d'un cube. Ces plans ainsi menés s'appellent troncatures parce que l'on peut supposer qu'au lieu d'appliquer un plan sur une arête on a enlevé cette arête au moyen d'un plan coupant. Les troncatures également inclinées sur les deux faces adjacentes s'appellent troncatures tangentes.

Si nous supposons des modifications sur les angles du solide, par exemple, qu'il naisse un plan sur chaque angle solide Fig. 3, de manière que ce plan soit perpendiculaire à l'axe et par conséquent parallèle à la base opposée, nous aurons un octaèdre régulier, car il se composera de huit faces également distantes d'un centre et parallèles deux à deux : dans cet octaèdre, la moitié des faces appartiendra aux faces du tétraèdre l'autre moitié sera donnée par les plans de troncature sur les angles du tétraèdre.

Si au lieu d'une troncature sur chaque angle solide du tétraèdre nous concevons qu'il naisse une pyramide à trois faces

faces, Fig. 4, ce qu'on appelle pointement en minéralogie nous aurons un solide composé de trois fois autant de faces qu'il y en a déjà, c'est-à-dire, de douze faces: ce sera donc un dodécaèdre régulier.

On déduira ainsi du tétraèdre toutes les autres formes régulières de la Géométrie, mais on les obtient encore plus facilement du cube ou de l'octaèdre.

Considérons le premier de ces solides, Fig. 5; il est composé de six faces perpendiculaires entre elles, de huit angles solides et de douze arêtes. Toutes ces parties sont également distantes du centre du cristal qui est celui de la sphère inscrite ou circonscrite.

Une troncature tangente sur chaque angle solide, Fig. 6, donnera naissance à un solide à huit faces qui sera l'octaèdre régulier; une troncature tangente sur les douze arêtes donnera le dodécaèdre régulier.

Un pointement à trois faces, Fig. 7, sur chacun des huit angles solides produirait un solide à 24 faces, &c., &c.

D'après ces deux exemples, on conçoit facilement que les corps réguliers de la géométrie dérivent tous les uns des autres, circonstance qui conduit à les réunir en un seul groupe: ces différentes formes peuvent se combiner 2 à 2, 3 à 3, &c., &c. D'où il résulte que les formes régulières peuvent offrir et offrent effectivement dans la nature une très grande variété de cristaux: la Pyrite de fer, combinaison de soufre et de fer affecte un grand nombre de ces formes; il y a quelques cristaux de cette substance qui ont jusqu'à 120 facettes.

Ce système est appelé système rhomboédrique, parce que tous les cristaux qui le composent peuvent se déduire par des lois très simples d'un rhomboèdre.

Le rhomboèdre est un parallélépipède à six faces, Fig. 8, dans lequel toutes les faces sont des rhombes égaux et également inclinés les uns par rapport aux autres; d'après cette définition qui est celle donnée par la géométrie, il n'y a que deux manières d'assembler ensemble les six rhombes pour en faire un solide.

1°. En réunissant trois angles plans aigus pour former un angle solide; les trois autres seront nécessairement placés de manière à former un angle solide semblable au premier et opposé, les six autres angles solides seront égaux entre eux et composés de deux angles plans obtus et d'un plan angle aigu.

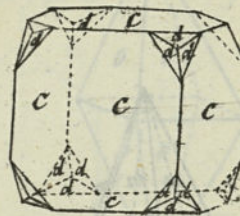
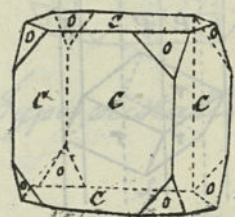
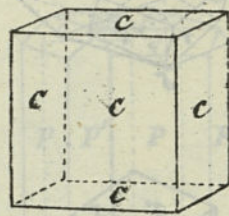
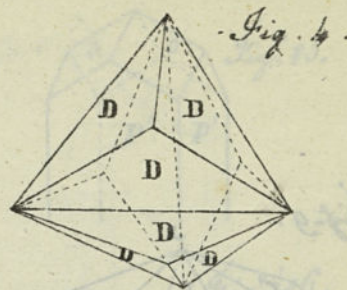
2°. En réunissant trois angles plans obtus pour former un angle solide qui en entraînera un autre semblable opposé et six autres angles composés chacun de deux angles plans aigus et un obtus. Il résulte de cette disposition que le rhomboèdre présente toujours deux angles solides opposés égaux et que toutes les faces du rhomboèdre seront symétriquement disposées autour de la ligne qui les joint et que nous appelons l'axe du rhomboèdre. Considéré de cette manière ce solide jouit d'une grande symétrie; en effet, les angles ne sont plus alors que de deux espèces.

1°. Deux angles sommets placés aux extrémités de l'axe.

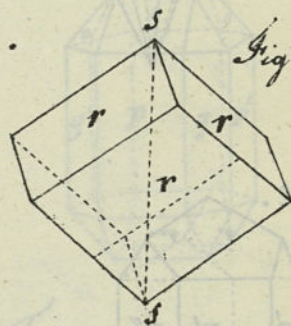
2°. Six autres angles placés symétriquement autour de l'axe; il en est de même des arêtes.

Le Rhomboèdre

m.g. 2.



2°. Type cristallin.



Le Rhomboïdre présente donc deux sortes d'angles et deux sortes d'arêtes; et pourra donner lieu à quatre genres de modifications.

Examinons les succinctement :

Modifications sur les Arêtes.

1°. Les troncatures tangentielles sur les arêtes du Sommet, étant au nombre de six, donneront un solide à six faces; en outre chacune des arêtes du rhomboïdre primitif étant également inclinée par rapport à l'axe, les nouveaux plans seront aussi également inclinés relativement à cet axe; on aura donc un nouveau solide dans lequel les angles au Sommet seront égaux et les faces seront symétriquement placées autour de l'axe; ce sera un nouveau rhomboïdre, r' fig. 9. En faisant sur ce solide les mêmes suppositions que sur le premier on aura des rhomboïdres successifs tangents les uns aux autres. Ces formes se trouvent dans la nature; ainsi la chaux carbonatée, substance la plus féconde en cristaux, de même qu'elle est la plus abondante, présente une série de cinq rhomboïdres tangents les uns aux autres.

2°. Des troncatures tangentielles sur les six arêtes latérales produiront un prisme à six faces régulier, P Fig. 10.

3°. Un biseau sur les arêtes du Sommet donnerait un solide à douze faces qui serait un dodécaèdre triangulaire scalène, Fig. 11, forme très abondante dans les cristaux de chaux carbonatée, et qui a reçu le nom de métastique.

Modifications sur les angles.

1°. Des troncatures sur les angles du Sommet donneront des faces horizontales qui seront les bases du prisme à six faces.

2°. Des troncatures sur les angles latéraux qui sont au nombre de six donneront un prisme à six faces régulier, Fig. 12, différent du premier, Fig. 10.

En résumé le système rhomboédrique produit trois formes différentes.

- 1°. Des Rhomboïdres;
- 2°. Deux prismes à six faces réguliers;
- 3°. Des dodécaèdres triangulaires scalènes.

Chaque rhomboïdre donnant de nouveaux dodécaèdres, le nombre des cristaux qui se rattache à ce système est considérable surtout quand on réfléchit que les trois genres de formes qui dérivent du rhomboïdre se combinent ensemble en proportions différentes.

3°. Type cristallin.

Ce système est un octaèdre à base carrée ou prisme droit à base carrée: la définition de ces solides se trouve toute entière dans leur dénomination: si on se sert de l'octaèdre, comme forme primitive, on y distinguera;

- 1°. Des angles solides au nombre de six, savoir; deux aux Sommet, Fig. 13; et 4 à la base;
- 2°. Deux sortes d'arêtes, savoir; a huit arêtes culminantes; b quatre arêtes de la base.

Il peut donc y avoir quatre genres de modifications; placées sur les huit arêtes culminantes, elles donnent un solide à huit faces qui est un nouvel octaèdre à base carrée. Des troncatures tangentielles aux arêtes de la base sont verticales, et donnent par conséquent le prisme carré, Figure 14,

Fig. 9.

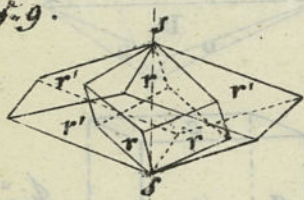


Fig. 10.

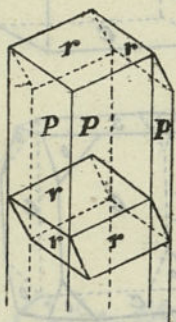


Fig. 11.

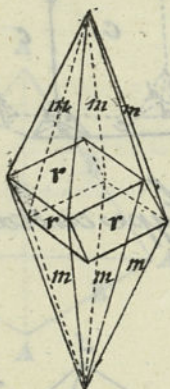


Fig. 12.

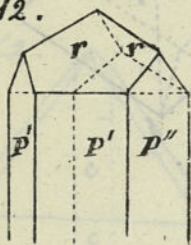


Fig. 13.

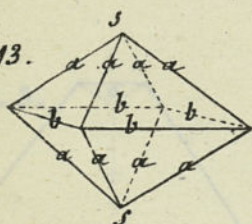
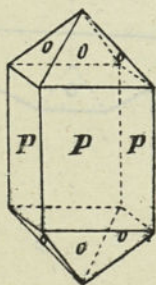


Fig. 14.



surmonté d'un pointement à 4 faces dû à l'octaèdre primitif.

Des troncatures tangentielles sur les angles donneront un second prisme carré différent du précédent, et les faces *O* de l'octaèdre, Fig. 15, seront placées différemment, de sorte que si les deux pointements se rapprochent, il en résultera un rhomboïdal symétrique.

Le remplacement des angles sommets par un plan donnera les bases des deux prismes que l'on vient d'indiquer.

Si les modifications ont lieu à la fois sur les arêtes et les angles de la base, nous obtiendrons un prisme à huit faces, formé par la réunion des deux prismes à base carrée, — figure 16.

Ou lieu d'une troncature sur les arêtes ou les angles, il peut y en avoir deux ou trois, d'où l'on voit qu'il peut résulter de ce système cristallin un grand nombre de cristaux différents.

Ce système est un octaèdre à base rectangle ou prisme droit à base rectangle; dans ces solides la symétrie n'est plus aussi grande que dans ceux que nous venons de parcourir; dans l'octaèdre, par exemple, Fig. 17, les angles solides sont de deux espèces, savoir;

- deux angles sommets;
- quatre angles de la base.

Ou distingue également des arêtes de deux sortes, savoir;

- quatre arêtes de la base;
- huit arêtes culminantes.

Les arêtes culminantes sont également placées par rapport à l'axe et sont par conséquent semblables, mais, il n'en est pas de même des arêtes de la base; il y en a deux d'une espèce, et deux de l'autre. D'après les lois de la symétrie les modifications ayant toujours lieu sur des parties semblables, pourront être placées soit sur les deux angles sommets, ou sur les angles correspondants de la base. Quand aux modifications sur les arêtes de la base, elles auront lieu simultanément ou seulement deux à deux, tandis que les arêtes culminantes seront tronquées toutes ensemble: la fig. 18 qui appartient au Cérifol offre un exemple où ces différentes modifications existent simultanément.

Ce système est un prisme droit oblique à base rhombe. Dans ce solide, Fig. 19, la symétrie est beaucoup moins grande que dans tous ceux que nous venons d'examiner succinctement.

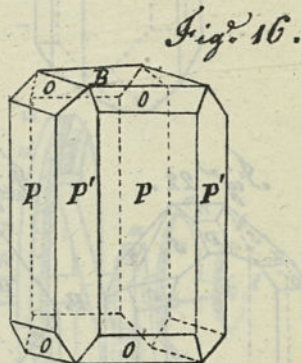
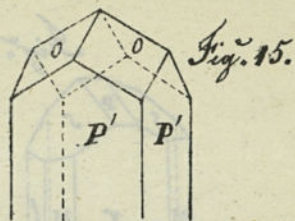
Les angles solides sont de trois espèces, savoir;

- l'angle *A* sur le devant;
- l'angle *O* sur le derrière;
- les deux angles *E* qui sont d'une manière symétrique relativement à l'axe. En effet si l'on désigne le cristal de manière que les arêtes latérales soient verticales, la diagonale qui joint les angles *E, E* est horizontale d'après les propriétés de ce genre de prismes.

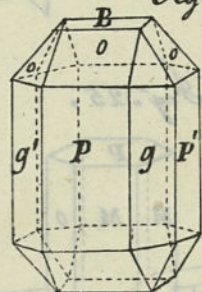
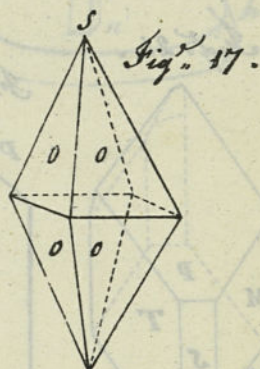
Les arêtes sont de deux ordres et de quatre espèces, savoir;

- les 4 arêtes verticales, dont deux *H* correspondant aux angles *A* et *O*, et deux *G* aux angles *E*;
- quatre arêtes de la base, dont deux *D* sur le devant du cristal et deux *B* sur le derrière.

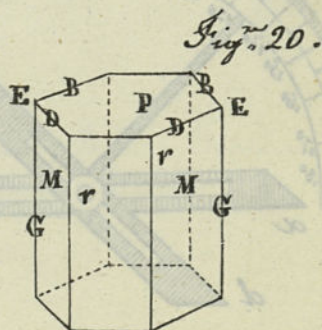
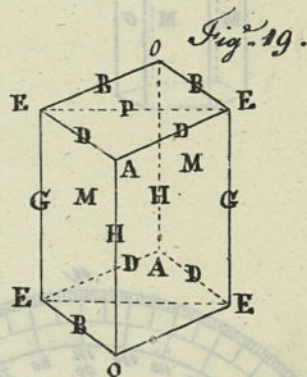
Il résulte de ces différentes parties que dans le prisme oblique rhomboïdal, il peut y avoir sept ordres de modifications qui donnent des prismes tantôt basés, tantôt surmontés de biseaux ou de pointements différents ainsi que les figures



4. Type cristallin.



5. Type cristallin.



20, 21 et 22 le représentent.

Fig. 21.

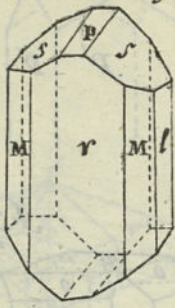


Fig. 22.

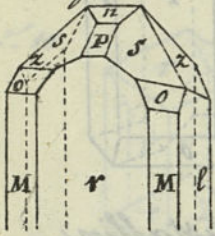


Fig. 23.

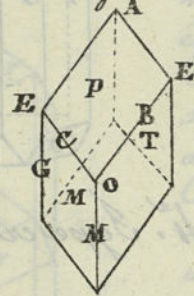


Fig. 24.

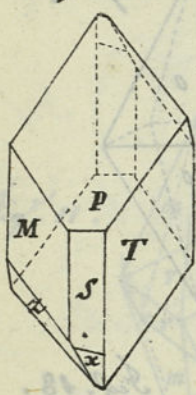


Fig. 26.

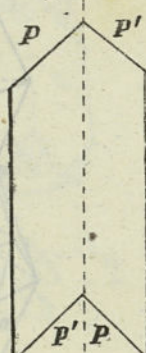
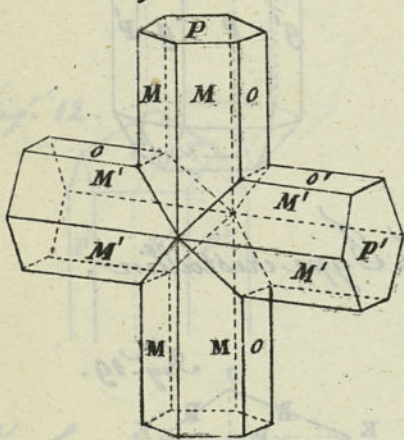


Fig. 25.



6^e et dernier Type cristallin.

Ce système est le prisme oblique à base non symétrique. Dans ce cristal, Fig. 23, tous les angles solides sont inégaux et toutes les arêtes sont différemment placées. Ce solide admet par conséquent beaucoup plus de modifications que les précédents; peu d'espèces affectent cette forme: nous nous bornerons à l'indiquer; la Fig. 24 qui appartient à un cristal d'axinite montre à la fois la disposition de cette forme et leur peu de symétrie.

Des croisements de cristaux et des hémotropies.

Les cristaux ne doivent jamais présenter d'angles rentrants, cependant dans la nature, on en observe fréquemment; cette disposition en apparence anormale, tient à deux circonstances qui sont les creusements réguliers, Fig. 25, et les hémotropies ou réunion de cristaux en sens inverses, représentés, Fig. 26, mais si on examine avec attention, on voit qu'on peut décomposer les hémotropies en deux cristaux simples. Les angles rentrants sont toujours disposés avec une grande symétrie, et le cristal est disposé comme cela aurait lieu si la moitié du cristal avait fait une demi-révolution autour d'un axe perpendiculaire à ce plan et qu'il se fût appliqué sur l'autre partie du cristal de manière à n'en former qu'un seul.

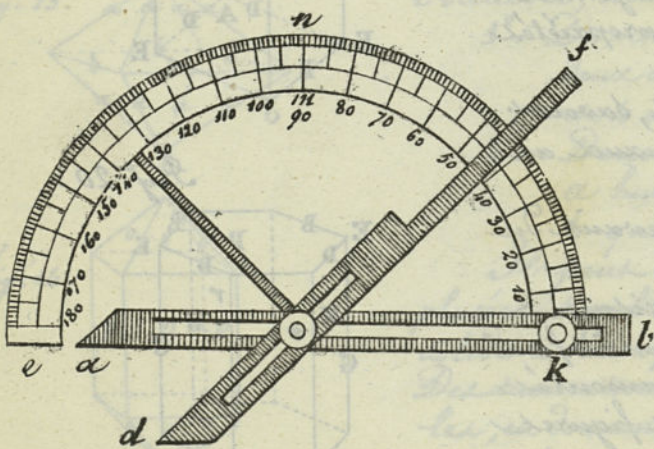
Détermination de la forme primitive.

Les cristaux de la nature étant très souvent surchargés de facettes, la forme primitive est voilée. Elle pourrait être mise à découvert ainsi que nous l'avons dit en cassant le cristal suivant les faces de clivage; mais quelque fois la substance présente des clivages difficiles et on aurait alors détruit le cristal sans aucun résultat; mais on peut conclure la forme primitive de l'examen des formes secondaires. Il faut étudier la symétrie des modifications, et leur nombre indiquera le type cristallin auquel appartient la forme secondaire. Supposons, par exemple, un prisme à 4 faces surmonté du biseau, la forme primitive sera évidemment un prisme rhomboïdal, et si l'arête du biseau est inclinée sur les faces verticales comme dans la fig. 21; le prisme sera oblique; pour connaître la base, il faut déterminer l'angle compris entre la face du prisme et celle du biseau.

Mesure des angles.

Cette détermination se fait au moyen du Goniomètre.

Celui dont s'est servi M. Plaijy est composé d'un demi-cercle analogue au Rapporteur, fig. 27 ci contre, et de deux diamètres ab, fd qui peuvent glisser l'un sur l'autre de manière à se raccourcir et à s'allonger à volonté. On place le cristal entre les deux diamètres et on fait varier leur angle de manière qu'ils s'appliquent exactement sur les faces; l'angle que font les diamètres est précisément celui que l'on veut mesurer; leur position sur le demi-cercle indique la valeur de cet angle. Le demi-cercle peut se plier par la moitié en mn, afin que son extrémité e n'empêche par les diamètres de



s'applique sur les faces du cristal : une petite traverse CO solidifie le demi-cercle lorsqu'il est développé.

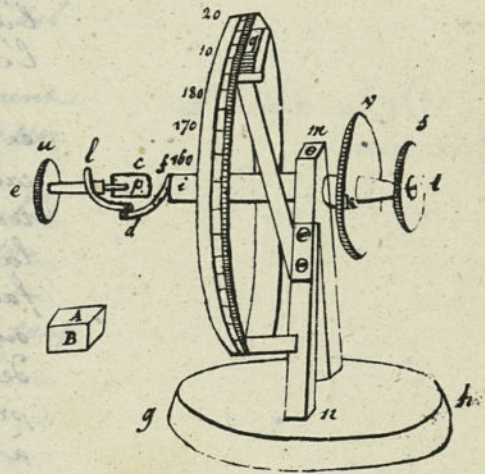
Ce goniomètre ne donne que des mesures très imparfaites ; on se sert presque toujours du Goniomètre à réflexion inventé par le Docteur Wollaston ; il consiste en un cercle entier divisé en degrés sur la tranche, disposé verticalement sur un axe horizontal mobile ik , qui est assujéti par un support mn , reposant sur un pied horizontal gh . Ce cercle est muni d'un verrier q , qui est fixe et adapté au support mn . L'axe ik est creux et traversé par un second axe tf ; l'un et l'autre peuvent tourner sur eux-mêmes au moyen des viroles v et s , avec cette différence que la virole s ne fait tourner que l'axe intérieur, l'axe extérieur et le cercle restant immobiles, au lieu que la grande virole v fait tourner à la fois l'axe extérieur et le cercle qui lui est adapté, et aussi l'axe intérieur.

Cet axe intérieur est prolongé en f , d'abord par une branche circulaire fl qui est brisée et peut se mouvoir en d : son extrémité l est creuse et traversée par une tige ronde ep , qui peut s'avancer ou se reculer, et en même temps se mouvoir circulairement au moyen de la virole u ; l'extrémité p est fendue de manière à recevoir une petite plaque de cuivre c .

C'est sur cette plaque c , ou à l'extrémité p de la tige ep que l'on fixe, avec de la cire, le cristal AB sur lequel on veut mesurer un angle dièdre ; et c'est pour pouvoir donner à volonté au cristal toutes les positions nécessaires, que l'on a imaginé les différents mouvements que l'on vient de décrire dans le prolongement fe .

On conçoit qu'il faut placer le cristal de manière que l'intersection des deux faces dont on veut mesurer l'angle, soit d'abord à peu près parallèle à l'axe de rotation. On obtient ensuite ce parallélisme rigoureusement par des moyens que nous allons décrire.

Pour observer avec ce Goniomètre, il faut le placer sur un plan horizontal, et diriger le plan du cercle à peu près perpendiculairement à la face d'un bâtiment peu éloigné, et offrant, comme cela est ordinaire, plusieurs lignes horizontales parallèles, telles, par exemple, que la ligne extrême du toit et une ligne de balcon d'un même étage. On tourne alors le cristal par le moyen de la virole s , de manière à appercevoir sur une de ses faces A l'image réfléchie de la plus haute de ces lignes parallèles, puis on fait varier sa position, toujours au moyen de la virole s , de manière que l'œil observe à la fois cette ligne réfléchie et l'autre ligne inférieure du bâtiment vue directement, coïncidant ensemble. Lorsqu'on y est parvenu, on fait la même opération sur l'autre face B , sans toucher au cristal, mais seulement en le faisant tourner par la virole s : si la coïncidence a également lieu, on est assuré que l'intersection des deux faces A et B est bien parallèle à l'axe de rotation, et que le plan du cercle est perpendiculaire aux deux lignes de mire parallèles. Le plus souvent on ne réussit pas d'abord : les deux lignes ne peuvent être amenées à la coïncidence sur



la seconde face B ; on y voit l'image de la ligne réfléchie couper la ligne vue directement. Pour obtenir la coïncidence, on fait varier, soit la position du cristal sur son support au moyen des divers mouvements du prolongement je, soit la direction du plan du cercle vers le bâtiment. Après quelques tâtonnements, dont on acquiert bientôt l'habitude, on parvient à trouver la véritable position, dans laquelle la coïncidence parfaite de la ligne réfléchie et de la ligne (parallèle à la première) vue directement a lieu également sur l'une et l'autre face du cristal, ce qui est la condition essentielle pour l'exactitude de l'observation.

Alors, au moyen de la visole V, on met le cercle à zéro, et, au moyen de la visole S, on amène une des faces A du cristal à donner à l'œil la coïncidence indiquée. On fait tourner ensuite le cristal, et en même temps le cercle, avec la visole V, de manière à obtenir la coïncidence sur l'autre face B. Il est évident que le cercle, qui tourne aussi, (comme on l'a dit) avec la visole V, doit marquer le nombre de degrés de la rotation qu'a subie le cristal pour que la face B vienne prendre la position qu'avait la face A lorsque le cercle était à zéro. On a donc mesuré un angle qui est celui de deux lignes perpendiculaires aux plans A et B du cristal et qui est par conséquent le supplément de l'angle cherché.

2^e Leçon.

Des Caractères chimiques des Minéraux.

Les cristaux étant rares dans la nature la connaissance des formes cristallines est souvent insuffisante pour reconnaître les substances minérales ; on est alors obligé de recourir à des caractères particuliers que l'on désigne sous le nom de caractères chimiques ou physiques, suivant qu'ils exigent pour être appréciés l'emploi de réactifs, ou seulement la connaissance de certaines propriétés.

Parmi les caractères chimiques, les essais au chalumeau sont les plus importants, et ils fournissent souvent des caractères distinctifs ; le corps que l'on essaie doit d'abord de nature être placé sous le courant du chalumeau à l'extrémité d'une pince ou sur un morceau de charbon ; on examine d'abord si la substance est fusible ou infusible. Dans le premier cas elle se transforme en verre, en mail, en fritte ou en scorie. Si elle est infusible, et qu'il soit utile d'en déterminer la fusion, on la mélange avec des réactifs qui sont ordinairement la soude carbonatée, le Borax, le sel de phosphore, le nitre, &c. ; les deux premiers agissent soit comme fondants, soit comme désoxidants, dans le premier cas, on obtient un globule dont la couleur indique la nature du minéral ; c'est ainsi que le cobalt, le Chrome, le Cuivre, le Manganèse sont reconnus par les couleurs bleue, verte, violette, de leurs oxydes. Dans le deuxième cas, on obtient en général un globule minéralique dont les caractères extérieurs indiquent la nature.

Le sel de phosphore dont Berzelius fait un grand emploi est un phosphate double de soude et d'ammoniaque. Ce sel agit principalement par l'acide phosphorique libre qu'il renferme ;

qu'il renferme, ces excès s'empare des bases et forme avec elles des sels doubles plus ou moins fusibles dont on examine la transparence et la couleur. Ce sel est utile pour reconnaître les oxydes métalliques dont il s'empare, il en fait ressortir les couleurs beaucoup mieux que le borax. Il exerce une action répulsive sur quelques oxydes, ceux qui sont volatils se subliment tandis que les autres se séparent de leurs combinaisons et demeurent en suspension dans le verre que l'on obtient. Cette propriété fait reconnaître les silicates; la silice mise à nud paraît en masse gélatineuse dans le sel de phosphore liquéfié.

Le nitre a peu d'emploi, on s'en sert principalement quand on soupçonne du manganèse parce qu'il en fait ressortir la couleur avec vivacité.

Le Gypse et le Spath-Fluor forment un sel double qui est très fusible, et sont employés pour se reconnaître mutuellement.

Il existe plusieurs autres réactifs dont l'usage est trop limité pour qu'on les indique dans cet ouvrage général.

Des Caractères physiques.

Les caractères physiques, ceux qui ont rapport à quelques lois physiques, sont :

- 1° Le Magnétisme,
- 2° L'Électricité,
- 3° la pesanteur spécifique,
- 4° la double refraction.

Cette propriété n'existe que pour les minéraux qui contiennent du fer à l'état métallique, ou au minimum d'oxidation; elle peut se manifester de deux manières différentes: ou le minéral agit par attraction sur l'un des pôles de l'aiguille aimantée, ou il possède lui-même des pôles qui agissent sur la limaille de fer. Deux minéraux seuls possèdent cette propriété, la Pyrite magnétique et le fer oxidulé; c'est cette dernière substance qui fournit les aimants naturels.

1° Du Magnétisme

Tous les minéraux peuvent devenir électriques par l'un ou l'autre des moyens connus, ils peuvent en outre acquies l'électricité immédiatement et sans que l'on soit obligé de les isoler: ils peuvent s'électriser à une chaleur plus ou moins grande et conserver cette propriété plus ou moins longtemps; ces différentes circonstances donnent lieu à une échelle d'électricité qui pourrait être très utile pour classer les espèces minérales.

2° De l'Électricité.

Pour s'assurer de l'existence de l'électricité, on se sert d'une aiguille de cuivre portant à ses extrémités deux petites boules, et tournant sur un pivot de verre.

Quelques espèces prennent l'électricité positive, d'autres l'électricité négative; quelques-unes les possèdent toutes deux à des pôles opposés. Cette polarité électrique paraît avoir quelques rapports avec la forme.

3° De la Pesanteur spécifique.

Malgré les mélanges que présentent les espèces minérales, leur pesanteur spécifique éprouve rarement de grandes variations; circonstance qui rend ce caractère fort utile pour distinguer certains minéraux: on s'en sert avec avantage pour reconnaître les pierres gemmes taillées et sur

lesquelles on n'ose pas faire d'autres essais. On apprécie la pesanteur spécifique soit au moyen de l'aréomètre de Nicolson, soit en introduisant la substance dans un flacon qui puisse être tenu plein de manière à présenter toujours le même volume; le nombre qui représente la pesanteur spécifique est donné par la proportion suivante;

$$p \text{ (poids de l'eau)} : p' \text{ (poids du corps)} :: 1 \text{ (pes. sp. de l'eau)} : x \text{ (pes. sp. du corps)}$$

d'où

$$x = \frac{p'}{p} .$$

4°. De la double réfraction.

Ce caractère en rapport direct avec la forme est le seul qui puisse être regardé comme spécifique. Il a servi à déterminer la nature des formes de certaines espèces et avec son aide on a rectifié des erreurs que l'imperfection des cristaux avait causés. Il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur ce sujet.

On sait que dans l'attraction que les molécules d'un corps diaphane exercent sur celles du rayon lumineux qui le traversent, il existe une loi constante entre les angles du rayon incident et du rayon réfracté: les deux rayons sont dans un plan perpendiculaire à la surface réfringente et le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant pour la même substance, quelle que soit l'obliquité du rayon incident. Ce rapport varie d'une substance à l'autre, de sorte que l'on peut dresser des tables de pouvoir réfringent et se procurer ainsi des indices certains pour reconnaître chaque espèce minérale.

Outre cette réfraction simple qui est propre aux liquides et aux corps diaphanes non cristallisés, la plupart des minéraux présentent la réfraction double, c'est-à-dire qu'ils donnent une double image de l'objet qui leur est soumis. Les substances qui cristallisent dans les formes régulières de la géométrie et que l'on a comprises sous le type de tétraèdre régulier, ne jouissent pas de cette propriété, exception qui donne déjà un caractère certain pour les reconnaître.

Dans les cristaux dont les faces sont symétriquement placées autour d'un axe unique, comme les rhomboédres et les prismes à six faces régulières, l'observation a fait voir que l'un des rayons réfractés suit les lois que nous avons indiquées pour la réfraction simple, et que l'autre est assujéti à des lois particulières: dans certains cas seulement, il se trouve dans le plan d'incidence; dans tous les autres, il s'en écarte à droite ou à gauche. Enfin le sinus de l'angle de réfraction n'est pas un rapport constant avec le sinus d'incidence sur la face réfringente. D'après ces observations on appelle le premier, rayon ordinaire et l'autre rayon extraordinaire.

En examinant les substances douées de la double réfraction, on s'aperçoit qu'elles ne présentent pas indifféremment ce phénomène: ainsi les substances qui appartiennent au système cristallin rhomboédrique, au système prismatique à base carrée, ainsi que les cristaux qui offrent des faces perpendiculaires ou parallèles à l'axe, ne donnent pas de double image lorsque le rayon incident les traverse perpendiculairement à ces faces; par exemple, si on place une des bases d'un cristal prismatique de chaux carbonatée

carbonatée sur une ligne noire, et qu'on regarde perpendiculairement dans la face opposée; on ne voit qu'une image réfractée; mais une circonstance qui prouve qu'il y a dans ce cas double-réfraction et que les images sont dans le même plan perpendiculaire; c'est que la partie milieu de la ligne est plus noire que les extrémités, ce qui résulte de ce que les deux images se recouvrent au milieu. Mais si on s'écarte de cette direction perpendiculaire, bientôt les deux rayons réfractés se séparent, et on voit chacun d'eux à égale distance de la perpendiculaire: on remarque aussi que les deux images se trouvent avec le rayon direct dans un même plan perpendiculaire à la surface réfringente.

Si au lieu de placer le cristal prismatique sur une de ses bases, on le met sur une de ses faces latérales et qu'on regarde par l'autre, on observe encore une seule image pour la position perpendiculaire au rayon visuel et des images doubles pour des incidences obliques; mais, il n'en est plus ici comme dans le cas précédent: d'un côté la déviation des images varie avec la position du plan d'incidence du rayon direct; d'un autre côté il n'y a que deux positions où les images se trouvent avec le rayon direct dans le même plan perpendiculaire à la surface réfringente: l'une de ces positions a lieu dans un plan vertical perpendiculaire au même axe.

On conclura de là qu'il n'y a pas de réfraction extraordinaire lorsque le rayon direct passe dans le cristal parallèlement ou perpendiculairement à son axe, circonstance analogue à celle que l'on observe pour la réfraction ordinaire laquelle n'a pas lieu lorsque le rayon direct est perpendiculaire à la face réfringente.

L'observation démontre en outre que lorsque le rayon extraordinaire et le rayon direct se trouvent dans un même plan perpendiculaire à la surface réfringente (ce qui a lieu comme nous venons de le voir dans les cas de parallélisme ou de perpendicularité de ce plan à l'axe du cristal). Il existe un rapport constant entre le sinus de réfraction extraordinaire et le sinus d'incidence quelle que soit l'inclinaison du rayon direct.

D'après ces observations, la réfraction extraordinaire semble avoir lieu par rapport à l'axe du cristal comme la réfraction ordinaire par rapport à une surface réfringente quelconque; donc les choses se passent dans la réfraction extraordinaire comme si cet axe possédait une force particulière capable d'attirer ou de repousser, suivant la nature des substances, une partie des molécules lumineuses en les séparant du faisceau ordinaire. Pour exprimer cette idée on a désigné l'axe cristallin d'une molécule matérielle qui appartient à l'un ou à l'autre des deux types que nous avons cités, sous le nom d'axe de double réfraction.

Toutes les substances qui cristallisent dans les systèmes réguliers, ne possèdent pas la double réfraction, celles dont les cristaux sont réductibles à une forme primitive dont les faces sont symétriquement placées par rapport à une ligne ne possèdent qu'un axe de double réfraction. Toutes les autres, dont les cristaux ne sont réductibles qu'à des formes où ces conditions n'existent pas, ont deux axes de double réfraction, c'est-à-dire qu'il existe dans l'intérieur de ces corps deux directions, suivant lesquelles un rayon lumineux pourrait les traverser sans subir de division;

m. g. A.

telles sont les substances qui se rapportent au type prismatique rectangulaire, au type prismatique à base oblique.

Les axes de double réfraction sont disposés d'une manière régulière par rapport aux cristaux, c'est-à-dire, que s'ils se trouvent dans un plan parallèle à l'une des faces latérales, la ligne qui divise cet angle en deux parties égales est parallèle à la base, d'où il suit que si elle est perpendiculaire à une arête le prisme est droit.

Classification des Minéraux.

Si on discute l'importance des caractères des minéraux, on reconnaît que la plupart ne leur sont pas essentiels, et qu'ils se rapportent à des variétés particulières; la texture, l'un des plus importants parce qu'il se lie d'une manière intime avec leur nature est souvent très variable: la chaux carbonatée, par exemple, présente des variétés dont la texture est tantôt lamelleuse, fibreuse, saccharoïde, compacte ou terreuse. Ce genre de caractères ne peut donc être employé pour la classification des minéraux, elles sont presque toutes basées, soit sur la forme cristalline, soit sur la composition chimique caractères constants pour chaque espèce.

M. Plaiy, fondateur de la minéralogie moderne, qui d'une simple science d'observation l'a élevée au rang des sciences mathématiques et physiques, s'est exclusivement fondé dans la formation des espèces, sur le système cristallin et il a posé les deux principes suivants, résultats de ses nombreuses observations.

Les substances qui ont des formes primitives ou des systèmes cristallins différents ont une composition chimique différente.

Réciproquement les minéraux dont la composition chimique est différente ont un système cristallin différent.

Ces belles lois de M. Plaiy sont aujourd'hui trop générales; des observations récentes ont prouvé que quelques substances chimiquement différentes ont un système cristallin sensiblement identique; de sorte qu'elles peuvent se remplacer dans toutes proportions.

On appelle *isomorphes* les substances qui jouissent de cette propriété; dans quelques cas rares, à la vérité et qui peuvent être regardés comme des exceptions, on a reconnu au contraire qu'une substance, sans cesser d'avoir la même composition chimique, pouvait se présenter sous des systèmes cristallins différents et incompatibles entre eux: ces découvertes dues en partie à M. Mitscherlich ont ainsi qu'on vient de le dire atténué la généralité des principes indiqués ci-dessus, et ont entraîné des minéralogistes à rejeter le caractère de la cristallisation comme spécifique, et ils ont basé leur système uniquement sur la composition chimique:

Il n'est pas douteux que ce dernier caractère ne soit le plus essentiel de tous, mais, comme la détermination de la composition chimique d'un assez grand nombre de substances minérales est encore fort incertaine tant à cause des nombreux mélanges qu'elles peuvent présenter, que par la difficulté de reconnaître exactement comment les divers éléments s'y trouvent combinés entre eux, il en résulte que le minéralogiste est forcé de continuer de recourir pour la formation des espèces à l'observation du système cristallin, et si cette détermination n'est pas aussi complète qu'on l'avait crue d'abord, elle est

au moins infiniment probable dans le plus grand nombre de circonstances.

En résultat il est aujourd'hui généralement reconnu tant par les chimistes que par les minéralogistes, que pour la formation des espèces minérales, la composition chimique et la cristallographie doivent être également consultées, et on ne reconnaît qu'une espèce est différente des autres que lorsque ces deux caractères l'indiquent. On pourrait citer des exemples où la cristallographie seule a indiqué la différence qui existait entre deux substances jusqu'alors regardées comme essentiellement identiques, la Baryte sulfatée et la Strontiane sulfatée, par exemple, longtemps classées comme appartenant à la même substance, ont été séparées par l'observation du système cristallin, et ce n'est que plus tard que cette distinction a été confirmée par la chimie. D'un autre côté c'est la chimie seule qui nous a éclairés sur la nature de beaucoup de substances non cristallisées comme les Argiles, les pierres à fusil, &c.... qu'elle a fait rentrer dans l'espèce Quartz; c'est également la chimie qui a prononcé la séparation de substances cristallisées que des rapports géométriques apparents dans des cristaux assez imparfaits avaient conduit à réunir dans une même espèce.

Ce que l'on vient de dire, indique la manière de grouper les substances minérales en espèces, pour les réunir en familles ou en classes. On fera remarquer que toutes les substances minérales sont ou des corps simples, comme les métaux natifs, des oxides purs, ou des sels, c'est-à-dire, des combinaisons de bases avec des acides, ou avec des corps que l'on peut considérer comme tels, la silice par exemple: ainsi l'Emeraude, composée de silice, d'alumine et de glucine, peut être regardée comme un silicate d'alumine plus un silicate de glucine; la silice y joue alors le rôle d'acide par rapport aux deux bases alumine et glucine.

M. Haüy, et après lui presque tous les Minéralogistes Français, excepté depuis quelques années, ont groupé les substances minérales d'après leurs bases. Ils ont réuni dans une même famille les espèces qui contiennent de la chaux, telles que la chaux carbonatée ou pierre à chaux, la chaux sulfatée ou pierre à plâtre, la chaux phosphatée, la chaux fluatée et la chaux arseniatée.

Ils ont formé autant de familles qu'il y avait de bases.

Cette classification a l'avantage de réunir dans un même groupe les combinaisons d'un même métal; combinaisons qui se trouvent presque toujours ensemble dans la nature, mais elle n'est pas la plus philosophique; elle a été abandonnée depuis quelques années surtout par les chimistes. La classification adoptée par eux consiste à grouper les espèces par les acides. Au lieu de réunir dans une même classe les espèces ayant pour base la chaux, ils ont associé celles qui contiennent un même acide: ils ont par conséquent fait des classes de carbonates, de sulfates, de phosphates, &c....: la raison qui les a conduits à adopter cette méthode, est qu'en général les espèces minérales qui contiennent le même acide ont des formes analogues et plusieurs autres propriétés communes: dans la classification par les bases, au contraire, deux espèces placées l'une à côté de l'autre n'ont souvent que peu d'analogie. Du reste ces classifications sont fort imparfaites; cela tient à deux

causes principales; 1°. il n'existe pas de véritables espèces en minéralogie; chaque échantillon est pour ainsi dire un individu isolé, lié seulement aux autres échantillons de la même espèce par une composition analogue; 2°. les minéraux ne présentent pas comme les plantes de passages entre les caractères des espèces, on ne peut alors les grouper en genres ou en familles par une méthode naturelle, c'est-à-dire en rapprochant les substances qui ont le plus de caractères communs.

3°. Leçon.

Chaux carbonatée ou Pierre à chaux.

Cette substance est une combinaison de chaux et d'acide carbonique dans la proportion;

chaux..... 56 contenant 15,73 d'oxygène;
acide carbonique..... 44 31,51

le rapport atomique entre l'oxygène de l'acide et celle de la base est donc de 1 à 2 d'où il résulte que la composition de la chaux carbonatée est représentée par la formule Ca.C^2 .

Cette substance se présente avec des textures variées;

- 1°. cristallisée ou lamelleuse,
- 2°. fibreuse,
- 3°. saccharoïde,
- 4°. compacte,
- 5°. terreuse.

Dans la description de cette substance nous ferons autant de sous-espèces que nous venons d'indiquer de textures; ces sous-divisions sont non seulement importantes sous le rapport des caractères extérieurs mais encore sous celui du gisement géologique.

La chaux carbonatée, caractérisée par son analyse l'est également par sa cristallisation.

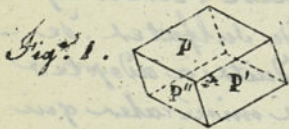
Les cristaux dérivent d'un rhomboïdre dont les angles sont de $105^{\circ}, 5'$ et $74^{\circ}, 45'$.

Les différentes sous-espèces ont des caractères communs. Leur pesanteur spécifique est 27.

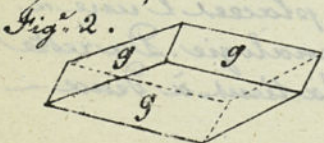
Elles sont peu dures, se laissent rayées par une pointe d'acier. Avec les acides, elles donnent une effervescence due au dégagement d'acide carbonique. Au chalumeau, on obtient de la chaux vive qui mise sur la langue fait éprouver une vive brûlure.

1°. Chaux carbonatée lamelleuse.

primitif.



équiaxe.



Cette sous-espèce jouit de trois clivages très faciles; le solide compris entre les plans du clivage est un rhomboïdre dont les angles sont de $105^{\circ}, 5'$ et $74^{\circ}, 45'$; ainsi que je l'ai déjà indiqués les angles plans des rhombes dont se compose le rhomboïdre primitif sont de $101^{\circ}, 32', 13''$ et $78^{\circ}, 27', 47''$.

D'après les principes que nous avons énoncés sur le rhomboïdre, on voit qu'il peut exister dans la chaux carbonatée;

1°. Des rhomboïdres résultants de modifications des plans tangents sur les arêtes du sommet; leur nombre pourrait être illimité; dans la nature, on en trouve jusqu'à 16 différents. Les trois principaux représentés dans les figures 1, 2 et 3 sont le primitif, l'équiaxe et l'inverse.

2°. Deux prismes hexagonaux donnés par des plans verticaux placés soit sur les arêtes latérales, soit sur les angles latéraux, Fig^{es} 3 et 4.

3°. Enfin un troisième genre de formes très communes renferme les dodécaèdres triangulaires scalènes, Fig^e 6 : ces dodécaèdres sont aussi nombreux que les rhomboédres. Tous les cristaux de chaux carbonatée dont le nombre excède 400 sont formés par la réunion de plusieurs de ces types principaux. La figure 7 représente une forme appelée bibinaire par M^{rs} Haüy et comprenant le primitif P, le métastatique r et le prismatique c.

La chaux carbonatée lamelleuse est transparente; elle jouit de la double réfraction; elle est alors entièrement incolore.

Cette sous-espèce se trouve en géodes dans les filons métalliques ou dans celles qui existent si fréquemment dans les terrains calcaires; elle est toujours accidentelle et jamais elle ne forme de couches.

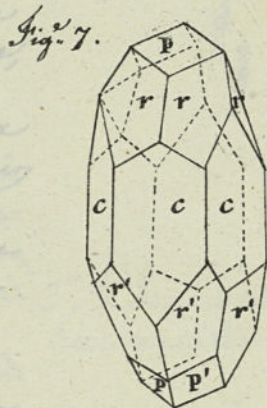
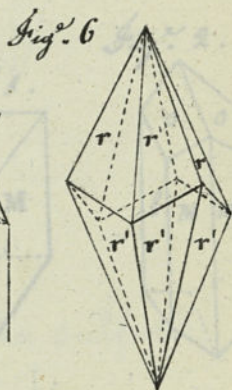
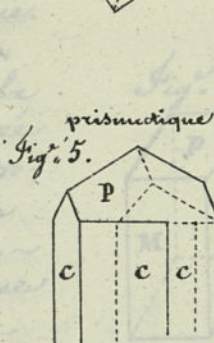
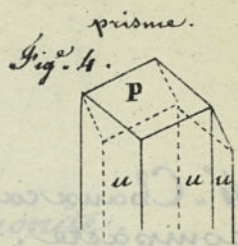
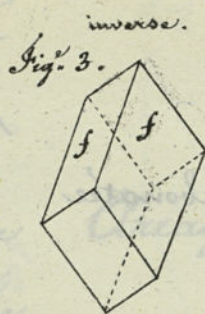
Tous les jours on voit des cristaux de chaux carbonatée se former dans les grottes, l'eau qui tient cette substance en dissolution s'évapore, et dépose la chaux carbonatée soit en stalactites, soit en stalagmites. La propriété dissolvante de l'eau ne paraît pas assez puissante pour dissoudre seule la chaux carbonatée; aussi suppose-t-on qu'elle contient en même temps de l'acide carbonique; on a eu occasion de vérifier cette hypothèse sur plusieurs sources d'eau chaude, qui en se refroidissant déposaient du carbonate de chaux et laissaient dégager l'acide carbonique.

Cette variété est composée de cristaux bacillaires accolés; elle forme de petits filons. La chaux carbonatée fibreuse est ordinairement d'un blanc de lait, et possède un éclat soyeux et chatoyant. Elle est le produit constant de concrétions: les dépôts qui se forment dans les conduits des eaux, ceux qui ont lieu dans la plupart des sources thermales sont en général à l'état fibreuse.

On désigne sous ce nom une variété de chaux carbonatée offrant de petites lames accolées et croisées dans tous les sens; la cassure est analogue à celle du sucre, comme lui, elle offre une multitude de points brillants; c'est à cause de cette ressemblance qu'on lui a donné le nom de saccharoïde.

Cette variété jouit de toutes les propriétés de la chaux carbonatée lamelleuse à l'exception de celle due à la transparence. Tous les marbres statuenaires appartiennent à cette sous-espèce. Le marbre de Carrare est du calcaire saccharoïde blanc: les marbres d'architecture les plus estimés, tels que le bleu turquin, le jaune antique appartiennent à cette variété.

Le calcaire saccharoïde se trouve à la proximité des terrains anciens, c'est-à-dire de ceux que l'on suppose former la croûte la plus ancienne du globe: on a supposé pendant longtemps qu'il appartenait à ces terrains, et on le désignait alors sous le nom de calcaire primitif: mais on a reconnu que le calcaire saccharoïde n'est pas associé à ces terrains, et qu'il doit sa structure à une certaine influence que ces



2°. Chaux carbonatée fibreuse.

3°. Chaux carbonatée saccharoïde.

m. g. 5.

roches anciennes lui ont fait éprouver.

Le calcaire saccharoïde est ordinairement pur, et donne par conséquent toujours de la chaux grasse.

4°. Chaux carbonatée compacte.

Cette sous-espèce est la plus abondante de toutes; elle constitue la plus grande partie des formations secondaires. Les calcaires du Jura, des Alpes en dépendent.

La cassure de la chaux carbonatée compacte est tantôt esquilleuse, tantôt conchoïde; elle est esquilleuse lorsque cette substance est parfaitement pure, conchoïde quand elle a un peu d'argile. L'expression conchoïde, indique que la cassure présente des stries courbes analogues à celles d'une coquille.

Lorsqu'il est pur, le calcaire compacte est peu coloré, ordinairement gris clair ou jaune sale, mais il est fréquemment mélangé de matières étrangères qui le colorent d'une manière différente. La plupart des marbres employés en architecture appartiennent à cette sous-espèce. Quelques uns sont lamelleux, mais cette texture n'est pas propre au marbre, elle est due à des fossiles principalement des encries qui ont été transformées à l'état de calcaire spathique.

La chaux carbonatée compacte présente souvent des mélanges d'argile, de silice et de magnésie.

Il existe aux environs de Paris un calcaire appelé calcaire siliceux à cause de la quantité de silice qu'il contient; il donne alors une chaux hydraulique fort estimée. Le calcaire de Champigny, près S. Mauv, celui de Senonches près Dreux appartient à cette variété.

Le calcaire de Château-Landon près Nemours employé à la construction de plusieurs monuments à Paris, notamment à l'arc de triomphe de l'Etoile, du Palais de la Bourse, du Château-d'eau, &c, a été associé par erreur au calcaire siliceux; il est au contraire très pur, et donne de la chaux grasse.

Parmi les calcaires compactes, il en est un qui présente une texture très singulière, il est composé d'une agglomération de petits grains ronds analogues à des œufs de poisson: cette disposition l'a fait désigner sous le nom de calcaire oolitique. Souvent ces grains sont composés de couches concentriques comme les concrétions.

Les calcaires oolitiques sont associés avec des calcaires compactes, et ils constituent ensemble une grande partie des calcaires jurassiques qui recouvrent en France une surface considérable.

5°. Chaux carbonatée terreuse.

La désignation de cette sous-espèce suffit pour la distinguer: on prévoit que sa cassure est terreuse; qu'elle est peu dure, souvent friable, s'égrainant sous les doigts, les tachant, et happant à la langue.

Le calcaire terreuse se trouve dans plusieurs terrains, mais c'est surtout la Craie qui est le type de ce calcaire.

Cette sous-espèce forme en outre des dépôts considérables connus sous le nom de tufs. Ces dépôts sont formés par des eaux qui tiennent du calcaire en suspension et en dissolution, de sorte que ces tufs sont le produit d'un dépôt à la fois mécanique et chimique. Les tufs forment quelquefois des incrustations que l'on trouve sous la forme de branches ou de feuilles; les tuyaux de conduite des eaux en sont fréquemment recouverts.

Lorsque

Lorsque le calcaire terreux est mélangé d'une quantité considérable d'argile, il reçoit le nom de *Marne*. Les couches de marne sont très-abondantes dans le terrain de craie des environs de Paris; presque partout elles sont exploitées pour l'amendement des terres.

Nous avons annoncé que quelques substances se présentent avec deux systèmes cristallins incompatibles, propriété qui a donné naissance à la théorie du *Dimorphisme*. Le carbonate de chaux possède cette singulière propriété.

L'*Arragonite* qui ne joue qu'un faible rôle dans la nature, et dont on ne parlerait pas dans ce cours consacré exclusivement aux minéraux qui entrent dans la composition des roches, sans cette circonstance, est composée exactement des mêmes éléments que la chaux carbonatée, mais elle affecte un système cristallin différent, sa forme primitive est le prisme droit rhomboïdal, Fig. 1, sous l'angle de $116^{\circ}5'$. Ses formes secondaires, Fig. 2, résultant toujours de modifications qui ont lieu suivant un nombre pair, tandis que dans la chaux carbonatée rhomboédrique, les modifications sont un multiple de trois.

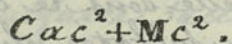
Le caractère chimique distingue également la chaux carbonatée et l'*Arragonite*; la première ne présente qu'un axe de double réfraction; la seconde en possède deux.

La pesanteur spécifique de l'*Arragonite* est 29 au lieu de 27. Enfin cette substance est un peu plus dure que la chaux carbonatée.

Appendice. La chaux carbonatée contient quelquefois une proportion plus ou moins considérable de magnésie carbonatée, elle est alors magnésifère; mais dans certaines circonstances la proportion de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie est définie; il en résulte une substance nouvelle que l'on désigne sous le nom de *Dolomie*: sa composition est;

Oxide carbonique 47	} ou {	carbonate de chaux 54
Chaux 31		carbonate de magnésie 46
Magnésie 22		

qui correspond à un atome de carbonate de chaux et un atome de carbonate de magnésie. Elle est représentée par la formule,



La forme cristalline de cette substance est un rhomboëdre sous l'angle de $106^{\circ}15'$ et $73^{\circ}45'$.

La *Dolomie* se présente sous plusieurs états. Quand elle est saccharoïde, elle s'égraine sous les doigts: elle est composée de petits rhomboëdres adhérents seulement les uns aux autres: ils ne sont pas croisés entre eux comme dans la chaux carbonatée.

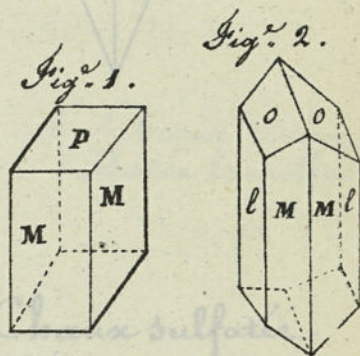
Cette substance se trouve fréquemment dans des positions anormales, on admet généralement que dans ce cas, elle est le produit d'une certaine altération des calcaires compactes.

Chaux sulfatée ou Pierre à plâtre.

La chaux sulfatée est caractérisée par son analyse et par sa cristallisation: son analyse donne

Oxide

Arragonite.



2. Chaux sulfatée fibreuse
3. Chaux sulfatée saccharoïde
4. Chaux sulfatée compacte

Acide sulfurique	46	} contenant	} 27,53	} et dont le	} 3				
chaux	33					} oxygène	} 9,26	} rapport est	} 1
eau	21									} 8,66	} 2

composition qui correspond à la formule
 $CaS^3 + 2Ag$.

La cristallisation de la chaux sulfatée dérive d'un prisme oblique rhomboïdal dont les angles sont $110^{\circ}, 8'$ et $69^{\circ}, 52'$; les hauteurs et les côtés sont à peu près dans le rapport de 32:12:13.

La chaux sulfatée se trouve en cristaux, en masses fibreuses, saccharoïdes et compactes. On trouve en outre de la chaux sulfatée mélangée de calcaire. La différence entre les textures nous engage à diviser sa description en quatre sous-espèces et un Appendice, malgré qu'il n'y ait point une aussi grande différence de gisement que pour la chaux carbonatée: ces sous-espèces sont la chaux sulfatée;

- 1°. Lamelleuse,
- 2°. fibreuse,
- 3°. saccharoïde,
- 4°. compacte.

Dans toutes ces sous-espèces la chaux sulfatée a peu de dureté; elle se laisse facilement rayée par l'ongle; elle est infusible: au chalumeau elle s'effleurit et tombe en poussière: l'addition d'une petite quantité de chaux fluatée la rend fusible.

Elle est insoluble dans les acides; donne de l'eau par la calcination: sa pesanteur spécifique est de 22,60 à 23.

1°. Chaux sulfatée lamelleuse.

Cette sous-espèce présente trois clivages dont un parallèle au plan diagonal est très facile; les deux autres qui ne sont jamais nets, ne sont souvent qu'indiqués.

Outre ces trois clivages qui conduisent à la forme primitive, il en existe un parallèle à la petite diagonale.

On rencontre rarement la forme primitive simple, Fig. 1, mais dans la plupart des cristaux, ses faces existent.

La forme la plus habituelle est celle désignée par M. Blainv sous le nom de *Crapèxième*, Fig. 2. c'est la forme primitive dans laquelle la base est remplacée par un biseau oo, dont l'angle est de $143^{\circ}, 53'$; la face g parallèle au plan diagonal est celle dont le clivage est si facile; Il existe dans la chaux sulfatée plusieurs cristaux analogues à la Fig. 2, seulement l'angle du biseau est différent.

La figure 3, représente un cristal portant des tronçatures parallèles aux deux plans diagonaux. Il y a en outre une face u en retour également ayant la même inclinaison que la base. C'est un prisme symétrique à huit faces surmonté d'un pointement à quatre faces.

Dans quelques cristaux les faces du biseau sont courbes, les arêtes sont arrondies; leur forme est alors lenticulaire; il est assez fréquent que deux cristaux de cette forme s'accouplent suivant l'axe de la lentille qui est parallèle au grand côté de la base; il en résulte alors un cristal, qui lorsqu'il est coupé, présente la forme d'un feu de lance, Fig. 4; raison pour laquelle M. Blainv l'a appelé *forme de feu de lance*; c'est une véritable hémitropie.

Les cristaux

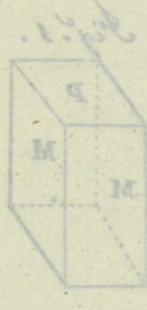


Fig. 1.

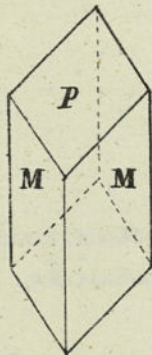


Fig. 2.

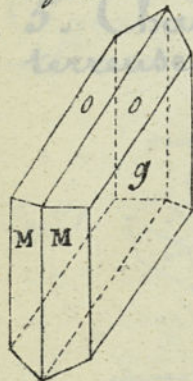
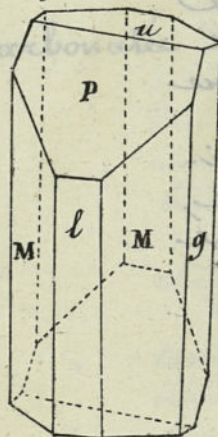


Fig. 3.



Les cristaux de chaux sulfatée sont plus variés qu'on ne vient de l'indiquer; mais ils dérivent tous des deux formes dominantes précédentes, c'est-à-dire le prisme trapézien et le prisme à huit faces symétrique. La grande facilité du clivage suivant le plan diagonal, suffit pour guider dans la recherche de la position du cristal.

Cette substance présente diverses couleurs; les plus habituelles sont le blanc grisâtre, le jaunâtre, le jaune de miel, le brun: souvent elle est incolore. La chaux sulfatée est diaphane et les rayons lumineux en la traversant éprouvent la double réfraction: les cristaux cassés sont toujours au moins demi-diaphanes. Cette substance est flexible mais non élastique, de sorte que si on courbe une lame elle ne revient pas à son état primitif.

Quelques cristaux sont fétides.

Cette sous-espèce forme des plaques minces, composées de fibres ordinairement droites, quelque fois contournées un peu. Ces fibres plus ou moins fines peuvent être considérées comme des prismes très allongés. La cassure de cette sous-espèce de chaux sulfatée est fibreuse, son éclat soyeux est un peu miroitant suivant les fibres, quand elles sont un peu grosses: cette chaux sulfatée est blanche, elle est quelque fois bleuâtre; elle est translucide, mais non transparente.

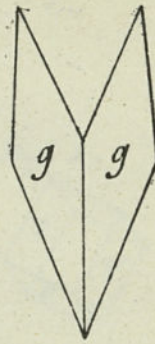
Cette substance se trouve en masses très étendues, difficile à casser; elle prend l'impression du marteau. La cassure est unie, un peu inégale, quelque fois esquilleuse, parsemée de petits points scintillants. Dans quelques cas on y reconnaît une aggrégation de petites masses lamelleuses et même cristallines qui se croisent dans tous les sens. La couleur la plus ordinaire est le blanc de neige, elle est employée alors dans les arts sous le nom d'albâtre: elle est assez fréquemment grisâtre ou jaunâtre. Cette substance est translucide; très tendre, elle se laisse rayer à l'ongle et couper au couteau.

Appendice. Chaux sulfatée calcaire, Pierre à plâtre des environs de Paris. Cette variété a l'apparence de la chaux sulfatée saccharoïde mais sans avoir la même dureté, la même transparence, ni la même pureté de couleur. Si on la regarde avec soin, on voit qu'elle se compose de cristaux de chaux sulfatée empâtés dans de la chaux carbonatée terreuse ou dans de la marne.

La pierre à plâtre des environs de Paris appartient à cette variété; elle contient jusqu'à 10 à 15 p/o de carbonate de chaux, elle renferme quelque fois des nids de chaux sulfatée en petites paillettes d'un blanc éclatant; on la nomme pour cette raison liviforme; elle est friable, on voit à la loupe qu'elle se compose de petits cristaux.

La cassure de cette variété de chaux sulfatée présente des esquilles assez fines. Cette sous-espèce est complètement mate, excepté lorsqu'elle renferme quelques lamelles cristallines, elle se rapproche alors de la variété saccharoïde. Les couleurs de la chaux sulfatée compacte sont le blanc sale, le gris de fumée, bleuâtre; elle est moins translucide que les précédentes; quelque fois fétide.

Fig. 14.



1. Chaux anhydre sulfatée lamelleuse.

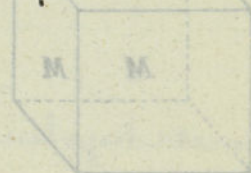
2. Chaux sulfatée fibreuse.

3. Chaux sulfatée saccharoïde.

2. Chaux anhydre sulfatée saccharoïde.

3. Chaux anhydre sulfatée compacte.

4. Chaux sulfatée compacte.



m. g. 6.

Les sous-espèces qui se trouvent en couches ou en masses étendues, savoir : la chaux sulfatée saccharoïde, compacte et la chaux sulfatée calcarifère sous-exploitées comme pierres à plâtre. Le carbonate de chaux qui existe dans cette dernière variété communique au plâtre une qualité supérieure, qui fait préférer le plâtre de Paris pour les constructions à tous les autres. Quand on veut avoir des plâtres très purs pour le moulage, on emploie les cristaux.

La chaux sulfatée saccharoïde est exploitée comme albâtre. La chaux sulfatée est très rare dans les filons : il en existe cependant des cristaux dans la Mine de Plomb de Pesey en Savoie.

On en a trouvé encore dans les mines de Freyberg en Saxe et dans celle de Guanaxato en Amérique.

La chaux sulfatée existe dans un grand nombre de terrains, et elle peut se trouver dans tous ; elle affecte deux gisements très différents.

1°. En couches contemporaines aux terrains dans lesquels on la trouve, comme la pierre à plâtre de Paris, peut être aussi celle du terrain de marnes irisées.

2°. En masses irrégulières intercalées postérieurement dans les formations dans lesquelles on les observe. Ce genre de gisement se retrouve dans presque tous les terrains. Les gypses du Liars dans les Alpes et dans les Cévennes, ceux de la Craie dans les Pyrénées, des terrains tertiaires dans la Catalogne, de... appartiennent à ces masses accidentelles. Leur présence est toujours accompagnée de circonstances qui dévoilent leur origine ; les couches sont presque toujours bouleversées à leur contact, souvent elles ont éprouvé des altérations, de... qui montrent que les gypses forment dans ce cas une anomalie dans le terrain qui les renferme.

Les usages de la pierre à plâtre sont connus de tout le monde ; on sait que le plâtre est employé dans toutes les constructions, et dans l'agriculture pour les prairies artificielles. On fait aussi les stucs avec cette substance.

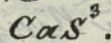
La chaux sulfatée dans certains terrains renferme des veines ou petites masses concrétionnées de la Chaux Anhydro sulfatée.

Chaux Anhydro sulfatée ou Anhydrite.

On appelle ainsi une combinaison Anhydre d'acide sulfurique et de chaux. Les proportions de ces éléments sont :

Chaux	42	contenant	11,71	d'oxygène	} rapport est } 3
Oxide sulfurique	58		34,72		

La formule correspondante est



La cristallisation de cette substance dérive d'un prisme droit rectangulaire dans lequel le rapport des côtés est proportionnel aux nombres 12:10:9. On obtient la forme primitive à l'aide du clivage qui est triple et également facile sur les trois faces.

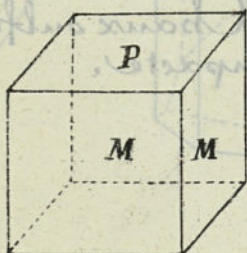
Cette substance raye la chaux carbonatée et à plus forte raison la chaux sulfatée. Elle s'altère facilement à l'air en absorbant de l'eau ; elle passe alors à l'état de chaux sulfatée ordinaire, elle devient plus tendre, mais elle conserve son clivage qui est très prononcé ; la chaux



1. Chaux sulfatée saccharoïde

2. Chaux sulfatée lamelleuse

3. Chaux sulfatée lamelleuse



anhydro sulfatée se fend parallèlement à ses joints naturels. Il paraît d'après les observations de M. Hardinger que les fentes sont tapissées de petits cristaux de chaux sulfatée ordinaire: dans cet état on l'appelle Chaux sulfatée épigène.

La chaux anhydro sulfatée, suivant l'état cristallin dans lequel elle se présente, forme trois sous-espèces;

- 1°. Lamelleuse,
- 2°. Saccaroïde,
- 3°. compacte.

La forme dominante est le prisme droit à quatre faces aplatie; cette forme passe à une table rectangulaire, et à un prisme à huit faces par des troncutures sur les arêtes verticales.

Les masses lamelleuses sont fendillées dans différents sens; la cassure présente des lames rectangulaires, dont la surface est très éclatante.

Les couleurs de la chaux sulfatée anhydro sont, le violet et le bleuâtre. Cette substance est rarement diaphane, toujours translucide; elle jouit de la double réfraction à un degré très marqué; elle est très fragile à cause des fendillements nombreux qui la traversent.

Sa pesanteur spécifique est 29,64.

Elle ne s'exfolie, ni ne blanchit au chalumeau, comme la chaux sulfatée: elle y prend seulement un vernis à la surface.

La variété saccaroïde est composée de la réunion de petites parties lamelleuses croisées dans tous les sens: sa structure est quelquefois écailleuse; sa cassure en grand est saccaroïde, inégale en petit.

La couleur de cette variété est d'un gris bleuâtre, jaunâtre, gris de fumée; il en existe d'un beau bleu indigo, et de couleur de chair. Elle est complètement analogue au calcaire saccaroïde; on le distingue par la dureté, et l'action des acides.

Cette variété existe en masses, et aussi en petites parties mamelonnées reniformes. Cette substance a été appelée Pierre de tripe à cause de cette disposition. On a trouvé aussi dans la Bavière et dans le Tyrol des masses d'anhydrite compacte qui ne présentent pas cet aspect. La cassure de la chaux anhydro sulfatée compacte est esquilleuse, un peu conchoïde, mate et translucide sur les bords. Sa couleur est un gris rougeâtre pâle.

Sa pesanteur spécifique est de 28 à 30, ce qui l'avait fait prendre pour de la Baryte sulfatée.

La chaux anhydro sulfatée forme des masses considérables; dans les terrains secondaires des Alpes, elles sont toujours postérieures au terrain qui les renferme. Les mines de sel de Beas en Savoie sont dans cette roche. On trouve aussi des rognons d'Anhydrite dans la formation des marnes irisées; elle y accompagne le sel gemme.

1°. Chaux anhydro sulfatée lamelleuse.

2°. Chaux anhydro sulfatée saccaroïde.

3°. Chaux anhydro sulfatée compacte.

4^{ème} Leçon.

4^{ème} Leçon.

Du Quartz.

Cette substance est une des plus abondantes dans la nature; elle entre dans la composition de la plus grande partie des roches anciennes. Elle forme des filons dans tous les terrains, et se retrouve, en veines, en rognons, ou en gésides dans toutes les formations. Le Quartz est caractérisé par son analyse et sa cristallisation.

Il est composé exclusivement de silice; son signe est Si qui est celui de l'oxide de Silicium. Sa composition est

oxygène . . . 51,95

Silicium . . . 48,05 .

Sa cristallisation dérive d'un rhomboïdre obtus dont les angles sont de $94^{\circ} 15'$ et $85^{\circ} 14'$.

Sa pesanteur spécifique est de 26 à 27.

Le Quartz est une des substances les plus dures, à l'exception toutefois des pierres désignées sous le nom de Graues. Il fait feu au briquet, est infusible à la plus haute température et n'éprouve aucune altération par l'effet de la chaleur.

Le Quartz très abondant dans la nature ne s'y trouve pas toujours cristallisé: souvent même on réunit à cette substance des minéraux dont les caractères extérieurs sont très différents, mais qui présentent la composition, la dureté et l'infusibilité du Quartz.

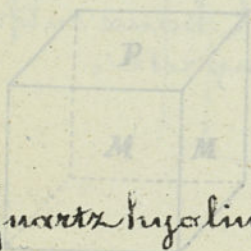
Les diverses manières d'être du Quartz correspondent généralement à des gisements différents; ces considérations jointes à la grande variation dans les caractères extérieurs nous conduisent à admettre huit sous-espèces.

Nous n'emploierons pas pour désigner ces sous-espèces les noms de Quartz cristallisé, fibreux, saccharoïde, &c... , comme nous l'avons fait dans les espèces précédentes, par la raison que ces différents modes de texture ne sont pas aussi prononcés dans le Quartz que dans la chaux carbonatée ou dans la chaux sulfatée. Nous nous servirons de mots, empruntés soit aux arts, soit à des caractères particuliers à ces sous-espèces.

Nous les désignerons ainsi qu'il suit;

- 1^o. Quartz hyalin ou cristallin,
- 2^o. quartz compacte,
- 3^o. quartz Lydien, comprend la Pierre de touche,
- 4^o. quartz Agate, comprend l'agate, la calédoine, &c... ,
- 5^o. quartz silex ou Pierre à fusil,
- 6^o. quartz Résinite, comprend l'opale et le Bechstein infusible des Allemands,
- 7^o. quartz Jasper,
- 8^o. Quartz terreux: On décrira sous ce nom le Quartz Nectique et celui que déposent les sources chaudes d'Islande.

Enfin on ajoutera par Appendice, certains Crispols composés principalement de silice, et les Grés.



1^o. Quartz hyalin.

M^{re} Blainy a donné le nom d'hyalin à cette sous-espèce à cause de sa diaphanéité; elle comprend tous les Quartz cristallisés: ces Quartz souvent incolores ou peu colorés ont un éclat vif, gras et vitreux.

La forme primitive du Quartz hyalin ou cristallisé est le rhomboédre sous l'angle de $94^{\circ} 15'$, Fig. 1; cette forme est très rare. Les cristaux ne présentent presque jamais de clivage, cependant, il en existe de parallèles aux faces du rhomboédre primitif: On peut les rendre plus sensibles en faisant rougir un cristal de Quartz et en le plongeant dans une dissolution colorée; il se fend alors principalement suivant les faces du clivage.

La forme la plus habituelle est celle d'un prisme à six faces régulier, Fig. 2, terminé par un pointement à six faces, dont trois faces appartiennent au rhomboédre primitif P et trois autres à un rhomboédre semblable Z, mais posé de manière que les arêtes fassent ensemble un angle de 120° . Souvent les trois faces de la forme primitive sont dominantes, comme dans la Fig. 3. Le prisme est quelquefois applati dans un sens, ainsi que le représente la Fig. 4; dans quelques cristaux il disparaît presque entièrement, et les deux pointements se rejoignant, les cristaux présentent la forme de deux pyramides hexagonales opposées base à base.

Les cristaux de Quartz présentent des modifications assez nombreuses, mais les faces du prisme à six faces sont toujours très dominantes, de sorte que ces modifications n'en altèrent presque jamais la forme; les modifications les plus habituelles sont des tronçatures sur les angles communs au prisme et à la pyramide, disposées de manière à donner un rhombe ou une face inclinée sur le prisme.

Il arrive aussi que le prisme devient aigu; cette modification due plutôt à l'état des surfaces qu'à la cristallisation, est le résultat de cristaux de Quartz qui décroissent constamment et qui sont placés l'un sur l'autre, de manière à avoir le même axe. Comme ces cristaux présentent des stries horizontales distantes de 1 à 2 millimètres, le miroitement entre ces stries, indique une tendance de la nature à produire tantôt une face du prisme et tantôt une face de la pyramide. Ces stries sont utiles pour reconnaître les cristaux qui sont aplatis.

Les cristaux sont réunis en druses plus ou moins serrées; quelque fois ils sont amoncelés les uns sur les autres, ce qui donne à la masse Quartzreuse un aspect grenu. Souvent les cristaux de Quartz sont implantés sur une roche; enfin dans quelques cas on les trouve isolés au milieu de masses tendres comme le gypse et l'argile; on peut alors les extraire avec facilité.

Les masses sont quelquefois rayonnées; on observe dans l'intérieur des cristaux des glaces qui réfléchissent la lumière. Elles sont ordinairement placées parallèlement au clivage. Certains cristaux présentent des cavités intérieures qui diminuent la transparence; elles sont dans quelques cas en partie remplies de liquide et d'air; on les appelle Xérides. On a cru pendant longtemps que ce liquide était de l'eau; mais le Dr Brewster a reconnu que ce liquide est beaucoup plus dilatable que l'eau.

La cassure des cristaux est concave et ondulée. La cassure des masses est tantôt un peu granuleuse, tantôt elle est un peu rayonnée.

Les cristaux sont presque toujours incolores; lorsqu'ils sont colorés, ils prennent différents noms: On distingue les blancs, à travers par le nom de laitieux, violets l'Améthyste, bleus le Saphir d'eau, jaunes la Copaque de Sibérie, gris de fumée

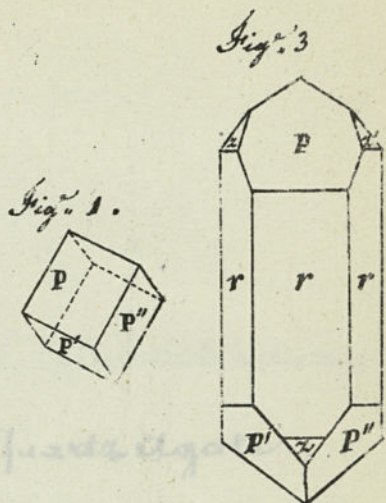


Fig. 2.

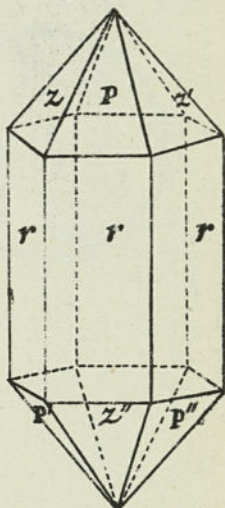
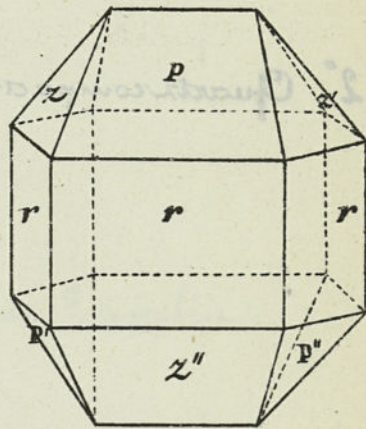


Fig. 4.



la Copax en juvénée, rouget de sang, l'hyacinthe de Compostel, rouges jaunâtres l'Eisenkiesel des Allemands, verts colorés par le chrom la Grise.

Les Quartz présentant des couleurs variées et parsemées de petites points brillants dus à du Mica, fournissent l'Aventurine.

Les faces des cristaux sont généralement éclatantes.

Le Quartz hyalin fait subir à la lumière une double réfraction que si elle traverse deux faces de la pyramide ou une face de la pyramide et une du prisme : ce minéral raye le verre, mais non le Grenat, ni le Corindon ; il se casse avec facilité. Quoiqu'on le frotte il exhale quelquefois une odeur empyreumatique, tel est celui qu'on trouve en Bretagne et dans le Simonsin. Il est quelquefois phosphorescent. M^r Hauguelin a remarqué que sa poussière verdit le sirop de violettes.

Les variétés diaphanes présentant de belles couleurs sont taillées pour bijoux ; celles incolores ont été employées comme vase de lude. On peut facilement reconnaître les objets faits en cristal de roche par le froid qu'ils produisent sur la main. À la loupe on peut les distinguer du verre parce qu'elles présentent des glaces et le verre des bulles.

On a fait dans la lunette de Rochebon un emploi très important de la propriété de la double réfraction dont jouit le Quartz hyalin.

Le Quartz hyalin tapisse les cavités des filons, quelquefois il les remplit en totalité ; il se trouve aussi en petites veines dans les terrains anciens.

Il est une partie essentielle de beaucoup de roches, il existe dans les Granites, les Granites graphiques, les Schistes micacés, etc. et les Grès.

2. Quartz compacte.

On donne ce nom à une variété de Quartz faiblement translucide, n'offrant point d'éclat dans la cassure excepté dans les parties qui la rapprochent du Quartz hyalin. Le Quartz compacte forme des masses très étendues, des couches prononcées et des veines : on en trouve dans les Alpes : le petit S. Bernard en est en partie composé.

La cassure du Quartz compacte est esquilleuse, à petites esquilles mal terminées ; elle est quelquefois schisteuse, ce qui tient à du Mica.

Il est très fréquent de voir cette roche se casser en fragments pseudo-réguliers ; elle est moins fragile que le Quartz hyalin, que l'Agate et même que le Quartz Lydien.

Les fragments sont translucides sur les bords ; la couleur est un gris blanchâtre ; quelques variétés sont noirâtres, ce qui est dû à du graphite mélangé.

Cette variété de Quartz forme des couches puissantes dans les terrains des Alpes et dans les terrains de transition.

D'après de nouvelles observations géologiques fort importantes, le Quartz compacte des Alpes doit être rangé dans les terrains secondaires ; leur texture est due à une altération postérieure à leur dépôt.

3. Quartz Lydien ou Pierre de Lybie.

Ce Quartz appelé Kieselchiefen par les Allemands, se trouve dans les Arts sous le nom de Pierre de touche.

Il est tenace, difficile à casser ; sa cassure est mate et unie ; quelquefois schisteuse : à la loupe, on y découvre un grand nombre de petites aspérités. Ce Quartz est opaque ou seulement translucide sur les bords. Sa couleur est le noir forcé ; il devient blanc au

blanc au chalumeau, ce qui fait présumer qu'il contient un peu de carbone.

La pierre de touche est un morceau de Quartz Lydien scié et poli à moitié. Les aspérités qu'elle présente produisent l'effet d'une lime sur les fragments d'or qu'on frotte dessus, ils s'y usent et y laissent une empreinte.

Cette variété de Quartz forme quelquefois des couches dans les terrains de transition, mais plus ordinairement elle n'y constitue que des rognons tuberculeux, comme la pierre à fusil dans la Craie.

Cette sous-espèce comprend les Quartz concrétionnés, présentant des zones parallèles ou concentriques qui leur donnent une texture rubanée. La couleur du Quartz Agate est assez pure, presque toujours unie, il est ordinairement translucide; sa cassure est mate, esquilleuse.

4. Quartz Agate.

Le Quartz Agate forme ordinairement des noyaux dans certaines roches; il est quelquefois en filons.

Les rognons d'Agate sont composés de couches concentriques qui se séparent difficilement; quelquefois ils sont creux, ils sont alors tapissés de cristaux de Quartz hyalin.

Lorsque les Agates présentent des couches de couleur foncée sur des couleurs claires, on les désigne sous le nom d'Onix. Cette variété d'Agate était jadis fort employée pour faire des Camées. On donne aux agates des noms différents suivant leurs couleurs.

Les Agates gris perlé, bleuâtre, verdâtre, se nomment Calédoines.

Le rouge de sang, le jaunâtre se nomme Cornaline.

Le rouge jaunâtre plus ou moins foncé est la Sardoine.

Le bleu clair est la Saphirine.

Les Agates vertes tachetées de rouge s'appellent Héliotrope ou Jaspe sanguin.

Une variété qui paraît colorée par le Nickel se nomme Chrysoprase.

Une autre variété verte plus translucide se nomme Glasma; elle paraît être un passage du Quartz au Quartz silex.

Les Agates rubanées concentriques existent au rognon dans les Amygdaloïdes. Celles qui présentent des couleurs unies proviennent principalement des filons et des veines. Les Agates herborisées paraissent dues à des filtrations ferrugineuses ou de Manganèse: quelques naturalistes pensent qu'elles doivent cette disposition à la présence de plantes.

Les Cornalines et les Sardoines viennent de l'Égypte et de l'Asie mineure; on les trouve en nodules dans les sables; elles paroissent provenir de la destruction de roches amygdaloïdes.

Le Quartz Agate des filons a été nommé Quartz agate grossier; il remplace souvent des cristaux ou des corps organisés. Il est plus difficile à casser que l'Agate proprement dite; les esquilles sont plus fines; ses couleurs sont le gris, jaunâtre, verdâtre, rougeâtre.

5. Quartz Silex.

Cette variété de Quartz est connue sous le nom de pierre à fusil; elle comprend tous les Quartz qui ont une apparence de concrétion, non rubanée; il est tantôt compacte, tantôt carié.

Le Quartz silex a une cassure conchoïde; il est translucide sur les bords; d'une couleur sale, jaunâtre, gris brunâtre, noirâtre.

Le Quartz silex existe en rognons irréguliers, en tubercules ramifiés dans divers sens; il remplace des coquilles, ou forme des pseudo-cristaux.

Le Quartz silex carié se trouve le plus souvent en filons, en couches non continues, mélangé de coquillages d'eau douce.

La surface de la cassure est mate ou présente un léger éclat. (quelques variétés prennent un peu plus d'éclat et passent au Quartz résinite.)

Cette substance se trouve dans beaucoup de terrains, elle existe en rognons dans le calcaire du Jura; son véritable gisement est dans la Craie. Ces tubercules siliceux sont disposés comme par couches, mais sans continuité.

La pierre connue aux environs de Paris sous le nom de Ménilite et qui est employée avec beaucoup d'avantage dans les constructions est un Quartz silex carié; elle se trouve dans le terrain d'eau douce supérieur.

6°. Quartz Résinite.

Il se distingue des autres sous-espèces par une plus grande légèreté et par une certaine quantité d'eau que l'analyse a toujours indiquée.

L'Opale noble qui fait partie de cette sous-espèce contient 10 p. 100 d'eau. L'Opale commune 5 p. 100; l'Opale de feu du Mexique 7 p. 100; et le Ménilite 11.

La pesanteur spécifique de l'Opale noble est 21; celle de l'Opale commune 21,15; du Cacholou résinite blanc de 20 à 21.

La cassure du Quartz résinite est conchoïde, lisse, quelquefois ondulée ou schisteuse dans le sens des couches du terrain où il se trouve comme dans le Ménilite.

Plus facile à casser que les autres espèces de Quartz, il est plus trans lucide que l'Agate, mais toujours unagrus, rarement demi-diaphane.

Il y a des variétés qui plongées dans l'eau deviennent diaphanes; on les a appelées hydrophanes.

La couleur habituelle du Quartz résinite est le blanc laiteux, comme les Opales; cette pierre présente en outre des reflets variés et très vifs; bleuâtre, rougeâtre, grisâtre, vert et jaune d'or; ces reflets sont dus à des petites fentes qui traversent l'opale dans tous les sens et réfléchissent la lumière dans des directions différentes.

Le Quartz résinite se trouve;

1°. en veines, et petits filons contemporains aux Porphyres argileux qui les entourent; c'est le gisement de l'Opale noble.

2°. Dans la décomposition des terrains de serpentine, on trouve des fentes remplies de Magnésie carbonatée et de Quartz résinite, souvent hydrophane.

3°. Dans de véritables filons, en Saxe, et en Bretagne.

4°. Avec le silex dans le terrain de calcaire siliceux des environs de Paris à Champigny; on trouve des Silex qui passent tantôt à l'Agate, tantôt au Quartz résinite.

5°. En rognons dans les Marnes gypseuses de Paris; c'est le Ménilite.

6°. En stalactites et en couches superficielles dans des fentes comme l'Hyalite et la Fiorite à Santa-Fiora.

Les bois silicifiés sont à l'état de Quartz résinite; la plupart des bois pétrifiés que l'on voit dans les collections se trouvent dans un terrain d'alluvion, en Hongrie et en Cransylvanie.

7°. Quartz Jaspe.

Cette sous-espèce comprend les Quartz mates ou faiblement luisants entièrement opaques, dont la cassure conchoïde, passe à la cassure unie et même terreuse.

Le Jaspe est plus difficile à casser que l'Agate et le Silex.

Les couleurs du Jaspe sont très foncées, souvent elles sont mélangées; le Jaspe est alors tacheté, flambé ou rubané;

les plus ordinaires sont, le rouge, le vert et le jaune; le noir est rare, le bleu encore plus.

La pesanteur spécifique du Jaspe est à peu près la même que celle de l'Agate.

Cette substance se trouve le plus ordinairement en filons.

Le Jaspe d'Égypte existe en rognons isolés dans la haute Égypte.

En France on trouve du Jaspe dans des terrains de grès qui paraissent à peu près de l'âge du Grès bigarré.

Il comprend les substances qui se réduisent en une poussière très fine et presque impalpable et que l'analyse indique être de la silice.

Les Silex sont souvent enveloppés d'une couche de Quartz terreux, plus ou moins épaisse: quelquefois les Silex semblent être entièrement à cet état, circonstance qui serait due à la décomposition. Le Quartz terreux est très léger, il surnage sur l'eau, propriété qui lui a fait donner le nom de Quartz Nectique. Il est difficile à casser; reçoit l'empreinte du marteau; sa cassure terreuse est opaque, matte; il est tendre, et se laisse entamer par l'ongle.

Cette substance absorbe l'eau avec avidité en bruissant: sa couleur est le gris blanchâtre sale. Le Quartz terreux se trouve principalement dans les environs de Paris; à St. Ouen il existe avec abondance. On connaît une seconde variété que l'on désigne sous le nom de Quartz Chermogène. Il est déposé par les sources chaudes du Geisser en Islande. Il forme des masses superficielles concrétionnées, testacées; sa cassure terreuse est opaque, et matte; il est d'un blanc de neige jaunâtre ou grisâtre, déposé sur les parois des bassins d'où l'eau bouillante, sort sous la forme de jets assez élevés.

Appendice. On emploie dans les Arts des substances assez différentes sous le nom de Tripolis. La plus-part d'entre elles sont composées de 88 à 90 p^m de silice, ce qui nous engage à les mettre à la suite du Quartz. Ces substances sont friables, mais leur poussière est dure; ce qui permet de les employer au polissage.

Ils sont souvent schisteux; leur cassure est terreuse, matte et schisteuse: leur couleur est le gris, gris de perle cendré, jaunâtre, rougeâtre; cette dernière variété contient un peu d'oxyde de fer: ils ne font point pâte avec l'eau.

Les Tripolis se trouvent en couches: ils appartiennent en général aux terrains d'alluvion: ils sont produits par le dépôt des particules les plus fines que les eaux tenaient en suspension, les parties grossières ont été déposées d'abord.

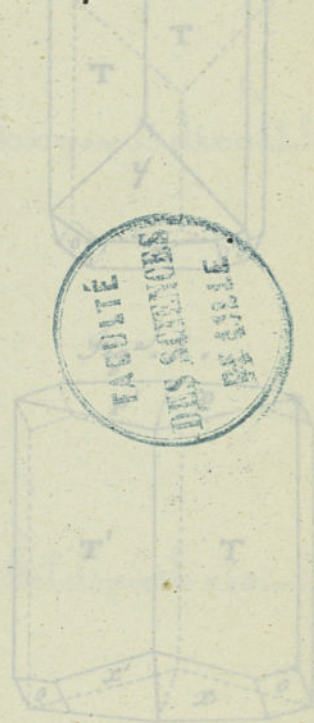
Il existe des Tripolis dans le voisinage des Volcans en Auvergne et en Bohême. On en connaît aussi dans plusieurs autres terrains, notamment dans les terrains houillers, dans les terrains de grès en Bretagne, &c...

On apporte de Venise du Tripoli qui est très estimé. Le Tripoli accompagne quelquefois la Calcédoine et peut comme le Quartz Nectique être le résultat de la décomposition.

Ils sont le résultat de la réunion de galets ou fragments de Quartz par un ciment siliceux, calcaire ou argileux: ils ne forment donc pas une espèce minérale; néanmoins nous

M. g. 8.

8^e. Quartz terreux.



Des Tripolis.

Des Grès.

croisons devoio les citer à la suite du Quartz.

Leur dureté varie suivant l'espèce du ciment; il y a des grès très durs, d'autres friables; leur cassure est unie, tantôt mate, tantôt brillante.

Il existe une variété de grès qui donne des fragments conchoïdes de forme conique; elle est légèrement luisante, on l'appelle grès lustré.

5^{ème} Leçon.

Du Feldspath.

Cette substance forme une partie essentielle de plusieurs roches anciennes. Elle est un des éléments du Granite, et constitue la base de la plupart des porphyres. Le Feldspath est donc un des minéraux les plus répandus dans la nature: pendant longtemps on a réuni sous le nom de Feldspath des espèces qui diffèrent par leur composition et dont les formes cristallines quoique semblables au premier abord diffèrent, cependant d'une manière essentielle. Cette double considération a conduit M^r Gustave Rose à diviser l'espèce Feldspath de M^r Haidy en quatre espèces auxquelles il a donné les noms de Feldspath, d'Albite, de Labrador et de Sphacolithe. Nous décrirons avec quelques détails la première et nous donnerons seulement quelques indications sur les autres.

Plusieurs substances compactes et terreuses ont été réunies au Feldspath d'après des rapports plus ou moins bien établis sur les bases suivantes.

- 1^o. Le passage au Feldspath cristallisé, soit dans les échantillons, soit dans la nature dans une même couche.
- 2^o. La fusibilité en émail blanc propre au Feldspath cristallisé.
- 3^o. Enfin une composition analogue.

Ces rapprochements sont quelquefois certains mais d'autres fois ils sont seulement fondés sur des présomptions.

D'après la réunion de ces différentes substances nous diviserons le Feldspath en trois espèces.

- 1^o. Feldspath lamelleux,
- 2^o. Feldspath terreux,
- 3^o. Feldspath compacte.

Nous y ajouterons ensuite par Appendice le Feldspath résinite ou Reichstein, le Feldspath tenace ou Tade, l'Obsidienne et la Bonce.

Feldspath lamelleux.

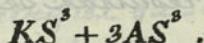
Il se trouve le plus ordinairement en grains cristallins, quelquefois en cristaux et en masses laminaires. Lorsqu'il est pur et bien cristallisé, il contient moyennement,

Silice 65,94 33 . oxygène 12

Alumine . 17,75 8,29 3

Potasse . . 16,31 2,76 1

proportions qui donnent pour la formule du Feldspath,



Le système cristallin dérive d'un prisme rhomboïdal oblique, dans lequel l'angle du prisme est de $120^{\circ} 21'$ et celui de la base sur les faces latérales sont de $112^{\circ} 14'$, Fig^r 1.

La forme dominante la plus ordinaire est un prisme à six faces très rarement terminé par un plan; ce prisme

est ordinairement surmonté d'un biseau composé de la base, et d'une seconde face tantôt plus, tantôt moins inclinée à l'axe; il y en a deux désignées par x et par y par M. Haiiy qui sont également habituelles et qui sont représentées dans la fig. 2; l'une d'elles, y est presque perpendiculaire sur la face P ; il suit de cette disposition que si l'on suppose le biseau prolongé et qu'on retourne le cristal, on a un prisme rectangulaire droit qui est la troisième forme dominante.

Outre ces formes dominantes, le Feldspath présente beaucoup de modifications; mais elles se rapportent facilement aux quatre formes que je viens d'indiquer.

Enfin les cristaux de Feldspath offrent des groupements, ou pour me servir de l'expression de M. Haiiy des hémitropies: Il y en a trois principales; l'une parallèle à la face M du prisme, l'autre parallèle à la face P que nous avons prise pour base, enfin la troisième parallèle à un plan diagonale.

La première hémitropie est la plus remarquable parce que le prisme étant rhomboïdal, la base P est perpendiculaire sur le plan diagonale, lequel est parallèle à la face M ; il en résulte que les deux faces P et P' , Fig. 3, se trouvent dans le prolongement l'une de l'autre et que le cristal hémitrope n'a pas d'angles rentrants, seulement on voit une ligne qui divise la face P en deux parties, et les clivages viennent aboutir à cette ligne. Cette hémitropie sert très souvent pour distinguer le Feldspath de l'Albite, ainsi qu'on l'indiquera dans quelques lignes.

La cassure des cristaux de Feldspath est lamelleuse suivant trois sens; qui sont parallèles aux faces P, M, T . Les deux premiers clivages également faciles, sont perpendiculaires entre eux; le troisième moins net est presque toujours esquilleux.

La transparence varie beaucoup; il y a des cristaux de Feldspath entièrement diaphanes, comme au S. Gothard, tandis que les cristaux de Feldspath de Baveno sont opaques.

La couleur du Feldspath lamelleux varie peu; elle est en général fort claire, les principales teintes sont le gris clair, le gris rougeâtre; il y en a d'un beau vert, les échantillons de cette dernière couleur proviennent de la Sibérie.

Le Feldspath quoique dur ne raye pas le Quartz, mais il raye le verre.

La pesanteur spécifique est 25,56 à 25,80.

Il est fusible au chalumeau en émail blanc.

Le Feldspath lamelleux se trouve dans un grand nombre de terrains: il forme une partie constituante essentielle du Granite: il existe également dans le Gneiss et la Syénite: les Gneiss en sont également en partie composés. Il forme la base de la plupart des Porphyres; quelques-uns même sont entièrement composés de cette substance, la pâte étant de Feldspath compacte et les cristaux de Feldspath lamelleux. Associé avec le Quartz il constitue des amas désignés sous le nom de Granite graphique.

Les beaux cristaux de Feldspath viennent principalement du S. Gothard, du Lac Majew, de Sibérie, de Norwège, &c....

Cette sous-espèce porte aussi le nom de terre à porcelaine, tantôt friable, tantôt terreuse: sa couleur est assez ordinairement le blanc, le blanc jaunâtre ou rougeâtre: le Feldspath friable est doux au toucher, terreuse, il happé à la langue: Il fait pâte avec l'eau; il est infusible au chalumeau et ne contient pas de potasse. Malgré cette circonstance, il fait pâte et donne lieu à croire que la terre à porcelaine ou Kaolin est un Feldspath qui a perdu son Alkali,

Fig. 1.

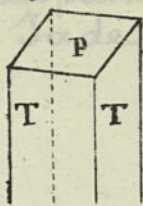


Fig. 2.

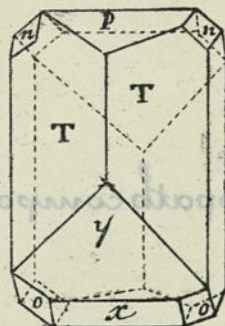
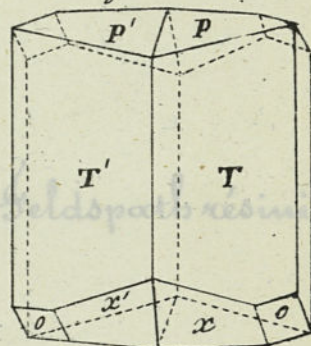


Fig. 3.



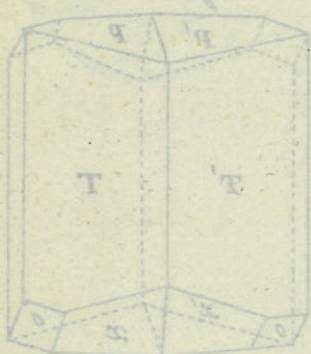
Obsidienne.

par une altération dont nous ne connaissons pas l'origine. On voit en effet ces masses terreuses passées à des masses compactes ou à d'autres lamelleuses qui ont le clivage du Feldspath: quelquefois même le Kaolin a conservé la forme cristalline du Feldspath.

Cette sous-espèce forme des amas puissants au milieu du Gneiss: les carrières de St. Yrieix près Limoges, qui fournissent le Kaolin le plus pur, et qui est presque exclusivement employé en France se trouvent dans ce gisement.

Il existe en outre dans les Granites décomposés du Feldspath à l'état terreux; il diffère beaucoup de celui que nous venons de décrire: Il contient encore beaucoup de potasse, et c'est simplement sa texture qui est altérée.

Feldspath compacte.



Il se nomme aussi Petro-silex. Ce Feldspath se trouvant à l'état compacte ne peut se distinguer que par sa fusibilité et par la forme de sa cassure: d'après ce dernier caractère on divise le Feldspath compacte en deux variétés le Céroïde et le Conchoïde.

Le Feldspath compacte Céroïde a la cassure esquilleuse, à esquilles mal terminées; il est translucide sur les bords, quelquefois la masse l'est entièrement, il n'a aucun éclat: sa couleur est le gris rougeâtre ou verdâtre, quelques variétés sont bleuâtres: cette variété est plus difficile à casser que la variété suivante.

Le Feldspath compacte Conchoïde présente une cassure plus ou moins parfaitement conchoïde, passant quelquefois à la cassure esquilleuse; les esquilles sont plus larges et mieux terminées que dans le Feldspath Céroïde. Il y a entre ces deux variétés la même différence qu'entre le Silex et l'Agate: l'Agate a la cassure esquilleuse, celle du Silex est conchoïde. Le Feldspath compacte conchoïde est d'un gris jaunâtre clair; on y voit souvent des mélanges de couleur, il est quelquefois rubané.

Le Feldspath compacte forme des masses puissantes: mêlé avec le Quartz et l'Amphibole, il constitue des terrains considérables sous le nom de Porphyre et d'Amygdales. Dans les Porphyres rouges le Feldspath domine; dans les porphyres verts, c'est au contraire l'Amphibole.

Les minéralogistes allemands ne décrivent sous le nom de Feldspath compacte que celui qui est pur: les autres sont décrits sous le nom de Flornstein fusible, qu'ils regardent comme une substance de filon.

Le Feldspath compacte se trouve dans les terrains primitifs et dans ceux de transition.

Il y a des Feldspath compactes passés à l'état terreux; leur couleur est alors un gris cendré, verdâtre ou jaunâtre.

Outre les Feldspath compactes décomposés, les allemands décrivent aussi comme étant associés à l'espèce qui nous occupe, des substances terreuses de couleurs claires, et fusibles en émail blanc; ils désignent sous le nom de Chonstein (pierre argileuse): elle forme la base de plusieurs porphyres décrits aussi par les Allemands sous le nom de Chonporphyre qu'on peut traduire par porphyre argileux.

Le Feldspath terreux se trouve dans le même terrain que le Feldspath compacte, et avec des passages presque imperceptibles.

Appendice.

Appendice.

La cassure est à petites esquilles, son éclat peu vif, est mat et gras, cette variété est difficile à casser, plus dure que le Béro-silice; ses couleurs participent du vert un peu grisâtre, et ne sont point mélangées.

La pesanteur spécifique est de 29 à 30.

Parmi les Analyses des substances comprises sous le nom de Jade quelques-unes indiquent de la soude et d'autres de la potasse, d'où il paraît probable qu'il y a plusieurs substances comprises sous ce nom; peut-être, le Feldspath et l'Albite présentent-ils l'un et l'autre des variétés compactes analogues. Cette sous-espèce est fusible en émail blanc comme tous les Feldspath.

On ne connaît pas encore exactement le gisement du Jade: les échantillons qu'on possède dans les collections nous viennent de l'Orient; il est connu depuis longtemps par les objets travaillés venant de Turquie et de la Chine. On a trouvé sur les bords du lac de Genève des substances que M. de Saussure a rapportées au Jade: on leur a donné le nom de Saussurites: il existe aussi en Corse une roche verdâtre dont la base est regardée comme du Jade; elle est associée avec le Diallage, et désignée sous le nom de Verde di Corsica. On a depuis retrouvé la roche de Jade de Genève dans l'Apennin, où elle forme des masses considérables.

On donne ce nom à des roches dont l'éclat gras, et la cassure tantôt conchoïde, tantôt esquilleuse sont analogues à celle de la résine: leur fusibilité en émail blanc et leur composition qui se rapprochent de celle du Feldspath les a fait associer à cette substance. Elles ont été désignées par les minéralogistes Allemands sous le nom de Bechstein, pierre de poix, fusible; elles appartiennent à certaines formations de Porphyre, et aux terrains de Crachyte. On en trouve beaucoup au mont Meissen en Saxe; il y en a aussi au nord de la Saxe et près de Schemnitz.

Le Crachyte du Cantal, est traversé par un filon de Feldspath résinite; on l'a désigné sous le nom de Bechstein du Cantal: ce dernier Feldspath est d'un beau vert bouteille; il contient un très grand nombre de cristaux de Feldspath vitreux.

Cette substance a quelques rapports avec l'Obsidienne que nous allons décrire.

L'Obsidienne est un verre volcanique.

Elle se présente sous deux états; en masse vitreuse, ou en grains semblables à des perles.

L'Obsidienne en masse présente une cassure conchoïde: sa couleur est tantôt un noir parfait, tantôt un noir verdâtre ou bleuâtre. Quelques variétés offrent dans une cassure mince un chatonnement couleur de bronze. L'Obsidienne est translucide sur les bords: sa surface est quelquefois très lisse, souvent crévascée. L'Obsidienne raye le verre; sa pesanteur spécifique est 22 à 23; fusible au chalumeau en émail blanc, elle se boursoufle en fondant.

On a trouvé dans l'Obsidienne 6 à 8 % de soude et de potasse; de la silice et de l'Alumine en proportions qui se rapprochent de celles du Feldspath.

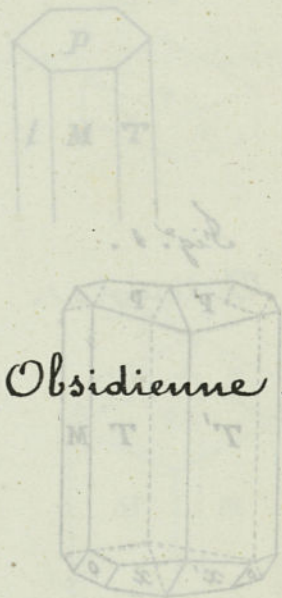
L'Obsidienne appartient aux terrains volcaniques; on en trouve dans l'île de Malte, au Pis de Cénériffe, au Mexique; en Hongrie, il existe de l'Obsidienne empâtée dans du Porphyre volcanique.

m. g. 9.

Feldspath tenace
ou Jade.

Feldspath résinite.

Obsidienne.



L'Obsidienne granuliforme, ou Perlstein, est en petites grains agglomérés entre eux ou disséminés dans des masses vitreuses: ces grains ont au centre un petit noyau cristallin qui font présumer que la substance s'est refroidie lentement. La couleur de cette Obsidienne est le gris perle; sa dureté est moins grande que celle de l'Obsidienne en masse: elle est fusible avec un grand boursoufflement. Elle contient comme l'Obsidienne en masse de la silice, de la potasse, de la soude et de l'Alumine.

Il existe du Perlstein en plusieurs endroits, notamment au Mexique, en Irlande, en Islande et en Hongrie.

L'Obsidienne est employée avec avantage pour les miroirs des télescopes parce qu'elle ne donne qu'une seule image: les Mexicains en font des couteaux.

Bouze.

Cette substance regardée comme un verre volcanique, est très poreuse; elle est parsemée de trous capillaires, allongés, qui lui donnent un aspect fibreux. Les pores de la Bouze sont ordinairement perpendiculaires à la couche; cette disposition fait présumer qu'elle formait primitivement une masse fondue et que des gaz en s'échappant lui ont donné cette apparence.

La Bouze est friable, cependant elle rase le verre, ce qui est dû à ce que sa poussière est très dure: elle est translucide sur les bords, elle est rude au toucher, plus légère que l'eau.

La pierre Bouze présente une composition qui est analogue à l'Obsidienne: elle se trouve principalement dans les îles de Lipari, dans les volcans éteints de l'Islande, à l'Énériffe, dans l'île de Santorin, à Mexico. Dans les volcans éteints de l'Ouvergne, cette roche est rare, cependant on la trouve dans des tufs formés par l'agglomération postérieure de fragments volcaniques.

Quelques échantillons de Bouze présentent d'une manière incontestable le passage à l'Obsidienne.

De l'Albite.

Il y a quelques années, on ne connaissait sous ce nom qu'une substance composée de petites lames entre croisées dans tous les sens et pour ainsi dire grenue. Nous avons vu au commencement de cette leçon que M. Gustave Rose avait reconnu des Cristaux d'Albite parmi les cristaux de Feldspath; ce qui le conduisit à cette distinction, c'est l'observation de certains cristaux qui présentaient des hémitropies parallèlement à la face M et dans lesquelles il existait des angles rentrants, Fig. 1: cette circonstance lui apprit que dans ces cristaux l'angle entre cette face et la base n'était plus droit comme dans le Feldspath, et qu'ils devaient par suite être séparés de cette espèce dont ils différaient essentiellement par la cristallisation. L'Analyse de ces mêmes cristaux vint confirmer ce résultat de la cristallisation, en montrant que l'Albite contient de la soude au lieu de potasse.

La forme primitive de l'Albite est un prisme oblique non symétrique dont les faces verticales M et T forment entre elles des angles de $117,53'$ et $62,7'$: la base P forme avec ces deux faces des angles de $93,36'$ et de $115,5'$.

La couleur des cristaux d'Albite est le blanc et le blanc rougeâtre; ils sont translucides, quelquefois même transparents du moins en partie. L'éclat de l'Albite est nacré sur le clivage, principalement sur celui qui a lieu parallèlement à la base; il est vitreux sur les autres plans.

La pesanteur spécifique est entre 26,08 et 26,20.

Fig. 1.

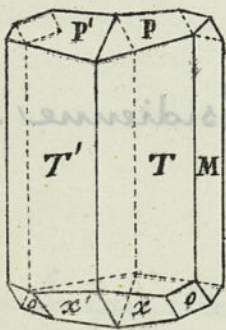
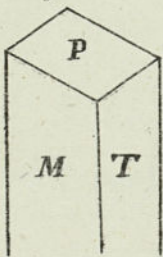


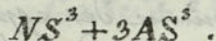
Fig. 2.



L'Albite d'Årendal analysée par M. G. Rose lui a donné,

Silice 68,46 contenant 34,43 oxygène 12^P
 Alumine... 19,30 9,00 3
 Chaux 0,68
 Oxyde fer... 0,28
 Magnésie (une trace)
 Soude..... 11,27 contenant 2,88 oxygène 1.

Cette composition donne pour formule,



de laquelle on déduit pour les propositions calculées,

Silice..... 69,78
 Alumine.. 18,79
 Soude..... 11,43.

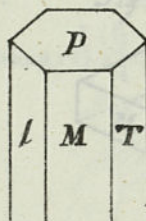
L'Albite comme le Feldspath, se trouve non seulement en cristaux, mais en masses granuleuses, et en masses compactes.

Il est probable que l'Albite est aussi abondante que le Feldspath, la difficulté de reconnaître les cristaux de cette substance quand ils ne présentent pas l'hémitropie, fait sans doute qu'on prend souvent ces deux espèces l'une pour l'autre. D'après les analyses de certains Feldspath résinites, d'Obsidiennes et de Poncez, il est également probable qu'un certain nombre de ces substances devraient être rangés avec l'Albite.

Les principales localités où l'Albite a été reconnue sont, Årendal en Norvège, le bourg d'Oisan en Dauphiné; on la trouve aussi dans le calcaire du Bonhomme en Piémont, Barrèges dans les Pyrénées, le mont S. Gothard, etc....

Nous avons annoncé que l'on avait séparé du Feldspath une espèce sous le nom de Labrador. Nous allons donner dans un tableau la différence que présentent les angles de ces trois substances.

	P sur M	P sur T	M sur T	M sur l	T sur l	Basanteur spécifique.
Feldspath..	90°,00'	112°,14'	120°,21'	120°,21'	119°,18'	25,00
Albite.....	86°,24'	115°,50'	117°,53'	119°,52'	122°,15'	26,12
Labradorite	86°,30'	.....	.....	.....	.....	27,00

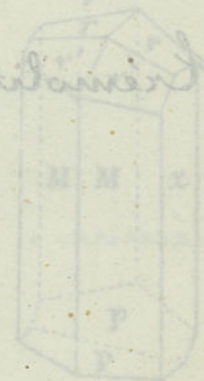


6^{ème} Leçon.

De l'Amphibole et du Pyroxène.

M. G. Rose dans un Mémoire récent a réuni en une seule et même espèce, l'Amphibole et le Pyroxène, sous le nom d'Ouralite; les raisons qui ont conduit M. Rose à adopter cette opinion sont, 1^o les rapports simples qui existent entre la cristallisation de ces deux substances; 2^o la réunion sur un même cristal des faces appartenant au Pyroxène et des clivages de l'Amphibole.

La composition de l'Amphibole et celle du Pyroxène tout analogues qu'elles sont, présentent cependant des différences trop grandes pour qu'on puisse les passer sous silence, et jusqu'à présent la réunion proposée n'a point été adoptée.



Dans tous les cas, M. C. Rose admet lui-même qu'il faut encore séparer la description de l'Amphibole et du Pyroxène, attendu que ces deux substances jouent un rôle très différent dans la nature.

Amphibole.

M. Haiiy a réuni sous ce nom plusieurs minéraux regardés avant lui comme des espèces particulières décrites sous les noms de Actinote, de Crémolite ou Grammatite et de Hornblende. Il a basé cette réunion sur l'identité de formes cristallines que présentent ces minéraux; mais ces caractères extérieurs et leur gisement présentant des différences assez grandes; il a divisé l'espèce Amphibole en trois variétés d'après leur différence de couleurs; cette division correspond à l'ancienne classification de Werner. La différence de composition chimique de ces trois variétés d'Amphibole paraissait s'opposer à leur réunion en une seule espèce; mais les travaux de Mitscherlich sur l'Isomorphisme l'ont au contraire confirmé; en effet, les éléments qui entrent dans la composition des Amphiboles sont la chaux, la magnésie, les oxydes de fer et de manganèse, etc.; substances isomorphes et qui sont en proportions telles que l'oxygène des bases est toujours dans le même rapport avec l'oxygène de l'acide. Il en résulte que ces variétés sont liées entre elles et forment si non une espèce, au moins un groupe ou une famille comme le Pyroxène ou le Grenat.

Nous adopterons pour la description de l'Amphibole la division de M. Haiiy qui se rapporte à la fois à la différence de composition; et à la différence de caractères extérieurs; nous décrirons en conséquence

L'Amphibole calcaireo-ferrugineux ou Actinote,
L'Amphibole calcaireo-magnésien ou Crémolite,
enfin, l'Amphibole noir ou Hornblende.

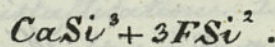
Outre les minéraux bien caractérisés comme l'Amphibole, on trouve des passages de cette espèce à des minéraux fibreux et même à des minéraux compactes; ce qui conduit à ajouter à ces trois sous-divisions deux autres sous les noms de

Amphibole fibreux,
et Amphibole compacte ou Cornéenne.

Cette variété d'Amphibole est verte, rarement en cristaux terminés; elle est disséminée dans les terrains talqueux où elle forme quelquefois de petits filons: sa pesanteur spécifique est de 33; sa composition atomique est,

Silice	52	} 100.
Chaux	10	
bi-oxyde de fer	38	

elle conduit à la formule,

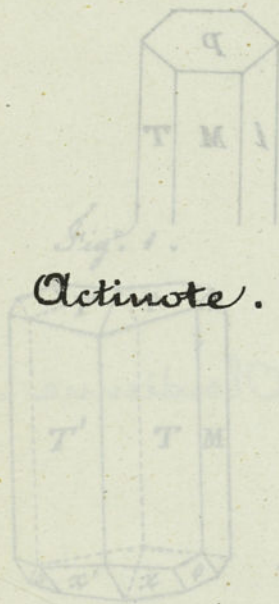


L'Analyse directe de cette espèce d'Amphibole indique toujours un certain mélange de l'Actinote avec la Crémolite.

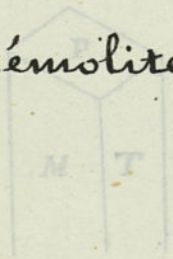
La Crémolite est d'un blanc d'argent tirant sur le grisâtre, quelquefois un peu sur le verdâtre; on la trouve assez souvent en masses et en plaques rayonnées; les cristaux sont rarement terminés. Elle existe principalement dans les terrains calcaires, surtout dans les Dolomies comme au S^t Gothard, dans les montagnes du tyrol et en Norvège.

sa pesanteur

Actinote.



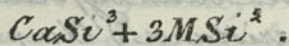
Crémolite.



La pesanteur spécifique est 29; sa composition atomique serait

Silice	... 61	}	100,
Chaux	... 12		
Magnésie	... 27		

nombre qui donnent la formule,



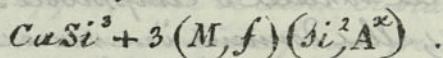
Cette variété d'Amphibole est la plus abondante de toutes: sa couleur est le noir. Elle se trouve en cristaux dissimulés dans les roches volcaniques et anciennes, en masses rayonnées et en masses lamelleuses: c'est à cette variété que l'on doit rapporter l'Amphibole compacte. Les cristaux de Hornblende sont plus nets et plus modifiés que les cristaux de Crémolite et d'Actinote.

La composition de la Hornblende diffère essentiellement de la Crémolite et de l'Actinote, parce qu'elle contient de l'Alumine dans une proportion assez considérable; on suppose que cette dernière substance joue le rôle d'acide et remplace une certaine quantité de silice.

La Hornblende de Targos contient,

Silice	..... 45,69
Chaux	..... 13,83
Magnésie	..... 18,74
Protoxide de fer	..... 7,32
Alumine	..... 12,18
Acide fluorique	..... 1,50

Cette composition donne la formule,



La cristallisation des trois variétés d'Amphibole étant sensiblement la même, ainsi que les autres caractères à l'exception de la couleur, nous allons les indiquer ensemble.

L'Amphibole est très facilement divisible parallèlement à deux plans M, M , faisant entre eux dans l'Actinote un angle de 125° à 126° ; dans la Crémolite de 126° à 127° ; et dans la Hornblende de $124^\circ, 30'$: ces plans conduisent à la forme primitive, Fig. 1, qui est un prisme rhomboïdal oblique dont la base est inclinée sur les faces latérales d'environ 105° à 106° : ce prisme est tel que si on mène par un angle une section perpendiculaire aux arêtes latérales, elle passera par l'angle opposé; et dans la coupe obtenue, le rapport des diagonales sera $19:10$.

La forme primitive est aussi la forme dominante; la base seulement est ordinairement remplacée par un pointement à trois faces, Fig. 2, composé de la base et de deux faces r également inclinées sur les arêtes aiguës du prisme rhomboïdal et faisant avec cette arête un angle de 105° : à cette modification s'en joint presque toujours une autre sur les arêtes aiguës de manière que les cristaux d'Amphibole les plus habituels sont des prismes à six faces surmontés d'un pointement à trois faces.

Une seule variété de cristaux, Figure 3, offre quelque difficulté à être rapportée aux formes que nous venons d'indiquer à moins qu'on ne suppose qu'elle soit le résultat d'une macle; elle présente le même prisme terminé à une des deux extrémités par deux faces, et à l'autre par quatre.

En examinant avec attention l'angle de ces faces entre elles et leur position par rapport aux arêtes du prisme, on reconnaît que le sommet dièdre est composé de deux faces qui

m. g. 10.

Hornblende.

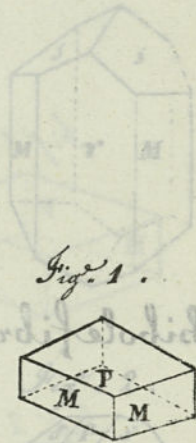


Fig. 1.

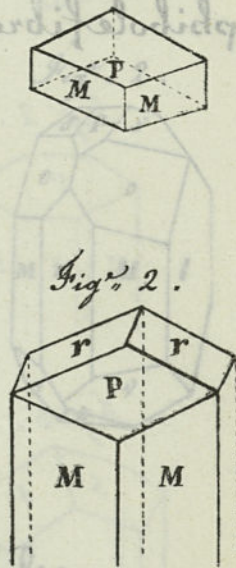


Fig. 2.

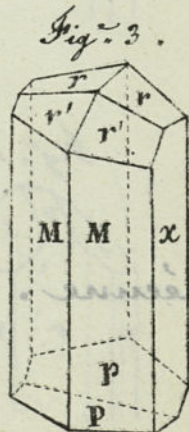


Fig. 3.

correspondent aux bases et que les quatre faces du sommet opposé appartiennent au biseau σ ; il est donc probable qu'il y a eu ici hémotropie, ou pour mieux dire, accollement de cristaux en sens opposés.

Les cristaux sont souvent groupés en faisceaux divergents; ils sont aussi croisés dans différents sens d'une manière irrégulière. Les cristaux d'Amphibole sont ordinairement empâtés dans des roches; il est très rare qu'ils soient groupés à la surface d'une cavité.

Les cristaux hémotropes se trouvent seulement dans les roches volcaniques. La Trémolite est en faisceaux divergents rarement terminés.

La cassure des cristaux d'Amphibole est facile et lamelleuse dans deux sens: les variétés blanches et vertes sont moins lamelleuses que la noire, et même dans les variétés blanches la cassure est plus fibreuse que lamelleuse. Le caractère de la cassure est le meilleur moyen pour distinguer l'Amphibole des autres substances avec lesquelles il a de l'analogie à cause du miroitement qui en résulte.

L'Amphibole est assez éclatant, l'éclat est vitreux dans les variétés vertes et blanches; dans la noire il est un peu nacré: la variété noire est opaque; les variétés vertes et blanches sont constamment translucides sur les bords et quelques fois même dans les cristaux assez épais.

L'Amphibole raje le verre et non le Quartz, sa tenacité est très grande, il reçoit l'empreinte du marteau.

Les masses d'Amphibole noir ont une odeur argileuse.

Toutes les variétés d'Amphibole se fondent facilement au chalumeau, elles donnent des verres noirs, opaques ou gris noirâtre suivant la couleur: les variétés blanches donnent un émail blanc laitieux.

Amphibole fibreuse.



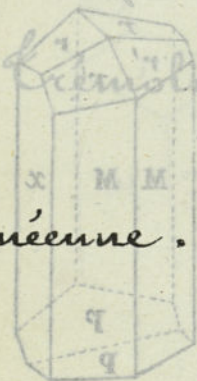
Cette variété se trouve en masses composées de fibres parallèles; elle constitue ordinairement des roches schisteuses, désignées sous le nom de Hornblend-schiefer; la variété qui est blanche présente une structure souvent rayonnée.

Les variétés noires à fibres entrelacées sont tenaces. La cassure des fibres présente un éclat tantôt vitreux, tantôt un peu soyeux; quelques variétés sont mates, les fibres sont quelquefois très contournées, cependant les deux clivages s'y observent presque toujours.

L'Amphibole est très abondante dans les terrains primitifs; elle forme la base principale de plusieurs roches, et notamment de deux roches granitoïdes, le Grünstein et la Syénite; dans celle-ci le Feldspath domine.

L'Amphibole verte, ou l'Actinote se trouve principalement dans les terrains de schiste talqueux; elle y est disséminée en cristaux placés dans le sens des lits de ces schistes; elle tapisse aussi dans le même terrain des veines, des nids ou de petites fentes. La variété blanche est empâtée au milieu des Dolomies; la variété noire se trouve aussi disséminée avec quelque abondance dans les terrains volcaniques, soit dans les porphyres basaltiques, les tufs basaltiques, les Trachytes et même dans les Laves.

Cornéenne.



Cette substance désignée souvent sous le nom de Trapp, est réunie à l'Amphibole à cause de ses caractères extérieurs et de sa fusibilité en émail noir; souvent cette substance est mélangée de Feldspath; elle donne alors au

chalumeau

chalumeau un émail noir prédominant, mais mélangé de blanc.

On distingue les Cornéennes dures et les Cornéennes tendres: les dures sont tantôt vertes, tantôt d'un gris noirâtre; elles sont toujours très difficiles à casser; elles sont à grains serrés et présentent une cassure pseudo-régulière, de sorte qu'en grand elles affectent une structure en escaliers qui lui a fait donner le nom de Crapp. La Cornéenne rase le verre; elle est assez souvent magnétique; sa râclure donne une poussière noire; son odeur est argileuse. Cette roche est extrêmement tenace, résiste au choc le plus réitéré; elle est en même temps très sonore.

La Cornéenne tendre est d'un noir terne; elle est également très difficile à casser, parce qu'elle reçoit l'impression du marteau: sa cassure est unie, terreuse, quelquefois un peu schisteuse, mais rarement pseudo-régulière. Sa cassure est grisâtre; elle blanchit au feu; elle a une odeur argileuse très prononcée.

La Cornéenne se trouve à peu près dans les mêmes gisements que la Hornblende, mais elle est surtout abondante dans les terrains de porphyre. Elle forme la base des roches porphyroïdes et surtout des roches amygdaloïdes: elle est souvent mélangée de Feldspath.

Du Pyroxène.

Pendant longtemps les variétés de Pyroxène ont été connues sous des noms différents; c'est à M^r Flügel que l'on doit leur réunion dans une même espèce: il a été conduit à faire cette réunion par une étude approfondie de leurs cristallisations qu'il a reconnues se rapporter à une même forme primitive, quoique l'aspect en soit très varié. En effet les unes se présentent en prismes rectangulaires, Figⁿ 1, d'autres en prismes rhomboïdaux, figⁿ 2, qui à la vérité peuvent se déduire les uns des autres par des modifications parallèles aux plans diagonaux.

La composition des Pyroxènes varie beaucoup mais en comparant leurs analyses on reconnaît que la plupart d'entre elles peuvent se représenter par la même formule attendu qu'elles se composent d'éléments isomorphes et aucun groupe n'est plus propre à faire ressortir les avantages des considérations atomiques.

On distingue quatre variétés principales de Pyroxène;

- la Sahlite,
- l'Hedenbergite,
- la Pyrosmalite,
- et l'Augite.

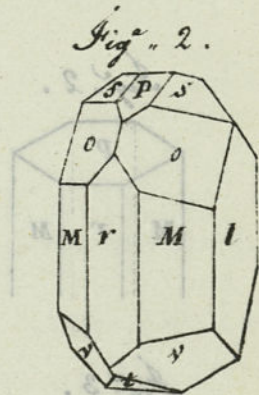
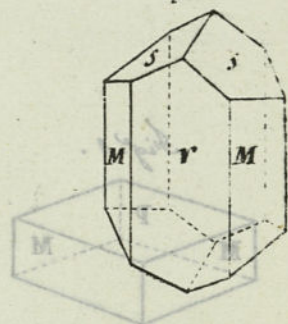
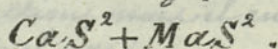
M^r Flügel a désigné sous les noms de Sahlite les variétés Malacolite et Diopside. Elle provient principalement de Sahl en Norwège, de la vallée d'Alta dans le Piémont et de la vallée de Passa en Tyrol: elle est d'un blanc verdâtre: sa composition est;

Silice	57	28,60	oxygène	4
Chaux	25	7,01		1
Magnésie	18	6,97		1

On peut associer ces éléments de cette manière,

Silice	2 ^{at}	plus silice	2 ^{at}
Chaux	1	Magnésie	1

D'où l'on déduit la formule minéralogique suivante;



Sahlite.

Hedenbergite.

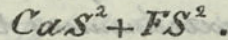
Cette variété de Pyroxène vient principalement des environs de Lunaberg en Suède; sa couleur est le vert foncé, elle présente des clivages à la fois parallèlement aux faces d'un prisme rhomboïdal et d'un prisme rectangulaire. Cette espèce contient;

Silice 50 25,15 oxygène $\frac{1}{2}$

Chaux 22 6,10 1

Oxidule de fer 28 6,27 1

ou déduit de cette composition la formule minéralogique suivante,



Pyrosmalite.

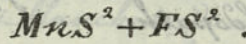
C'est une espèce de Pyroxène dans laquelle la chaux est remplacée par le Manganèse: cette variété est rare; sa couleur tire encore sur le vert, mais elle est très foncée et passe au brun. D'après son analyse on peut la regarder comme un Pyroxène de fer et de Manganèse: elle serait composée de

Silice 47

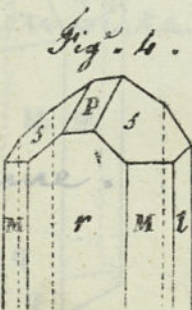
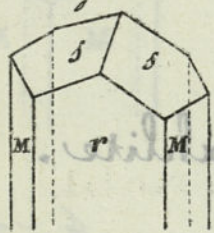
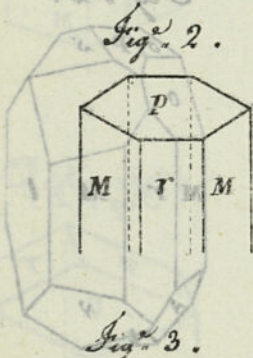
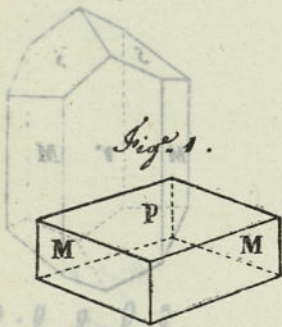
Oxide de Manganèse 27

Oxide de fer 26

composition qui conduirait à la formule,



Augite.



Cette 4^{ème} espèce de Pyroxène se trouve presque exclusivement dans les terrains volcaniques: Ce Pyroxène est continuellement mélangé de diverses substances, surtout de silicates aluminés, qui y entrent jusqu'à 50 p^oo.

La Chaux et la Magnésie, la chaux ou le fer sont les éléments essentiels du Pyroxène: la couleur de cette espèce est le noir foncé.

La cristallisation du Pyroxène dérive d'un prisme rhomboïdal oblique, Fig. 1, dont l'angle M sur M est de 90°, 55', la base est inclinée sur les faces latérales de 100°, 25'. Les clivages sont parallèles aux faces de ce prisme: quelques variétés en présentent en outre de parallèles aux faces d'un prisme rectangulaire qui dérive du prisme rhomboïdal dont nous venons d'indiquer l'angle.

La forme primitive, Fig. 1, est très rare; on la trouve souvent modifiée par des troncatures r sur les arêtes latérales obtuses qui la transforment alors en prismes à six faces, Fig. 2. Souvent aussi ces prismes sont surmontés de biseaux s, Fig. 3. Enfin dans certains cas, les cristaux présentent à la fois la base, le biseau s, le prisme primitif M, et le prisme rectangulaire r et l, Fig. 4.

Quelques Pyroxènes admettent des clivages suivant les trois faces de la forme primitive, mais la plupart n'en possède qu'un seul parallèlement à la base: cette circonstance sert à distinguer le Pyroxène de l'Amphibole dont les formes paraissent analogues; cette dernière espèce ne possède jamais ce dernier clivage, tandis qu'il en présente constamment deux suivant les faces verticales.

Les Pyroxènes sont ordinairement translucides sur les bords, rarement diaphanes; leur éclat, mat à l'extérieur, est vif à l'intérieur; les plus éclatants sont en même temps les plus transparents.

La cassure est lamelleuse, sauf quelques anomalies; cette substance raye difficilement le verre: son poids spécifique est de 31 à 35. Exposé à la flamme du chalumeau, le Pyroxène fond en émail bulleux, dont la couleur dépend de celle de la variété.

Le Pyroxène

Le Pyroxène se présente quelquefois à l'état fibreux; il se compose alors de fibres ou de petits cristaux allongés, accolés ensemble; on en trouve des échantillons soyeux, nacrés, durs et se cassant dans le sens de la base. Cette variété ressemble beaucoup à l'Amphibole, et le clivage est le seul caractère distinctif.

On a trouvé dans les Pyrénées près du Lac de Lherz dans la vallée de l'Arriège, une roche verdâtre, compacte qui passe par degrés insensibles au Pyroxène cristallisé. L'analyse des parties compactes, est la même que celle du Pyroxène, on a donc rangé avec cette espèce, ces masses qui sont désignées sous le nom de Lherzolithe: cette substance est composée d'une multitude de petites lames qui se croisent dans tous les sens, et en font une masse plutôt saccharoïde que compacte dont la cassure est un peu esquilleuse. Cette roche est surtout très tenace.

On place cette roche à la suite du Pyroxène, parce que ce minéral en forme la base principale.

Le Basalte appartient exclusivement aux terrains volcaniques, où il forme des nappes ou coulées considérables; sa couleur est d'un noir grisâtre, sa cassure inégale, est plutôt esquilleuse que conchoïde. Lorsqu'on réduit le Basalte en petits fragments, on trouve qu'il est composé d'une grande quantité de petits cristaux de Pyroxène, d'un peu d'Amphibole et de fer oxidulé. Cette roche contient aussi très fréquemment des noyaux d'une substance jaune appelée Péridot, qui n'a été trouvée jusqu'ici que dans les terrains Basaltiques. Cette multitude de cristaux de Pyroxène qui entrent dans la composition du Basalte a fait supposer que cette roche était une masse Pyroxénique, dans laquelle la cristallisation ne s'était pas complètement développée.

La plupart des Basaltes sont prismatiques. Ces formes pseudo-régulières proviennent du retrait que cette roche a éprouvé par le refroidissement. L'irrégularité de ces prismes, dont le nombre des faces varie sans règle sous des preuves certaines que la disposition à peu près régulière du Basalte ne peut être le résultat de la cristallisation.

7^{ème} Leçon.

Du Mica.

Le Mica appartient aux terrains de cristallisation; partie essentielle du Granite, il entre dans la composition des roches anciennes et dans quelques roches volcaniques, il se trouve en outre répandu avec abondance dans les terrains secondaires mais dans ces derniers terrains, il est le produit de la décomposition des roches anciennes.

Le Mica se trouve toujours en petits cristaux qui ont la forme d'une table hexagonale extrêmement mince; malgré cette constance dans la forme cristalline du Mica, il paraît qu'il existe au moins deux espèces très différentes, car d'après des observations de M^r Biot, la plupart des cristaux de Mica ont deux axes de double refraction, mais il en existe quelques uns qui ne possèdent qu'un seul axe.

m. g. H.

Basalte.

D'après les relations qui existent entre la propriété des corps et la cristallisation, le Mica à un axe doit appartenir à un système rhomboédrique, tandis que le Mica à deux axes dérive de formes moins régulières d'un prisme rhomboïdal droit, par exemple. Si l'on suppose que l'angle de ce prisme rhomboïdal, soit de 120° , on obtiendra un prisme à six faces régulières par une troncature sur l'angle aigu, et dans ce cas le Mica à deux axes aura extérieurement la même forme que le Mica à un axe, et les propriétés obliques seront les seules qui pourront dévoiler ce mystère de la cristallisation.

La différence si remarquable que nous venons de signaler n'est pas la seule que présentent les cristaux de Mica, M^r Biot a reconnu que l'angle entre les deux axes de double réfraction, lequel est constant pour une même espèce varie depuis 50° jusqu'à 76° , ce qui l'a conduit à admettre plusieurs espèces de Mica à deux axes, qu'il a caractérisé par l'écartement des axes; il distingue

le Mica de Luirwald qui présente un angle de 50° ,	
la Lépidolithe de Moravie	54° à 60°
le Mica argentin de Russie	60° à 64°
le Mica vert de Sibirie	66° à 70°
le Mica verdâtre des Etats-unis	74° à 76°

Voici la composition de ces différents Mica:

	Luirwald	Moravie	Russie	Etats-unis
Silice	46,4	49,1	45	48,5
Alumine	18,5	33,6	33	33,9
Oxide de fer	20	11,	4	8,6
Potasse	11,2	4,2	15	8,3
Manganèse	2,4			1,3
Lithium		3,6		
Acide fluorique		3,4		

Ces analyses complexes ne conduisent à aucune formule atomique certaine, néanmoins on peut remarquer que le fer paraît augmenter à mesure que l'angle d'écartement diminue.

Les caractères extérieurs de ces différents espèces de Mica étant les mêmes on ne peut séparer leur description; nous les considérerons comme formant un même groupe dont nous allons donner les caractères généraux.

Tous les Micas sont facilement divisibles en feuilles minces, brillantes, flexibles et élastiques.

La forme primitive du Mica est un prisme rhomboïdal de 120° et 60° ; les cristaux sont ordinairement à six faces. Il existe sur les arêtes de la base des modifications qui donnent des cristaux annulaires.

Cette substance est ordinairement en petites lames qui sont disséminées dans les roches comme dans les Granites, mais on trouve quelquefois des cristaux de Mica dans les fentes des roches schisteuses, et dans certains filons.

Le Mica est en général transparent, souvent même diaphane; ses couleurs varient; le gris noirâtre et le vert sont les plus ordinaires. Cette substance est maigre au toucher; les feuilles de Mica se laissent plier et reviennent à leur première position: sur les faces larges on le raze facilement au couteau; sur la tranche il est plus dur.

La pesanteur spécifique du Mica varie de 25 à 29. Au chalumeau, il se fond en un émail noir, gris et gris

blanchâtre. Quelques variétés de Mica, possèdent tous les caractères de cette classe, mais seulement sont infusibles.

Le Mica est, ainsi que nous l'avons annoncé, une partie constituante des roches primitives, il est un des éléments essentiels des Granites, des Gneiss et forme la base principale de Schistes micacés; mélangé avec le Quartz, il constitue la roche appelée Gneiss qui accompagne les mines d'Étain de Saxe.

Indépendamment de ces divers gisements, le Mica est encore très commun dans les terrains de transition, il entre dans la composition des roches arénacées les plus modernes, il provient alors de la destruction des roches anciennes. La Grauwacke schisteuse, le Grès schisteux des houillères, de... en contiennent beaucoup.

On trouve des Cristaux de Mica dans les roches volcaniques, et même dans les laves.

On réunit au Mica comme Appendice, la substance désignée sous le nom de Lépidolithe; elle est composée en apparence de deux substances, l'une compacte, l'autre feuilletée. La Lépidolithe est ordinairement d'un rose violacé; la partie lamelleuse présente quelque fois des indices de cristallisation, et se comporte sous les rapports optiques comme le Mica. Elle se trouve à Morena en Moravie, et à Chanteloup près de Limoges.

Du Calc.

Cette substance, quand elle est lamelleuse, présente la plus grande analogie avec le Mica, mais elle s'en distingue par sa composition essentiellement différente. En effet le Calc lamelleux pur et translucide est un silicate de Magnésie en proportions définies et constantes composé moyennement de

Silice..... 70

Magnésie 30,

composition représentée par la formule

MS^3 .

La Magnésie essentielle au Calc n'existe au contraire qu'en très faible proportion dans le Mica.

Le Calc se présente comme le Mica en tables hexagonales régulières; il paraît d'après les observations d'optique qu'on devrait faire dans cette substance plusieurs espèces comme dans le Mica; mais la rareté des cristaux de Calc assez translucides pour les expériences, a fait que jusqu'ici on n'a pu constater d'une manière précise, les différences qui les distinguent.

Le Calc est même rarement en cristaux un peu nets; le plus ordinairement il se présente en lames irrégulières: Au St. Gothard et au Vésuve, on trouve du Calc en petites tables à six faces, aplatis et accolés ensemble de manière à former une sorte d'éventail.

Le Calc, présente un éclat demi-métallique; cet éclat, sa forme et la propriété de se diviser en lames très minces, lui donnent de l'analogie avec le Mica; mais beaucoup de caractères offrent des moyens faciles de distinguer ces deux espèces minérales. L'un des plus facile à constater, est l'élasticité que présentent les lames de Mica, d'où il résulte que ces lames reprennent leur place quelque soit la flexion qu'on leur fasse éprouver, tandis que les lames de Calc gardent la forme qu'on leur donne en les pliant. L'onctuosité de la poussière du Calc, sa moins grande dureté, et surtout la grande différence

grande différence de composition sont encore des caractères de distinction très prononcés; enfin le Calc est moins transparent que le Mica.

On réunit au Calc plusieurs substances qui contiennent une grande quantité de Magnésie, et qui s'en rapprochent par l'unctuosité. La première que l'on désigne sous les noms de Calc endurci, de Pierre Ollaire et de Chlorite est formée par la réunion de lamelles verdâtres qui se croisent dans tous les sens. On voit pour ainsi dire le passage de ce minéral au Calc lamelleux et la réunion à cette espèce est presque certaine.

La seconde substance associée au Calc est la Serpentine dont la cassure est esquilleuse, ne rappelle en rien le Calc; la grande proportion de Magnésie que contient la serpentine est la seule raison qui ait conduit à faire cette réunion.

Enfin on réunit au Calc des minéraux qui par leur unctuosité ont beaucoup d'analogie avec cette substance; telle est la Stéatite ou pierre de laide, que l'on désigne sous le nom de Calc terreux.

Le Calc présente donc les quatre sous-espèces suivantes;
 Calc lamelleux,
 Calc endurci, ou Pierre Ollaire,
 Calc compacte ou Serpentine,
 Stéatite ou Calc terreux.

Calc lamelleux.

Il se trouve le plus ordinairement en petites masses lamelleuses, irrégulières, souvent mamelonnées. Les lames sont parallèles entre elles, mais presque toujours courbées. Les cristaux nets et bien déterminés sont fort rares.

Les couleurs les plus ordinaires du Calc sont le blanc d'argent clair, le vert pomme ou le vert noirâtre.

Le Calc est seulement translucide, même dans les lames minces; il a un éclat demi-métallique inférieur à celui du Mica, presque toujours nacré.

Il est doux au toucher, ce qui lui a fait donner le nom de savon des montagnes, il est friable et s'écrase sous les doigts: son poids spécifique est de 25 à 26: Au chalumeau il blanchit, et ne se fend que sur les bords en émail gris clair.

Calc endurci ou Pierre Ollaire.

Cette substance est composée de lames distinctes au microscope, entrelacées dans tous les sens: sa cassure est inégale, et sa couleur est verte. Le Calc endurci se laisse couper au couteau; mais il résiste au marteau dont il garde l'empreinte. Il est infusible et n'éprouve aucun retrait par l'action successive de la chaleur élevée à un très haut degré et par un refroidissement brusque. Cette propriété qui lui est particulière permet de l'employer avec avantage à faire des vases, des marmites, qui ne s'altèrent pas au feu: on en a fait également des poêles en la taillant en briques.

Le Calc endurci est quelque fois mélangé de Grenat; on l'emploie alors avec avantage comme pierre meulière.

La composition de la pierre ollaire de Chiavenna en Piémont est,

Silice	38,12
Magnésie	38,56
Oxide de fer	15,62
Chaux	0,41
Alumine	6,66
Acide fluorique	0,41

Calcaire compacte
ou
Serpentine.

Cette substance se trouve en masses considérables qui constituent des terrains particuliers. Elle est en général d'une époque fort moderne et produite par la voie ignée.

La cassure de la serpentine est esquilleuse, mal terminée; elle contient souvent des paillettes brillantes de Diallage. son éclat est gras; elle est translucide sur les bords.

Cette substance est d'un beau vert, souvent tachetée de parties plus foncées, d'où lui vient le nom de Serpentine; le vert varie du vert noirâtre au vert poireau, au jaunâtre.

Cette substance est tendre et se laisse couper au couteau; quelques variétés sont durcies par le mélange de substances étrangères. Elle est douce au toucher.

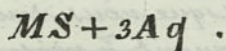
La Serpentine est souvent magnétique par le mélange de fer oxydulé, disséminé en petites grains microscopiques: il y a même des échantillons qui présentent le magnétisme polaire.

La Serpentine est ordinairement infusible; on y a trouvé $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ p^r % de chrome: son poids spécifique est 26,40.

On emploie la Serpentine à peu près aux mêmes usages que la pierre Ollaire, mais elle ne résiste pas au feu: sa composition moyenne est,

Silice.....	39	} 100 ;
Magnésie..	50	
Eau.....	11	

ce qui conduit à la formule,



La quantité considérable d'eau que contient la serpentine la différencie entièrement du Calcaire. On devrait donc en faire une espèce particulière; mais on l'a laissée à la suite du Calcaire parce que c'est la place qui lui est assignée par le plus grand nombre des Minéralogistes.

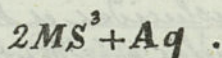
Le Calcaire terreux ou Stéatite se trouve en masses moins étendues que le Calcaire endurci: sa cassure est inégale et terreuse. Cette substance est tendre et plus facile à couper que la Serpentine, très onctueuse au toucher.

Ses couleurs sont claires, blanches, grisâtres, jaunâtres; tachetées, elle est mate, opaque excepté dans les variétés qui se rapprochent de la Serpentine. La Stéatite est infusible au chalumeau: l'intérieur de ses masses est quelquefois, comme à Bayreuth, parsemé de cristaux qui ont la forme du Quartz ou de la chaux carbonatée; ce sont des pseudo-cristaux dont on ne peut expliquer l'origine qu'en supposant que la Stéatite a remplacé les cristaux de Quartz, de chaux carbonatée, de...

La Stéatite de Bayreuth donne moyennement

Silice.....	61,25
Magnésie..	26,25
Eau.....	6,00

D'où l'on tire la formule



Le Calcaire existe dans les terrains primitifs; on trouve dans les mêmes terrains les Chlorites et les Chlorites schisteuses.

Le Calcaire endurci appartient aux terrains talqueux: il renferme souvent quelques veines de Calcaire lamelleux; ce dernier y constitue des veines des petits filons et jamais de couches étendues.

m. g. 12.

8^{ème} Leçon.

Des Argiles.

On entend communément par Argile dans le langage vulgaire, des masses terreuses plus ou moins endurcies, en général onctueuses, absorbant l'eau et faisant pâte avec elle, (rarement s'y divisant) et susceptible de se durcir au feu. En général les argiles happent à la langue et donnent une odeur amère par expiration.

Ces indications générales s'appliquent également à diverses matières terreuses, qu'un grand nombre de caractères conduisent à rapporter des espèces minérales bien déterminées par des caractères essentiels.

Ainsi le Kaolin, ou la terre à porcelaine, qui peut être regardé comme une argile par son emploi dans les Arts, est rangé avec raison comme un Feldspath terreux.

La pâte argileuse de certains porphyres est dans le même cas.

Plusieurs terres savonneuses, celles du Cornouailles, par exemple, sont associées au Calc sous le nom de Stéatites.

Mais le plus grand nombre des masses terreuses qui possèdent les caractères que nous venons d'énoncer ne peuvent se rapporter, du moins quant à présent à aucune espèce déterminée, et sont classées sous le nom d'argiles.

La composition des Argiles n'est pas bien connue, on sait seulement que ce sont des silicates alumineux mélangés soit entre eux, soit avec des substances diverses. Les proportions de leurs parties constituantes sont très variables, non seulement d'une localité à l'autre, mais encore dans les divers points d'un même dépôt. Elles paraissent former deux classes bien distinctes.

1°. Les Argiles dans lesquelles l'eau est en partie à l'état de combinaison et qui sont de véritables hydrates.

2°. Les Argiles qui ne contiennent que de l'eau hygrométrique, et dans lesquelles la proportion de ce liquide s'élève moyennement de 10 à 12 pour cent.

Ces deux classes d'argiles présentent des caractères généraux essentiellement différents.

Les premières ont quelque apparence d'avoir été le produit d'un dépôt chimique. Leur pâte très homogène est translucide sur les bords. Ce caractère est surtout prononcé dans les fragments minces. On en enlève facilement des espèces de copeaux comme pour le plomb métallique. Elles sont solubles en entier dans les acides.

Les Argiles anhydres sont insolubles dans les acides; il faut pour les attaquer les fondre avec de la potasse caustique. Elles ne sont pas translucides et happent plus fortement à la langue que les Argiles précédentes. Berzelius a caractérisé deux espèces de ces argiles par les signes $A\delta^2$ et $A\delta^3$.

Les caractères extérieurs ne correspondent point à ces distinctions chimiques, tandis qu'ils sont au contraire en rapport avec leur emploi dans les Arts; cette circonstance nous engage à adopter une division en rapport avec leurs propriétés économiques.

1°. Argile commune.

Cette variété d'Argile est ordinairement employée à la fabrication des poteries grossières et à celle des Briques:

elle est assez onctueuse, s'agrippe faiblement à la langue, fait une pâte plus ou moins solide; ordinairement fusible à une température peu élevée, de sorte que les briques se frittent fréquemment à leur surface.

Les couleurs habituelles des argiles communes est le gris jaunâtre, gris tendre, jaune d'ocre et brun jaunâtre.

Elles se trouvent principalement dans les terrains d'alluvion; souvent elles sont mélangées d'une certaine proportion de sable. Une argile de cette nature employée dans le Département des Ardennes a donné à M. Vauquelin la composition suivante;

Silice.....	55,924	} 100 .
Alumine....	28,468	
Chaux.....	0,308	
Oxide de fer..	3,300	
Eau.....	12,000	

C'est une terre glaise employée souvent pour la fabrication des poteries fines; quelquefois elle est presque entièrement blanche, le plus souvent colorée en rouge par l'oxide de fer; très onctueuse, fait avec l'eau une pâte liante et ductile: elle prend beaucoup de retrait et acquiert une grande solidité par l'action du feu. Quelques variétés d'argile plastique sont infusibles, les autres fusibles à des températures plus ou moins élevées suivant la proportion de chaux et d'oxide de fer qu'elles contiennent; d'autres variétés offrent les compositions suivantes;

2°. Argile plastique, ou terre à potier.

	Abondant près Dreux	Gorges	Montreuil	Arceuil
Silice.....	43,50	63,00	70,00	63,50
Alumine....	33,20	16,00	15,00	33,25
Chaux.....	3,50	1,00	0,00	0,25
Oxide de fer..	1,00	8,00	0,00	3,75
Eau.....	18,00	10,00	15,00	non recueillie
	99,20	98,00	100,00	99,75

La proportion d'eau que contiennent les argiles d'Abondant et de Montreuil est trop considérable pour des argiles anhydres; il est probable que ces deux argiles sont formées par un mélange d'argile anhydre et d'argile hydratée.

Les Argiles de cette variété se délayent facilement dans l'eau, font rarement pâte avec elle; ce qui les rend assez difficiles à employer pour la fabrication des poteries; elles ne s'agrippent que très peu à la langue; elles sont onctueuses et très savonneuses; fusibles en scories brunes: elles contiennent une très grande quantité d'eau et paraissent être à l'état d'hydrates.

3°. Argile smectique, ou terre à foulon.

	de Reigate Comté de Surrey	de Silésie.
Silice.....	53,00	48,50
Alumine....	10,00	15,50
Chaux.....	0,50	0,00
Magnésie....	1,25	1,50
Oxide de fer..	9,75	7,00
Eau.....	24,00	25,50
	98,50	98,00

4°. Argile maxnense
ou
terre argileuse.

Cette terre en général peu colorée, fait une vive et longue effervescence avec les acides: elle ne fait point pâte avec l'eau; fusible; elle donne par la cuisson des matières qui s'effleurissent à l'air.

Ce sont des mélanges d'argile et de carbonate de chaux en diverses proportions; elles sont employées principalement pour l'amendement des terres.

5°. Argile ocreuse
ou
bolaire, terre de
Sienne, etc...

Cette matière terreuse jaune, rougeâtre ou rouge tache les doigts, chargée d'oxide de fer; plus ou moins fusible; happant à la langue, ne fait point pâte avec de l'eau, s'y disperse avec dégagement de bulles et un léger bruissement.

	Ocre jaune de S. Bourrain près Amboise.	Ocre jaune de Bitry.
Silice	65,00	92,25
Alumine	9,00	1,91
Chaux	5,00	3,23
Oxide de fer	20,00	2,61
	99,00	99,90

Dans ces deux analyses on n'a point tenu compte de l'eau qui doit s'élever de 10 à 12 p. %.

6°. Argile légère
ou
argile de Fabroni.

Cette terre très légère, surnageante, peu onctueuse, peu liante, se délaye dans l'eau, résiste au feu de porcelaine. On a fabriqué avec cette argile des briques d'une très grande légèreté. Sa composition est

Silice	55	} 100 .
Alumine	12	
Magnésie	15	
Chaux	3	
Oxide de fer	1	
Eau	14	

7°. Argile à polir
ou
Schiste à polir.

Cette matière extrêmement siliceuse se rapproche beaucoup de l'Opale ménilite qui s'y trouve en rognons: elle happé fortement à la langue, absorbe l'eau avec avidité: sa couleur est le gris sale, le gris jaunâtre; fusible ou infusible suivant sa composition:

	de Bohême	de Ménil-Montant près Paris.		
Silice	79,00	66,50	62,50	58,00
Alumine	0,00	7,00	0,50	5,00
Chaux	1,00	1,25	0,25	1,50
Magnésie	0,00	1,50	8,00	6,50
Oxide de fer	4,00	2,50	4,00	9,00
Eau	14,00	19,00	22,00	19,00
	98,00	97,75	97,25	99,00

Outre les différentes argiles que nous venons d'indiquer, qui sont les plus importantes par leur abondance, et leur

emploi dans les arts, on en décrit encore beaucoup d'autres sous les noms d'Argile schisteuse, Argile bitumineuse, Ampélite, Wacke, &c...

Les Argiles existent dans les terrains de sédiments qui abondent en roches arénacées ou dans des filons; la ressemblance très grande qu'elles ont avec les vases fines déposées dans les eaux stagnantes, porte à présumer que les argiles ne sont autre chose que le dépôt arénacé le plus fin des particules pierreuses qui sont restées longtemps suspendues dans les eaux, à cause de leur légèreté.

De la Fabrication des Briques.*

Les Briques employées dans les constructions ordinaires, les seules sur lesquelles nous ayons l'intention de donner quelques détails sont fabriquées soit avec les Argiles communes, soit avec les Argiles plastiques.

Les qualités des Briques, qui sont d'être dures, de ne pas se ramollir à l'eau, de résister à la gelée, d'être sonores, de ne présenter ni fentes, ni soufflures; d'avoir dans leur cassure une grande uniformité; enfin de présenter des formes et des dimensions bien déterminées, dépendent principalement de trois choses, la nature des terres, le travail que l'on fait pour la corroyer parfaitement, enfin le degré de cuisson qu'on lui fait éprouver.

La terre que l'on emploie dans la fabrication des Briques ne doit être ni trop grasse, ni trop maigre: dans le premier cas les pièces se fendent et se déforment soit au séchage soit à la cuisson: lorsque la terre est trop maigre les briques se dessèchent facilement sans se gercer, mais elles sont moins dures et moins tenaces.

La terre la plus fine ne donne pas de meilleures briques que celle qui est la plus grossière: mais il convient qu'elle ne renferme point de substance qui la rende fusible au point que les briques se vitrifient à leur surface pendant la cuisson.

Avant d'employer une argile, il faut toujours en faire l'essai, ce qui consiste à confectionner un petit nombre d'objets pour en reconnaître les qualités et les défauts.

Le travail du Briquetier se compose de quatre opérations principales: 1° la préparation de la terre; 2° le moulage des briques; 3° le séchage; 4° la cuisson.

On extrait ordinairement la terre avant l'hiver; on la laisse exposée en tas à l'air pendant cette saison en ayant soin de la remuer de temps en temps. L'action de l'air, des pluies et des gelées la rend plus propre à être travaillée que celle extraite récemment. Il y a quelques exceptions, certaines terres ne s'améliorent point par ce qu'on appelle *hyvernage*; l'expérience apprend au reste, ce qu'il faut faire à cet égard.

Les opérations proprement dites de la terre à briques ont pour but de séparer les corps étrangers, de donner à la terre du liant, et d'en former une pâte homogène plus ou moins

* La fabrication des Briques n'a pas été décrite dans le Cours depuis l'année scolaire 1832-1833, par suite de la diminution dans le nombre de Leçons consacrées à la Minéralogie appliquée aux Constructions: on a cru néanmoins utile de conserver cette application des Argiles aux Arts.

Choix des terres.

1° Préparation de la terre.

ferme et consistante : cette préparation porte le nom de foulage, de démolage, &c....

Dans une Briqueterie où l'on cuit 100,000 briques à la fois, on doit avoir deux fosses revêtues de maçonnerie en ciment, l'une de 12 pieds en carré et 5 de profondeur ; l'autre plus petite de 8 pieds sur 5 et 4 de profondeur. On dépose la terre sur le bord de la plus grande et lorsqu'on veut commencer à préparer la terre, on prend celle qui est le plus anciennement tirée, et on remplit cette grande fosse : on y jette ensuite une certaine quantité d'eau qu'on laisse pénétrer pendant trois jours ; après cela un Ouvrier appelé Marcheur descend dans la fosse et piétine la terre, ce qu'on appelle la marche, en cherchant à la corroyer le mieux possible, à faire disparaître en les écrasant les pelottes d'argile, et retirant les corps durs et étrangers qu'il y rencontre : il coupe et recoupe la terre avec une bêche, et finit par la rejeter dans la fosse voisine pour lui faire subir une préparation semblable. Le temps pendant lequel on marche la terre, et le soin que l'on donne à cette opération, et d'où dépendent en grande partie la consistance et l'homogénéité de la pâte, et par suite la qualité des briques, sont extrêmement variables, suivant la nature de la terre employée, et la perfection qu'on veut donner aux briques.

Un second Ouvrier recoupe quelque fois la terre en motte, qu'il pétrit définitivement avec les mains et qu'il dépose sur l'Etabli où se fait le moulage. Le travail de marcher la terre est fort pénible et même funeste à la santé de la personne qui l'exécute : on a essayé de faire ce travail par une machine ou par des animaux ; mais on s'est bientôt aperçu que rien ne pouvait remplacer l'intelligence de l'Ouvrier qui reconnaît les corps étrangers avec ses pieds, et les sépare immédiatement.

Corroyage de l'Argile.

Le Corroyage de l'Argile est peut être de toutes les opérations du Briquetier la plus importante ; l'ouvrage est d'autant meilleur qu'on a plus souvent piétiné la terre ; des expériences faites avec soin prouvent la vérité de cette assertion et montrent que l'Argile la mieux corroyée est celle dont la pâte acquiert le plus de densité : lorsqu'elle est cuite, elle offre la plus grande résistance à la rupture et à l'action destructive des intempéries atmosphériques. La qualité d'une brique dépend beaucoup de la consistance de la pâte ; la plus ferme étant toujours la meilleure, il faut nécessairement plus de temps et d'efforts de la part de l'Ouvrier pour la mouler : c'est le mouleur ordinairement qui indique comment elle doit être ; mais il faut prendre garde qu'il ne la demande trop molle, pour faire un plus grand nombre de briques dans sa journée, (les façons sont payées au mille).

2. Du Moulage.

Les Moulers sont en bois ou en fer battu ; ces derniers durent plus longtemps ; il y en a de simples et de doubles, ceux-ci peuvent servir à faire deux briques sans changer de moule ; leur forme intérieure est quadrangulaire. Ces moules n'ont point de fond ; ce sont des espèces de cadres qui contiennent la terre dans le sens latéral, tandis qu'elle repose sur une Table ou Etabli qui forme comme le fond du moule ; celui-ci, ainsi que la partie de la table sur laquelle il repose, sont saupoudrés de sable fin pour empêcher l'adhérence ; le Mouleur unit ou polit la surface supérieure de la brique avec un petit outil ou morceau de planche emmanché obliquement et qu'on appelle Plane. Sur la Table se trouve une petite Bâche appelée Minette qui est une cuvette de sable bien sec ; un seau rempli d'eau dans lequel

Le Mouléur dépose la Plane; enfin un petit couteau appelé Ratissette qui sert à nettoyer les moules.

Les dimensions des briques se rapprochent le plus ordinairement de celles-ci 8 pouces de longueur sur 4 pouces de largeur et 2 pouces d'épaisseur. On conçoit que l'uniformité dans les dimensions des briques est un objet important pour la régularité des constructions, et l'on cherche à l'obtenir en proportionnant la capacité des moules au retrait que prend le mélange argileux, d'abord par la dessiccation et ensuite par la cuisson; ce retrait dépend lui-même de plusieurs circonstances de la nature de la terre qui est plus ou moins argileuse (alumineuse) et de sa préparation; ensuite de l'état de la pâte employée. Ainsi, lorsqu'un Ouvrier a l'habitude de mouler une pâte peu compacte (c'est le cas le plus ordinaire) on doit donner aux moules une plus grande capacité que lorsqu'il se sert d'une argile plus ferme qui donne toujours des briques plus solides et plus tenaces. C'est à l'expérience à faire connaître l'étendue de ces effets. * A Anzin (d'après l'ouvrage de M^r Clère), les moules ont, dans œuvre, 4 pouces 7 lignes de largeur et 2 pouces 7 lignes d'épaisseur; les briques formées dans ces moules ont, après leur cuisson, 3 pouces 6 lignes de longueur sur 4 pouces 2 à 3 lignes de largeur et 2 pouces 2 à 3 lignes d'épaisseur.

Le Moulage s'exécute avec une grande rapidité. L'Ouvrier appelé Mouléur est uniquement occupé à introduire la pâte argileuse dans les moules qui sont tous préparés et mis à sa portée par un apprenti; leur préparation consiste à les plonger dans l'eau, et ensuite dans le sable dont ils demeurent recouverts: l'Ouvrier remplit le moule avec de l'argile, il la comprime avec la main, enlève l'excédent de la matière et unit la superficie de la brique avec la Plane; cela fait, il passe à une autre sans toute fois oublier de répandre du sable sur l'endroit de la Table où il doit poser un nouveau moule. Un Porteur prend le moule plein, par ses parties saillantes, dites Oreilles (qui sont le prolongement des longs côtés) et le transporte verticalement jusqu'à l'endroit où il dépose la brique molle; c'est une aire battue, préparée et recouverte de sable fin; c'est le séchoir; il renverse ce moule à plat, et donnant un coup sec, il détruit l'adhérence des parois, en ayant soin d'enlever le moule bien parallèlement aux quatre côtés de la brique, il laisse celle-ci placée à plat sur le sol sans l'avoir déformée.

La quantité de briques façonnées par un Mouléur habile est très variable; dans les grands jours d'Été, un Ouvrier d'une force moyenne, et qui ne fait pas autre chose que de mouler, peut confectionner six milliers de briques; il y a même des exemples d'une fabrication journalière de 9 à 10 milliers par un seul ouvrier bien secondé. L'emploi du moule double est plus expéditif que celui du moule simple.

Les briques humides ou molles ne pourraient être soumises immédiatement à la cuisson, sans se déformer et se gâcher totalement: il faut donc commencer par les faire sécher.

* Pour former des Briques qui n'éprouvent pas de retrait, ce qui est important pour celles réfractaires que l'on emploie à la construction de la voûte d'un fourneau à réverbère (lorsqu'on le fait en briques crues) on ajoute à l'argile du Quartz ou de petites cailloux bilieux; non seulement il n'y a pas de retrait, mais si la proportion du Quartz est un peu forte, il peut y avoir accroissement de volume par la cuisson.

Dimensions des
Briques.

Cuisson de la
Brique.

parties saillantes

Cuisson de la
brique

3°. Séchage des Briques.

Le séchage s'opère ordinairement en deux fois; le premier qui n'est que préparatoire a lieu sur l'aire battue et sablée, dont nous avons parlé en indiquant le transport de la pièce moulée; elle l'a reçoit à plat parce que la brique n'a point assez de consistance et de solidité pour être placée de champ; on arrange les briques régulièrement et suivant des lignes tirées au cordeau, et en laissant entre elles un petit espace égal à l'épaisseur du moule; on les saupoudre de sable fin pour empêcher les gerçures qui se formeraient, surtout si la terre était un peu grasse.

La couleur des Briques change dans cette première dessiccation; elle devient d'un gris bleu; au bout d'un ou deux jours, leur consistance est déjà telle qu'on ne peut plus y enfoncer le doigt c'est alors qu'on les relève sans leur faire quitter la terre, (en faisant tourner chaque brique autour d'une arête); en même temps on les pare, en enlevant les bavures, ce qui rend les angles plus vifs.

On les laisse encore sécher dans cette position jusqu'à ce qu'elles puissent être transportées.

C'est à cette époque que dans quelques pays, on bat chaque brique avec une batte un peu plus longue et plus large qu'elle et après l'avoir posée sur un banc, alors on la calibre en la mettant dans un moule, et battant comme précédemment.

Cette dessiccation préparatoire qui sert à opérer une première exsudation de la brique, a toujours lieu dans un endroit qui est découvert; cependant il importe que la chaleur solaire ne produise par un effet trop rapide, et encore plus que l'eau des pluies ne délaye par l'argile; on pare à ce dernier inconvénient en couvrant de paille ou de paillasse les briques déposées sur l'aire de séchage.

Second Desséchage.

Pour compléter la dessiccation des Briques, on les place sous des halles ou hangars, en les arrangeant de la manière la plus favorable à la circulation de l'air. Dans le Nord de la France et pour une grande fabrication, on exécute cette même opération en plein air, en formant des espèces de murailles à jour avec les briques à dessécher que l'on place les unes sur les autres et de champ en faisant alterner leur longueur et leur largeur, c'est ce qu'on appelle des Flaies; elles ont malgré leur hauteur une solidité suffisante pour se maintenir contre les vents jusqu'à leur entière dessiccation. L'arrangement des briques est assez difficile et demande des Ouvriers qui soient fort exercés: ces constructions ayant une certaine épaisseur sont recouvertes de paille ou d'un petit toit pour les préserver de la pluie.

Quelque fois trente jours suffisent pour opérer une dessiccation convenable.

*

On a importé d'Angleterre une nouvelle méthode qui paraît donner de bonne production; mais en élevant un peu le prix de la fabrication. (D'environ 1/4 franc par mille): elle consiste à former la brique comme à l'ordinaire, mais dans un moule un peu grand; on la laisse sécher à l'air pendant quelques jours, puis on la place dans un moule plus petit en fonte où on la frappe d'un coup de balancier; cette percussion en fait sortir de l'eau et le grain en devient plus serré: on peut la porter immédiatement au four à cuire, et la fabrication sera de qualité supérieure (M. Cordier, page 205, vol. 16). Nous avons vu cette méthode employée avec beaucoup d'avantages par M. de Petot, Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé des travaux de Charbonnerie du Port de Brest.

On a essayé de former des briques par la compression seule; M. Mollerat a réduit en poudre impalpable de l'argile sèche et en remplissant des moules très résistants (en fonte), il a formé des briques prêtes à cuire par la seule action de la presse hydraulique.

On a aussi cherché à remplacer la main de l'homme dans le moulage de la brique, par des machines; mais jusqu'ici il ne paraît pas que l'on ait réussi à établir une fabrication mécanique capable de soutenir la concurrence avec celle qui a lieu par les anciens procédés.

(Bulletin de la Société d'encouragement, 1829, page 361).

Les Briques desséchées à l'air manquent de tenacité et ne peuvent d'ailleurs résister aux intempéries de l'atmosphère dans nos climats. C'est à l'aide d'une chaleur modérée qu'on leur donne la dureté et la solidité qui leur sont nécessaires lorsqu'on veut les employer à faire des constructions durables.

Le degré de cuisson que doit éprouver la brique est assez difficile à atteindre en grand; on conçoit qu'il doit être immédiatement au dessous de celui qui produirait la vitrification, car cet état serait tout à fait contraire à la nature des briques, en les rendant fragiles, et principalement en ne permettant plus aux ciments de prendre sur leur surface. On peut pousser le feu jusqu'à ce qu'il y ait un léger commencement de vitrification; on est alors assuré que la brique a perdu la propriété d'être perméable à l'eau; qu'elle est capable de résister à la gelée, et qu'elle a acquis toute la cohésion et la tenacité dont l'argile est susceptible.

La cuisson de la brique exige diverses précautions et dispositions, tant pour obtenir le degré de chaleur convenable et l'uniformité dans les grands amas que l'on cuit à la fois, que pour exécuter cette opération avec une grande économie.

Relativement au combustible, on doit distinguer deux modes de cuisson.

A. En employant des fourneaux; et B en formant, en plein air, des tas de briques avec du combustible; dans ce dernier cas c'est toujours de la Houille ou du Coke que l'on emploie.

Les fours ordinaires à briques se composent d'un ou de plusieurs foyers dans lesquels on brûle un combustible donnant de la flamme, et ensuite d'un espace plus ou moins grand dans lequel on arrange les briques sèches, de manière à laisser circuler au milieu d'elles, la flamme et l'air chaud qui doivent produire l'échauffement et la cuisson uniforme des pièces. Les foyers sont ordinairement établis sous des voûtes au nombre de 2 ou 3, sous le vuide est placé au dessous du sol de l'atelier, et s'étend sous l'espace contenant les briques à cuire; ces voûtes formées d'arceaux qui laissent des vuides entre eux permettent ainsi le passage de la flamme à travers le tas de briques. Cette disposition présente une analogie manifeste avec celle qui a lieu quelquefois pour la cuisson des pierres à chaux avec le bois.

L'espace supérieur est ordinairement quadrangulaire; et reçoit toujours un très grand nombre de briques, comme par exemple 10,000, 50,000 ou même le double: pour la quantité de 50 milliers, un four quadrangulaire de 20 pieds de long sur une largeur de 17 et une hauteur de 5 pieds est suffisant: deux

1^o Cuisson de la Brique.

A. Cuisson dans les fours.

voutes à jour accolées l'une à l'autre, règnent sur toute la longueur. Leur élévation est de 3 pieds $\frac{1}{2}$.

L'arrangement des briques est fort important, en raison de la distribution de la chaleur, d'où résulte l'uniformité qui est si nécessaire pour la cuisson des briques : elles sont posées de champ ; mais les lits successifs sont perpendiculaires entre eux ; on ménage en outre, dans ces amas divers canaux ou cheminées pour déterminer un tirage assez actif, et un échauffement sensiblement uniforme ; c'est surtout dans ces dispositions que consiste l'art du Briquetier.

On fait le feu sous les voutes avec des fagots ou bouvrées et même du bois de corde ; il doit être faible d'abord et graduellement pendant 3 ou 4 jours ; quand on suppose que toute la masse est suffisamment échauffée, on chauffe plus fortement, de manière à opérer la cuisson proprement dite. Dans les fours ordinaires ; la brique est cuite au bout de huit jours ; alors on couvre à l'extérieur, l'amas de briques, avec d'autres briques déjà cuites, et cela afin de conserver la chaleur dans l'intérieur du four, et ralentir le refroidissement ; à cet effet on lute également toutes ses ouvertures extérieures et intérieures. On laisse refroidir pendant six jours, puis on sort les briques.

Un four contenant 2 à 3 cents milliers de briques demeure en feu 15 ou 20 jours au moins, et, quelquefois, il faut 5 ou 6 semaines, tant pour l'arrangement des briques que pour la cuisson et le refroidissement. Il est difficile d'avoir des renseignements sur la consommation précise en combustible qui est souvent du fagot dont le volume demeure indéterminé.

On emploie aussi dans certaines localités pour cuire les briques, de la tourbe*, comme on le voit en Hollande, en Saxe ; dans ce dernier endroit on fait usage de petits fours contenant seulement de 5 à 6 mille briques qu'on y arrange régulièrement, en formant une voute au dessus de chacune des grilles sur lesquelles on brûle la tourbe ; le plafond de la voute, élevé de trois mètres au dessus de la sole sur laquelle reposent les briques à cuire, est percé de plusieurs ouvertures pour le tirage et le dégagement des vapeurs. L'ouvrier conduit le feu et règle la chaleur produite, à l'aide des portes du cendrier et des ouvertures du plafond qu'il peut former avec des briques, ou les transformer en petites cheminées, en élevant au dessus un petit canal vertical en briques. La consommation en tourbe est de 1^m, 80. Les fours chauffés avec du bois résineux et qui contiennent de 10 à 12 milliers de briques, consomment 2^m, 43 de bois.

Les grands fourneaux Prussiens, contenant de 20 à 30 milliers de briques, consomment 2^m, 58 de bois ou bien 3^m, 08 de tourbe.

Quelque soin que l'on ait pris, les briques ne sont jamais cuites également. On les partage ordinairement en trois classes dont les prix sont différents : les plus cuites et les plus estimées se trouvent au milieu du four et sur environ un tiers de sa hauteur ; leur prix est toujours plus élevé que celui des autres : ainsi lorsqu'on vend les premières 30^{fr} le millier ; celles de la seconde classe moins cuites sont données à 25^{fr} ; et celles de la dernière qualité à 20^{fr}.

B. Cuisson des Briques à la Houille.

C'est principalement en Angleterre, dans les Départ^{ments} du Nord de la France et dans la Belgique, où la Houille se trouve en abondance, en même temps que l'usage des briques y est nécessaire pour toutes les constructions, que l'on a le plus

* Annales des Mines, tome 5, page 357 ; nouvelle série.

perfectionné la fabrication des briques à la Flouille. On porte à 80 ou 100 millions le nombre des briques fabriquées annuellement dans deux ou trois de nos Départ^{ments} les plus septentrionaux. La cuisson s'opère en grande tas, formés à l'air libre et avec de la houille menue, de la moindre valeur. On trouve divers avantages à procéder ainsi; d'abord celui de supprimer toute espèce de construction et par conséquent de faire de la brique partout où le besoin s'en fait sentir; et ensuite de pouvoir étendre sans aucun frais, et presque indéfiniment, la fabrication, selon la demande des consommateurs. On assure qu'on a cuit jusqu'à 500 milliers de briques dans un même tas.

Il serait fort difficile de décrire les diverses dispositions à l'aide desquelles on parvient à construire un tas de briques à cuire, de manière qu'il soit suffisamment solide, et cependant assez perméable à la chaleur pour obtenir une cuisson convenable et sensiblement uniforme; pour mettre ce procédé en pratique, il faut employer des ouvriers formés par une longue habitude, et y donner beaucoup de soins.

Nous nous bornerons à donner les indications suivantes;

1°. La cuisson de la Brique s'opère par couches successives ou tranches horizontales, et l'on n'ajoute une couche nouvelle (supérieure) au tas que quand l'inférieure a suffisamment senti le feu.

2°. Le combustible (houille menue et moyenne, peu ou point collante) est distribué dans des canaux horizontaux et par lits minces sur des couches de briques à cuire; l'embrasement se communique des uns aux autres, au moyen de cheminées ou conduits verticaux qui servent aussi à régler l'intensité du feu, ainsi qu'à sa distribution uniforme.

3°. Pendant la cuisson, on revêt le pourtour du tas avec de l'argile détrempée pour empêcher l'accès de l'air, et on termine par couvrir les dernières assises de briques à cuire d'une légère couche de terre qui concentre la chaleur et ralentit la combustion.

» Cet amas que l'on appelle un four est disposé sur une
 » base ou aire rectangulaire dont les côtés varient suivant la
 » quantité de briques qui doivent y trouver place; on en voit
 » qui ont depuis 6^m jusqu'à 15^m de largeur sur 8 à 18 mètres
 » de longueur; les grands fours présentent une base de 10^m, 50
 » sur 12^m, 50 et la hauteur de l'amas est de 7 mètres.

L'aire est mise de niveau et garantie de l'eau des pluies par une rigole qui circule tout autour; on partage sa surface en bandes longitudinales, qui ont toute la longueur du four et une largeur d'environ (1 pied) ou 0^m, 30; on élève un petit mur de briques sur chacune de ces lignes et on recouvre l'espace de canal que forment ces murs d'une petite voûte en briques cuites; on y place des bûches pour allumer le feu.

Les briques à cuire sont placées de champ, alternativement sur leur longueur et sur leur largeur en laissant entre elles un petit intervalle, de quelques millimètres seulement; sur chaque couche de briques, on répand une légère couche de houille menue; l'épaisseur est variable, mais elle ne dépasse guères 2 ou 2 $\frac{1}{2}$ centimètres. Il y a des Ciseurs qui ne mettent de combustible que de deux en deux lits de briques, ou même de trois en trois, dans la partie supérieure du four (Ouvrage de M. Clère, page 91).

Lorsque le four est monté à 1^h.00, on met le feu, on a soin de modérer la chaleur, en laissant peu d'ouverture aux canaux formés par les voûtes; quand elle se fait sentir à la surface supérieure; et que l'on juge que la dessiccation des briques est assez complète, on continue de placer, successivement des couches de briques et de charbon: cette partie de l'opération n'éprouve

quères d'interruption, parce que la combustion ou l'embrasement se communique assez promptement d'une couche à une autre; en général, on règle le feu de manière que la chaleur à la surface soit la plus forte possible, sans trop incommoder les ouvriers qui travaillent à poser de nouvelles briques, car ils restent constamment dans une atmosphère embrasée et sulfureuse.

La construction totale d'un four est souvent terminée en 15 jours; c'est alors que l'on recouvre le tas avec de la terre.

La Houille se consume en entier; et néanmoins la chaleur se conserve encore pendant longtemps dans l'intérieur du tas: la conduite du feu est extrêmement délicate; elle est souvent contrariée par l'action des vents et de la pluie; on s'en garantit jusqu'à un certain point à l'aide de paillassons qu'on suspend à une distance de 2 à 3 pieds des parois extérieures du four (tas) et du côté du vent.

Dans les fours, tels qu'on les voit disposés du côté d'Alain, la consommation en houille est de un hectolitre du poids de 110 à 115 l'hectolitre (c'est de la houille de Fresne) pour un millier de briques. Il faut encore y ajouter la houille en gros morceaux qui remplis les amas et un certain nombre de fagots: pour 100 milliers de briques on ne brûle guères que 40 ou 45 hectolitres de cette houille en morceaux et 35 fagots, plus 4 stères de bois, (M^r Clère, page 163)*.

En total les frais de fabrication et de cuisson des briques ne vont qu'à 9[¢] au plus le millier, en prenant la houille menue à 1,40 l'hectolitre. Le prix de vente est de 11[¢] le mille.

En général, il y a beaucoup de déchets dans les fabrications par ce procédé; on trouve un grand nombre de briques cassées, quelque fois $\frac{1}{6}$ ou même ou $\frac{1}{5}$, parce qu'il se fait des enfoncements dans le tas. Cependant pour les grands fours de 400 milliers, la quantité des briques cassées ne s'élève pas à plus de $\frac{1}{10}$; d'après M^r Clère.

Nous terminerons cet aperçu sur la fabrication des briques; en indiquant les dépenses d'un millier de briques calculées d'après une fabrication de 4.200,000 exécutée pour l'érection de l'usine à feu, de Decauxville dans l'Aveyron.

La houille provenait d'une mine appartenant à la Compagnie et très peu distante de l'atelier de fabrication, la terre a été prise immédiatement sur les lieux.

On avait fait venir six tables flamandes composées chacune de 5 ouvriers; leur voyage a été payé 60[¢] pour aller et retour.

Extraction de la terre, une toise cube de terre peut faire

6000 briques, elle a coûté 2,50 d'extraction.....	0,416
Indemnité du terrain payé 1000	0,238
façon à raison de 5 [¢] le mille.....	5,000
charbon, 2 hectolitres de menu à 0,50.....	1,000
paille pour abriter.....	0,150
fagots pour allumer 200 [¢] à réparti.....	0,047
Sable pour mouler.....	0,250
Outils (400 [¢] à réparti).....	0,095
Frais de voyage 1300 [¢] fait par mille.....	0,428
Défournage de 0,30 à 0,50.....	0,400

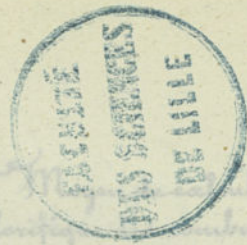
Oriz de revient d'un millier de briques..... 8,024

B. Cuisson des Briques
à la Houille.

* Dans les fours disposés selon la méthode de Flandre et que nous avons vu employer dans les usines du Dép^t de l'Aveyron, la houille mise entre les lits horizontaux de briques à cuire ne pénètre pas dans les interstices verticaux; il y a des cheminées de mètre en mètre pour établir la communication d'une couche à l'autre, et par suite l'embrasement. On consume 2 ou 2 $\frac{1}{2}$ hectolitres de houille par millier de briques.

9^{ème} Leçon.

Des Combustibles Minéraux.



La nature présente plusieurs combustibles minéraux non métalliques, les uns très-abondants sont employés dans les usages domestiques, les autres ne sont que des raretés minéralogiques, ou du moins ne peuvent être employés que pour objet d'ornement comme le Succin ou l'ambre, le Méllite, et autres espèces.

Les combustibles employés dans les usages domestiques sont à l'état charbonneux, à l'état bitumineux, ou sous ces deux états à la fois.

La plupart de ces combustibles portent avec eux, ou sur les roches qui les accompagnent, des empreintes végétales qui font présumer qu'ils doivent leur origine à la destruction de végétaux qui ont été enfouis, soit dans la place où ils ont crû, soit dans un lieu où ils ont été transportés et où ils ont été carbonisés par l'action de l'eau. L'analyse de ces combustibles vient appuyer cette opinion car leurs principes constituants essentiels sont du Carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, comme dans tous les végétaux; on y trouve en outre une certaine quantité de matières terreuses et quelquefois, mais rarement de l'Ammoniaque.

Quant aux combustibles qui ne contiennent point de débris de végétaux, leur extrême analogie extérieure et chimique avec ceux qui en contiennent, a fait présumer avec fondement qu'ils ont la même origine.

Ces combustibles ne présentent aucune forme; M. Haüy indique cependant que l'Anthracite et la Houille affectent une tendance à la cristallisation; la première vers un prisme à six faces régulier, l'autre vers un prisme rhomboïdal; mais ces formes apparentes de la Houille et de l'Anthracite sont dues à des fissures qui se croisent dans des sens différents.

Les combustibles n'ont pour ainsi dire, aucun caractère constant, soit extérieur, soit de composition; ils passent par degrés insensibles de l'un à l'autre, comme les graisses, les huiles, les résines, &c... Ces circonstances rendent impossible d'établir entre eux des espèces minérales distinctes, on ne peut que les réunir en groupe dont les limites sont même peu tranchées.

La chimie ne fournit pas de caractères distinctifs assez certains pour établir une classification nette entre les combustibles on peut seulement par l'analyse former des groupes naturels plus ou moins circonscrits qui correspondent avec la position que les combustibles occupent dans le sein de la terre. Cette dernière considération a en outre l'avantage de s'accorder avec les usages auxquels chaque combustible est propre, nous l'invoquerons donc pour la division générale à adopter dans cette famille de minéraux quant aux subdivisions secondaires, elles reposeront sur les caractères extérieurs.

D'après la distribution des combustibles dans les terrains on peut admettre les quatre divisions principales suivantes.

1^o L'Anthracite, combustible appartenant principalement au terrain de transition;

- 2° la Houille, faisant partie du terrain houiller;
 3° les Siginetes, disséminés en petites couches dans les terrains secondaires et tertiaires;
 4° la Tourbe, combustible des terrains d'alluvions.

Avant de passer à la description de ces quatre classes de combustibles, nous allons donner quelques indications générales sur la manière de connaître la capacité calorifique des combustibles et sur la comparaison des différents combustibles tant minéraux que végétaux.

On appelle *calorie* l'unité calorifique représentée par un poids d'eau égal au poids du combustible brûlé chauffé d'un degré.

Le pouvoir calorifique est proportionnel à la quantité d'oxygène absorbé par un combustible.

Il est démontré que la quantité de chaleur émise par un combustible est exactement proportionnelle à la quantité d'oxygène que ce combustible absorbe en brûlant. D'après ce principe, lorsque la composition d'un combustible est connue il est facile de déterminer par le calcul son pouvoir calorifique, il suffit pour cela, de chercher quelle quantité d'oxygène il absorberait pour que ayant égard à celui qu'il contient, tout son carbone puisse se transformer en acide carbonique et tout son hydrogène en eau; et de comparer cette quantité à celle que prend en brûlant un combustible dont la puissance calorifique est connue, par exemple, le charbon pur.

La composition d'un combustible est difficile à connaître mais on peut y remédier par la méthode suivante: plusieurs oxydes métalliques se réduisent avec une telle facilité que lorsqu'on les chauffe avec un corps combustible, celui-ci se trouve complètement brûlé sans qu'aucun de ses éléments puisse échapper à l'action de l'oxygène ou se dégager à l'état de vapeur huileuse. La composition des oxydes étant bien connue, si on prend le poids de la partie de l'oxyde qui a été réduite à l'état métallique on en déduit immédiatement la proportion d'oxygène employée à la combustion.

Est proportionnel à la quantité de litharge réduite.

On se sert principalement pour cette opération de l'oxyde de plomb connu sous le nom de litharge. On réduit le minéral en poudre soit en l'écrasant, soit avec la lime: on en prend 1 gramme que l'on mélange avec de la litharge également en poudre dans la proportion de 20 grammes au moins et 40 au plus. On met le tout dans un creuset de terre et on recouvre le mélange de 20 à 30 grammes de litharge pure: il ne faut pas que le creuset soit plus d'à moitié plein: on chauffe graduellement; il y a ramollissement, bouillonnement et souvent boursoufflement: lorsque la fusion est complète, on donne un fort coup de feu pendant environ 10 minutes pour réunir le métal réduit: on retire le creuset, on le fait refroidir lentement, &c.

Le carbone pur produirait avec la litharge pure 3⁴ fois son poids de plomb; et le gaz hydrogène 103.7, c'est-à-dire un peu plus de 3 fois autant que le carbone. On peut d'après ces données trouver pour un combustible quelconque son équivalent en carbone, ou en hydrogène.

Lorsqu'un combustible renferme des matières volatiles, on en connaît la proportion par l'analyse immédiate*: si de plus on recherche la proportion de plomb qu'il donne avec

De l'analyse immédiate des combustibles.

L'analyse immédiate se fait en introduisant quelques grammes du combustible concassé dans un petit tube de verre, portant un bouchon à son extrémité dans lequel passe un second tube plus petit et courbé de manière à pouvoir conduire le gaz qui se dégage sous une cloche à mercure. On chauffe

De la litharge il est facile de calculer l'équivalent en carbone des matières volatiles et par suite de savoir quelle est la valeur calorifique des substances que l'on dégage d'un combustible en le soumettant à la carbonisation.

Supposons qu'une substance fournisse à la distillation C de charbon, soustraction faite du poids des cendres; V de matières volatiles; et qu'il produise P de plomb avec la litharge: la quantité C de charbon donnera $3\frac{1}{2} \times C$ de plomb, la quantité V de matières volatiles en donnerait $P - 3\frac{1}{2} \times C$; elle équivaudrait donc à $\frac{P - 3\frac{1}{2} \times C}{3\frac{1}{2}}$ de carbone. Il suit de là que les quantités de calorique développé par le charbon, les matières volatiles et le combustible non altéré seraient entre elles comme les nombres

$$3\frac{1}{2} \times C : P - 3\frac{1}{2} \times C : P$$

qui représentent les quantités de plomb ou comme les nombres

$$C : \frac{P - 3\frac{1}{2} \times C}{3\frac{1}{2}} : \frac{P}{3\frac{1}{2}}$$

qui représentent les quantités de carbone.

Ces évaluations sont propres à faire connaître la valeur relative des différents combustibles et le meilleur usage que l'on en peut faire.

Quand on connaît la quantité de plomb qu'un combustible réduit, il est facile de calculer son pouvoir calorifique en calories parce que l'on a déterminé par des expériences directes le poids d'eau que le charbon pur peut échauffer de 1 degré: ce poids est suivant M. Despretz de 7815 fois celui du charbon. Or comme ce corps produit avec la litharge $3\frac{1}{2}$ fois son poids de plomb, il s'ensuit que chaque partie de plomb produite par un combustible équivaut à 230 unités calorifiques ou calories.

On admet généralement que le pouvoir calorifique du bois parfaitement desséché par les moyens artificiels équivaut à 3500 unités, et celui du bois d'une année de coupe, lequel contenant de 0.20 à 0.25 d'eau est de 2600 unités.

La quantité de charbon à laquelle chaque bois équivaut est terme moyen de 0.40 et varie entre 0.37 et 0.44.

Composition de quelques charbons par l'Analyse immédiate.

Charbon de Picardie. = de Choisy (en vase clos)

Carbone	0,810	} 100	0,720	} 100.
Cendres	0,030		0,064	
Matières volatiles	0,160		0,216	

Nous avons dit que le pouvoir calorifique du carbone pur est exprimé par 7815 calories, ou autrement qu'il peut échauffer 7815 fois son poids d'eau de un degré thermométrique centigrade; il s'ensuit qu'il peut élever 78.15 son poids à 100 centigrades, ou l'ébullition, et vaporiser 11.8 fois son poids de liquide: il réduirait théoriquement $3\frac{1}{2}$ parties de plomb. Le charbon de sucre donne à peu près ce résultat théorique.

Le charbon du commerce, celui de Picardie ou de Choisy, par exemple, n'en donne que 27 à 28; il s'ensuit

graduellement, mais on pousse la chaleur jusqu'au point de ramollir le verre, on a séparé par ce moyen le carbone des parties volatiles; il faut ensuite séparer le gaz inflammable, &c. ...

Moyen de calculer le pouvoir calorifique des combustibles.

1. Anthracite ordinaire.

2. Anthracite commun.

3. Graphite.

Plombagine.

Pouvoir calorifique du charbon.

que son pouvoir calorifique n'est que de 2610 à 2640 ou qu'il ne vaporise que 10 parties d'eau, ce qui s'accorde avec les expériences directes.

À poids égaux le charbon a un pouvoir calorifique plus que double de celui du bois.

À volumes égaux la différence est moins grande : elle est cependant toujours notable et varie avec la pesanteur spécifique du bois et du charbon qu'il produit. Quoiqu'il en soit, à volumes égaux, la combustion du charbon développe toujours une température beaucoup plus élevée que la combustion du bois ; c'est à cause de cela que pour les opérations métallurgiques qui exigent une très forte température on n'emploie que le charbon, et que pour un grand nombre d'opérations lorsque la flamme n'est point nécessaire on préfère le charbon au bois quoiqu'en le carbonisant, celui-ci perde les $\frac{2}{3}$ de la matière combustible qu'il renferme.

Essai du pouvoir calorifique des houilles.

L'essai de la puissance calorifique de la houille se fait comme pour le bois en calculant la quantité de litharge qu'une certaine quantité de houille peut réduire : pour faire cette opération, il faut réduire la houille en poudre très fine, mélanger la litharge intimement avec la poussière de houille et chauffer graduellement, puis donner un coup de feu.

La Houille contenant souvent de la pyrite de fer (fer sulfuré), le résultat qu'on obtiendrait par ce moyen, serait erroné, si on ne faisait point la déduction du plomb réduit par le soufre de la pyrite qui absorbe une certaine partie de la litharge pour se dégager à l'état d'acide sulfureux. Il faut donc connaître la proportion de pyrite que contient le charbon ; la manière la plus simple est d'incinérer complètement le charbon, et de rechercher au moyen de l'acide muriatique la quantité de fer que contient la cendre. Connaissant cette quantité de fer on calculera la proportion de pyrite et par suite celle de soufre. On sait que 100 de pyrite donnent avec la litharge 840 de plomb et que le proto-sulfure de fer en donne 720 ; on déduira facilement la quantité de litharge réduite par la pyrite que contient la houille, ou par le proto-sulfure qui existe dans le Coke.

1. Des Anthracites.

L'Anthracite est le charbon minéral le plus pur que l'on connaisse ; quelques analyses de cette substance ont donné jusqu'à 0.95 de carbone pur, elle ne contient que peu ou point de bitume : malgré cette quantité de charbon, elle brûle mal et avec beaucoup de lenteur.

Elle est d'un noir grisâtre ou d'un gris noir ; elle est douée toujours d'un certain éclat demi-métallique souvent prononcé.

La pesanteur spécifique varie de 1.60 à 2.10.

Elle peut absorber beaucoup d'eau atmosphérique, mais elle l'abandonne à la température de 100.

Ce combustible est essentiellement composé de carbone, et il paroît ne contenir ni hydrogène, ni oxygène : il est mélangé comme la houille, de substances terreuses, de pyrites, de...

Manière dont l'Anthracite se comporte au feu.

Au feu, l'Anthracite se comporte comme le Coke et brûle encore plus difficilement à cause de la compacité : elle ne s'embrâse que lorsqu'elle est soumise à une chaleur très forte. Les morceaux isolés s'éteignent presque immédiatement. Quoiqu'il en soit l'Anthracite ne contient pas de matières volatiles cependant.

lorsqu'elle commence à brûler, elle s'entoure presque toujours d'une légère flamme bleue; il est probable qu'elle est due à la combustion d'une petite quantité d'hydrogène carboné, résultat de la réaction de l'eau que contient l'Anthracite ou le charbon.

La capacité calorifique de l'Anthracite est la même que celle du Coke; elle développe comme ce combustible une température très élevée: il a été néanmoins jusqu'ici impossible de l'employer dans les hauts fourneaux, parce qu'elle décrépite à la première impression de chaleur, par suite, elle devient friable, se brise en petits éclats sous la pression qu'elle doit supporter et encombre l'ouvrage du fourneau au bout de très peu de temps, à tel point que le vent des soufflets ne peut plus circuler. Dans les essais entrepris à Vizille pour substituer dans le travail des hauts fourneaux, l'Anthracite de la Mure à la Houille, la cause que nous venons de signaler a été un obstacle invincible; le fourneau s'est engorgé, et on a été obligé d'arrêter l'opération.

On peut distinguer trois variétés d'Anthracite:

- 1° Anthracite vitreuse,
- 2° Anthracite commune,
- 3° le Graphite ou Plombagine.

L'Anthracite vitreuse est compacte, homogène, à cassure conchoïde dans tous les sens: d'un noir un peu grisâtre; très éclatante et ayant un reflet à demi-métallique.

Ses fragments sont à bords tranchants.

La pesanteur spécifique est de 1.60.

Elle décrépite au feu: les gisements les plus abondants sont celui de la Mure près Grenoble et de la Pensylvanie.

Cette variété est lamellaire ou écailleuse; d'un noir tirant sur le gris et métalloïde; dure, ne tachant pas les doigts; cassante et se réduisant aisément en poudre impalpable sous le pilon.

Le Graphite est une Anthracite, il n'est pas classé ordinairement avec les Anthracites parce qu'il a des caractères particuliers, et qu'il ne paraît point dans tous les cas, devoir comme celle-ci son origine à des débris de matières végétales; mais c'est du carbone pur comme l'Anthracite.

Le graphite est compacte, grenu, feuilleté, lamellaire quelque fois en lames hexagonales; d'un gris de fer ayant un éclat métallique très prononcé; doux au toucher, tachant les doigts.

La pesanteur spécifique est de 2.18 à 2.26.

Employé pour faire des crayons, pour adoucir le frottement des machines, et quand il est mélangé d'argile pour la fabrication de creusets réfractaires.

Il brûle plus difficilement que l'Anthracite.

Cette substance a été considérée pendant longtemps comme du carbure de fer parce qu'on n'en trouve point qui soit exempt de ce métal. Mais il est certain maintenant que le fer y est à l'état d'oxide; ce minéral est par conséquent du carbone pur mélangé d'oxide de fer.

Analyses

m. g. 16.

Capacité calorifique
de l'Anthracite.

Distinction des Anthracites
en trois variétés.

1° Anthracite vitreuse.

2° Anthracite commune.

3° Graphite
ou
Plombagine.

Analyse de quelques Anthracites.

Analyses immédiates de quelques Anthracites.

	La Mure	Canayhonie	Isère	Maine et Loire	Graphites.			
					Chardonnat	Borowdale	Anglois	
Charbon	0,913	0,860	0,733	0,708	0,769	0,724	0,868	0,950
Cendres	0,027	0,060	0,132	0,214	0,148	0,220	0,110	0,015
Matières volatiles	0,060	0,080	0,135	0,078	0,085	0,046	0,022	0,035
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Plomb avec la litharge	31.6	30.5	25.0	25.5	29.0	26.6	29.8	

L'Anthracite de Mussy sous-Dun, (Saône et Loire), contient une quantité très notable de sel Ammoniacque.

Le Graphite de Borowdale contient seulement de 0,012 de peroxide de fer à l'état de mélange.

Gisements de l'Anthracite.

L'Anthracite est le combustible des terrains de transition, elle y forme des couches ou des amas assez puissants. Elle est accompagnée de Grauwacke schisteuses, comme en Saxe; de Gries et de calcaire, comme celle des environs de Sable dans le Dép. de Maine et Loire. Outre ce gisement qui est le plus riche et le plus abondant on trouve encore de l'Anthracite en filons, à Kônigsberg en Norwège, dans un filon d'argent natif à Schemnitz en Hongrie, et dans le Dép. de Saône et Loire.

L'Anthracite existe en outre dans certains terrains secondaires; celle de la Mure près de Grenoble, qui avait été regardée pendant longtemps comme exploitée dans le terrain de transition, est enclavée dans le Gries du Liaz, lequel paraît, à la vérité, avoir subi quelques modifications depuis son dépôt.

Beaucoup de terrains houillers renferment un combustible analogue à l'Anthracite: il est très abondant au Creusot; la mine de Fresne près Valenciennes en est presque entièrement composée; et dans le pays de Galles, il y a une couche entière appelée Stone Coal, charbon de pierre, qui est une véritable Anthracite; elle est exploitée d'abord pour combustible et ensuite pour être mélangée avec l'oxide d'Etain: on la préfère pour cet usage à la Houille bitumineuse.

2° Des Houilles.

Les Houilles diffèrent beaucoup les unes des autres par leur aspect et par leurs propriétés, néanmoins elles se composent toutes des mêmes principes élémentaires, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et quelquefois l'azote combinés entre eux dans une multitude de proportions diverses. Cette combinaison est la même que celles des matières végétales, ce qui vient à l'appui des autres circonstances qui prouvent que les combustibles fossiles sont le produit de l'altération plus ou moins avancée des végétaux enfouis dans les couches des terrains.

Outre les éléments qui proviennent des végétaux; la Houille contient une certaine quantité de matières, dont une partie lui est propre et l'autre est due à un mélange plus ou moins considérable de la houille avec l'Argile schisteuse qui forme les parois des couches de houille. Suivant que les proportions de bitume et de matières terreuses augmentent ou diminuent, la houille

présente des caractères différents et surtout est propre à des usages différents dans les arts.

La division à adopter pour les houilles est très difficile et presque toujours incomplète. Dans une même mine on trouve souvent des houilles différentes, et il est rarement arrivé de trouver deux espèces de houille parfaitement semblables, du moins pour les caractères extérieurs; de là vient cette multiplicité de sous-divisions admises dans la classification des combustibles par les Allemands.

En France, on n'a pas adopté de divisions minéralogiques, on a pris pour base de la classification des houilles leur usage dans les arts, qui sont du reste toujours en relation avec leur composition: en partant de ce principe, on a divisé les houilles en

Houille grasse,
houille sèche,
houille maigre.

Cette espèce de houille contient environ 60 à 75 p. % de charbon, 25 à 40 p. % de bitume et 4 p. % de terre: la houille grasse fournit la meilleure qualité de charbon, elle est susceptible d'être employée à tous les usages: elle est d'un noir de velours tirant quelque fois sur le noir grisâtre, sa surface est fréquemment irisée; elle est opaque; elle se présente en masse; se délite souvent en cubes, ce qui tient à des fissures, qui traversent la houille dans différents sens. ces fissures sont quelquefois remplies de chaux carbonatée ou de pyrites.

La pesanteur spécifique moyenne est de 1.16 à 1.60.

Elle donne par la distillation, du bitume et de l'hydrogène; lorsqu'elle brûle elle se boursoufle, se colle, coule un peu, dégage une odeur bitumineuse plus ou moins prononcée, et brûle avec flamme; souvent la flamme ne commence à paraître que quand la houille est déjà rouge.

La Houille grasse est généralement schisteuse ou feuilletée, elle présente des variétés assez nombreuses. M^r Thomson* qui a fait un travail chimique fort intéressant sur les houilles, admet les quatre divisions suivantes dans les houilles de bonne qualité;

- 1^o Houille collante, Caking-coal,
- 2^o houille esquilleuse, Splint-coal,
- 3^o houille molle, Cherry-coal ou Doaft-coal,
- 4^o houille compacte, Kannel-coal.

M^r Werner distinguait également dans les houilles grasses; le Beck-kohle, houille piciforme, le Schieffer-kohle, houille schisteuse, et le Blätter-kohle, houille feuilletée.

La houille grasse se délite facilement en feuillets; elle n'est pas dure, sans cependant s'écraser sous les doigts; elle ne les tache point quand elle est pure: mais souvent cette variété est mélangée d'une matière noire très analogue au charbon de bois et distinguée par Werner sous le nom de Mineralische Holz kohle: la houille qui en contient est tachante, et si la quantité de cette matière noire augmente, elle devient comme de la suie, ce que Werner a désigné, en donnant à cette variété le nom de Rus-kohle.

* Annales des Mines, tome 6, page 241.

Houille sèche.

La Houille sèche ressemble en grande partie à l'Anthracite et pourrait être caractérisée par le mot d'Anthracite des terrains houillers. La quantité de bitume qu'elle contient est peu considérable: cette houille est de couleur plus claire que la houille grasse, elle tire sur le gris d'acier: sa cassure est plutôt conchoïde que feuilletée, cependant quelques variétés présentent cette dernière texture; mais on doit les considérer comme une rareté.

Elle brûle sans flamme, (à l'exception d'une variété particulière dont nous parlerons tout-à-l'heure), elle ne colle pas, donne une odeur bitumineuse très faible; cette variété peu propre au travail du fer est mauvaise pour la forge, parce qu'elle ne défend pas le fer du contact de l'air et permet que sa surface s'oxide.

la Houille compacte
est rangée dans la houille sèche.

Nous rangeons dans la Houille sèche celle appelée Houille compacte, plus connue encore sous le nom de Kannel-coal: ce combustible est d'un noir grisâtre ou brun, il est moins éclatant que la houille grasse, ne tache point les doigts, ni même le papier: sa cassure est conchoïde.

Sa pesanteur spécifique est de 1.27.

D'après sa couleur on peut confondre cette houille avec le Taryet; elle est cependant moins noire et moins éclatante: on la taille souvent pour faire des boîtes, des flambeaux, mais rarement pour les objets d'ornement comme le Taryet qui est un lignite.

Les fragments naturels sont cubiques: par la chaleur cette houille se divise en feuilletés; elle prend feu à la flamme d'une chandelle et brûle sans se fondre en répandant jusqu'à la fin une lumière jaunâtre; éteinte elle continue à brûler.

Elle contient une quantité d'hydrogène non combiné qui est beaucoup plus considérable que celle des houilles ordinaires. Cet hydrogène se dégage au premier coup de feu et s'enflamme spontanément: cette variété de houille est beaucoup plus agréable pour le chauffage domestique que toutes les autres et est employé de préférence par les personnes riches. La propriété de dégager beaucoup d'hydrogène fait qu'on la préfère pour la production du gaz: en Angleterre les Etablissements de gaz emploient cette variété.

La Houille compacte développe moins de chaleur que la Houille grasse; elle n'est pas employée pour le travail du fer, ni par les Forgerons.

On a douté pendant longtemps que ce combustible appartint véritablement au terrain houiller; mais on le trouve à Vigan dans le Lancastershire, intercalé dans des couches de houille véritable, dans du Grès houiller caractérisé par sa position géologique et les fossiles qu'il contient.

Houille maigre.

Ce nom a été donné quelquefois à la Houille sèche; mais ici nous ne comprenons sous cette dénomination que la houille qui contenant une plus ou moins grande quantité de bitume, renferme une forte proportion de matières terreuses. Elle est plus solide et plus lourde que les précédentes; elle est d'un noir moins foncé, plus éclatante dans sa cassure; brûle avec assez de difficulté, ne se gonfle point, et ne s'agglutine que légèrement; elle donne un grand résidu. Souvent cette variété de Houille contient des pyrites; dans ce cas la houille est d'une mauvaise qualité et donne une odeur sulfureuse très prononcée; suivant la proportion de matières terreuses, la houille maigre peut être employée dans les fours à reverberer ou seulement pour

la cuisson de la chaux. Quand cette houille est exempte de parties pyriteuses elle peut dans quelques cas être employée à la forge; mais elle ne fournit jamais de combustible propre au travail du feu.

Nous ajouterons à la suite de la description des houilles, quelques détails sur la manière dont ces combustibles se comportent à la distillation, la quantité de gaz qu'ils produisent, leur pouvoir calorifique, enfin leur composition.

Les Houilles donnent à la distillation, du gaz combustible, de l'eau souvent ammoniacale, des huiles bitumineuses et laissent un résidu charbonneux ou Coke: leur décomposition ne commence qu'à la chaleur rouge naissante et ne s'achève qu'au rouge presque blanc. La plupart des houilles se fondent ou se ramollissent en se décomposant, on les appelle houilles grasses: il y en a qui conservent leurs formes et ne s'agglomèrent pas, on les désigne sous le nom de houilles sèches.

La quantité de Coke que laisse une houille varie avec la température, cependant la différence est peu grande, elle est au plus de 0,06 de charbon.

Les houilles les plus médiocres produisent au moins 0,45 de charbon.

Depuis un certain temps on emploie pour l'éclairage les gaz qui se dégagent de la houille par la distillation. Ces gaz sont des mélanges en proportions très variables d'hydrogène carboné, de gaz oléfiant, d'hydrogène pur, d'oxyde de carbone, d'acide carbonique, d'azote, d'hydrogène sulfuré, de vapeurs huileuses et d'un peu d'Ammoniaque.

La proportion relative de ces différentes substances dépend de la nature de la houille et du degré de chaleur à laquelle on la soumet; elle n'est pas non plus la même aux différentes époques de l'opération.

La houille distillée en grand dans les établissements d'éclairage fournit 180 à 200 litres et quelquefois 250 litres de gaz par kilogramme: les huiles que l'on distille pour cet usage en donnent 800 et à volume égal le gaz est trois fois au moins aussi éclairant que celui de la houille: il faut environ 2300 litres de ce dernier gaz pour produire autant de lumière que 1 Kilog^{me} de chandelle.

Les houilles brûlent avec une flamme jaunâtre accompagnée de fumée et en répandant une odeur bitumineuse caractéristique et qui n'a rien de désagréable. La flamme dure plus ou moins longtemps; suivant la nature de la houille, et quand elle a disparu, il reste un coke incandescent qui continue à brûler si la température du foyer est suffisamment élevée: pendant la combustion, tantôt les houilles se ramollissent et s'arrondissent sur les angles, tantôt elles se fondent tout à fait et se boursoufflent alors beaucoup, tantôt au contraire elles ne se déforment point: quelquefois enfin elles se fendillent ou s'exfolient mais sans éprouver de ramollissement.

Comme la composition des houilles est très variable, leur capacité calorifique doit l'être beaucoup aussi, cependant pour les houilles communes et réputées de bonne qualité dans les arts, cette capacité est à peu près la même que celle de

Manière dont les houilles se comportent à la distillation.

Quantité de Gaz qu'elles produisent.

Capacité calorifique de la houille.

m. g. 17.

charbon de bois est par conséquent double de celle du bois sec. Watt comptait dans les calculs des machines à vapeur sur une consommation de une partie de bonne houille pour la production de $7\frac{1}{2}$ parties de vapeur d'eau. Des expériences faites à Paris avec diverses espèces de houille sur de l'eau déjà échauffée à 100° ont donné $8\frac{1}{2}$ à $10\frac{1}{2}$ parties de vapeur pour une partie de combustible.

Dans les Ateliers métallurgiques on admet que le pouvoir calorifique de la houille est à celui du bois :: 5:1 à volume égaux et :: 15:3 à poids égaux.

Analyses de différentes variétés de Houille.

Analyses de diverses variétés de houille par Karsten;

	à Coke très boursoufflé			à Coke boursoufflé		à Coke fritté.	
	Kilkenny	Sumner	Echweillen	Wiltschillen	Newcastle	Silesie	Danmark
Carbone	0,7447	0,8368	0,8916	0,8130	0,8426	0,8359	0,9210
Hydrogène	0,0540	0,0321	0,0320	0,0323	0,0320	0,0321	0,0111
Oxygène	0,1961	0,0811	0,0645	0,1462	0,1267	0,1777	0,0579
Cendres	0,0050	0,0100	0,0118	0,0100	0,0085	0,0063	0,0100
	0,9998	1,0000	0,9999	1,0015	0,9999	1,0000	1,0000
Coke	0,5230	0,8079	0,8340	0,6810	0,7040	0,6865	0,9056

des Houilles grasses.

Analyses immédiates de quelques houilles grasses de France;

	Carmaux	Alain	Rive de Gier	Lesalle	Ronchamp	Saint Etienne	Epinaux	Belestat
Charbon	0,715	0,681	0,665	0,605	0,570	0,540	0,515	0,242
Cendres	0,035	0,104	0,020	0,103	0,070	0,140	0,120	0,035
Matières volatiles	0,250	0,215	0,315	0,292	0,360	0,320	0,265	0,723
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Plomb avec la litharge	30,1	27,6	29,6	27,0	27,5	29,4	26,8	24,4
Charbon équivalent aux mat. volatiles	0,43	0,135	0,21	0,19	0,24	"	0,27	0,43

des Houilles sèches.

Parmi les Houilles sèches, il y en a qui doivent cette propriété à l'excès de Carbone qu'elles renferment et d'autres qui ne sont pas collantes quoiqu'elles donnent à la distillation beaucoup de matières volatiles.

Nous allons faire connaître successivement les unes et les autres.

par excès de Carbone.

Houilles sèches très carbonées.

	Bonna-Lassie	Linsveyer	Monr	Oldue	Bresne	Bary de Galles
Charbon	0,780	0,577	0,850	0,870	0,883	0,793
Cendres	0,055	0,300	0,023	0,027	0,043	0,013
Matières volatiles	0,165	0,123	0,127	0,103	0,094	0,194
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Il existe quelquefois mélangées à la houille, des parties noires fibreuses, friables que l'on désigne improprement sous le nom de Charbon de bois minéral parce qu'elles lui ressemblent beaucoup par son aspect. Quelquefois on l'a qualifié d'Anthracite parce qu'elles sont difficiles à brûler. On remarque en effet que quand le Coke contient beaucoup de ce charbon minéral, il s'amasse dans l'ouvrage des hauts fourneaux, les encombre et ne s'y brûle pas. M. Karsten a reconnu que cet effet dépend de la faculté qu'a le charbon minéral de tomber en poudre aisément, et que sous la soufflette il brûle avec une flamme très vive et laisse un Coke facile à incinérer. La composition de ce charbon fossile est en rapport avec la nature de la houille au milieu de laquelle il se trouve, seulement il est beaucoup plus carboné; il y en a qui ne perd que 0,03 à 0,04 de son poids par la calcination. Le charbon fossile de Silésie dont l'analyse suit est dans ce cas.

Analyse du charbon minéral de la mine de Waldevembourg (haute Silésie),

Charbon.....	0,919	} 1,000.
Cendres.....	0,039	
Matières volatiles	0,042	

Houilles sèches peu carbonées.

Houilles sèches peu carbonées.

	Enchaun	Lardin	Blawzy	Arturien	Ombrowa	Saline	Lavensas	Yaxas
Charbon.....	0,560	0,608	0,543	0,503	0,510	0,500	0,446	0,406
Cendres.....	0,200	0,062	0,061	0,080	0,040	0,130	0,144	0,072
Matières volatiles	0,240	0,330	0,390	0,417	0,450	0,370	0,410	0,522
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Blomb avec litharge				26,1	21,2	21,0	24,0	19,4
Charbon équivalent aux Mat. volatiles				0,27	0,12	0,12	0,27	0,16

Gisement de la Houille.

La Houille proprement dite, celle dont nous avons parlé sous ce nom se trouve seulement dans le terrain houiller; elle est accompagnée de Grès, de schistes argileux et de schistes bitumineux, roches avec lesquelles les couches de houille alternent souvent à plusieurs reprises. On trouve presque toujours des rognons de fer carbonaté, mais il est malheureusement assez rare que ces rognons soient nombreux et exploités.

Le schiste houiller et le Grès renferment des empreintes.

On a souvent compris sous le nom de houille des combustibles, ayant à la vérité les plus grands rapports minéralogiques avec elle; mais qui cependant en diffèrent sous plusieurs points; d'abord par la chaleur qu'ils produisent et leur manière de brûler; mais leur plus grande différence est dans leur gisement. Ils se trouvent au milieu de calcaires ou de Grès plus modernes. Les houilles de la Provence que nous classons dans les Siquites sont dans ce cas: elles forment des couches au milieu de calcaires tertiaires caractérisées par les coquilles fluviatiles qu'elles contiennent, telles que des Unio, des Planorbis, des Caludines, &c....

Il existe encore dans les Argiles du Liex, des gisements d'un combustible fossile fort analogue à la houille, mais qui cependant ne peut pas être employé au travail du feu; à Whitby en Angleterre dans le Yorkshire, il y a des exploitations très nombreuses de ce combustible. En France, on l'exploite dans plusieurs localités, notamment près de Loup-le-Saulnier (Dép. du Jura) et de Melkau (Dép. de l'Orégon). Ces combustibles doivent être rangés dans les Lignites; ils sont presque toujours accompagnés d'une grande quantité de pyrites et fournissent des Mines d'Alun.

3°. Des Lignites.

Nous réunissons sous le nom de Lignites les combustibles fossiles décrits sous les noms de bois bitumineux et de Lignite, comme M. Brongniart l'a fait dans un Article inséré dans le Dictionnaire d'Histoire naturelle. La classification des Lignites adoptée par ce savant est entièrement géologique; il y réunit les combustibles classés par certaines personnes sous le nom de houille des calcaires.

Considéré minéralogiquement le Lignite est noir foncé, brillant, à cassure résineuse, conchoïde, ou droite; sa texture est tantôt homogène sans aucune apparence de structure ligneuse; tantôt au contraire cette texture est visible sans que pour cela le combustible ait perdu sa couleur noire; mais quelquefois aussi il passe au brun, même au brun foncé en conservant une structure fibreuse tellement distincte qu'on peut reconnaître l'origine végétale et ligneuse de ce combustible fossile, ou bien il perd entièrement cette structure et prend une texture terreuse.

Exposé à l'action du feu à une assez haute température, tous les lignites brûlent avec une flamme claire, longue, souvent peu fuligineuse; cette flamme se manifeste avant que le combustible soit rouge; ce qui est le contraire pour la houille.

Les Lignites ne se collent pas, ne se boursoufflent point comme la houille et ne coulent pas comme les bitumes solides. Lorsque la flamme est éteinte, la houille se recouvre d'une cendre blanche et s'éteint; les Lignites se couvrent bien également d'une cendre blanche beaucoup plus légère que celle de la houille, mais ils continuent à brûler comme la braise: ce caractère donné par M. Cordier est constant.

Lorsqu'on les distille, les Lignites qui ne renferment pas de pyrites, donnent une odeur fétide, âcre, piquante, différente de celle de la houille; elle est due à de l'acide pyroligneux qui se dégage et qui paraît essentiel aux Lignites; tous en renferment une plus ou moins grande quantité; ils contiennent aussi du bitume mais en proportion moindre que la houille.

La proportion de la partie éminemment combustible, soit de charbon, soit d'hydrogène avec la masse apparente du combustible, paraît être encore un des caractères distinctifs des Lignites et des houilles; le combustible réel semble être beaucoup moins condensé dans les premiers que dans les seconds; ce qu'on ne pourrait déduire des pesanteurs spécifiques qui sont à peu près les mêmes, mais des quantités de chaleur développées par ces combustibles: D'après des expériences nombreuses, M. Voigt a reconnu qu'un mètre cube de lignite donne autant de chaleur que trois mètres cubes de sapin, mais qu'il faudrait 7 mètres cubes de Lignite de Lipsick pour produire autant de chaleur que 1 mètre cube de houille.

Après la combustion il existe une cendre pulvérulente assez analogue à celle du bois, mais souvent plus abondante,

plus terreuse, plus ferrugineuse et presque toujours rougeâtre; elle renferme jusqu'à 3 p. 10 de potasse.

La pesanteur spécifique des lignites varie de 1,0 à 1,5.

On peut distinguer les variétés de lignites suivantes;

- 1°. le Lignite piciforme,
- 2°. le Lignite terne,
- 3°. le Lignite fibreux.

Ce Lignite est d'un noir luisant, compacte, cassure conchoïde, résineux: tantôt en masse, tantôt schisteux. La texture ligneuse rarement apparente à l'intérieur l'est à l'extérieur quelquefois.

C'est la variété qui brûle le mieux avec la flamme la plus claire, l'odeur la moins désagréable et qui laisse le moins de résidu. Lorsqu'elle est très pure cette variété est appelée Fayet ou Fay. Elle est alors susceptible d'un assez beau poli et est employée pour parures: on en fait des boucles d'oreilles, des colliers, &c... Il en existe dans le Département de l'Aude; et à St^e Colombe, il y a un établissement qui emploie 150 ouvriers à ce genre d'industrie.

Lorsque le Lignite est moins pur, M. Brongniart l'appelle Piciforme commun; il se alors d'une structure schistoïde, quelque fois fragmentaire ayant souvent la texture ligneuse apparente: il forme des couches puissantes susceptibles d'une exploitation facile et avantageuse; se rapproche tellement de la houille qu'il est facile de les confondre quand on ne consulte que les caractères extérieurs.

Il faut pour distinguer ces lignites communs recourir aux caractères chimiques que nous avons indiqués et à la manière dont ils brûlent: souvent la texture ligneuse, cassée lorsqu'on extrait le lignite des mines, se découvre par la combustion.

La composition de ces lignites est représentée avec assez d'exactitude par les Analyses suivantes faites par Mons^r Berthier; on a joint à ces analyses la quantité de litharge réduite par chacun de ces combustibles de manière à donner une idée exacte de leur pouvoir calorifique.

Analyses de plusieurs Lignites:

	D'Uzaveilles	D'Allemagne	De la Charente	L'Enfant-dort près-Marseille	Dauphiné
Charbon.....	0,673	0,429	0,390	0,493	0,436
Cendres.....	0,009	0,046	0,110	0,029	0,074
Matières volatiles	0,318	0,525	0,500	0,468	0,490
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Le Lignite d'Allemagne a donné 18.4 de plomb avec la litharge, d'où il suit que les matières volatiles équivalent à 0.11 de charbon.

Le Lignite de Eden dans la Charente a donné 17 de plomb avec la litharge; les matières volatiles équivalent en conséquence à 0,11 de charbon.

Le Lignite de l'Enfant-dort (Bouches du Rhône) a donné 21 de plomb; par suite les matières volatiles équivalent à 0,13 de charbon.

m.g. 18.

Le Lignite de la grande mine commune de Dauphin (Basses Alpes) a donné 25.3 de plomb avec la litharge, il est par conséquent très riche en matières volatiles.

2° Lignite terne.

Il est d'un noir brunâtre terne, quelquefois d'un noir de velours; cassure raboteuse ou imparfaitement concavoïde, texture compacte ou terreuse, structure massive, schistoïde ou fragmentaire mais points ligneuse. Les fragments sont en général cuboïdes ou trapézoïdaux; brûlant plus ou moins facilement avec une fumée abondante et souvent fétide; laissant un résidu abondant qui se désagrège souvent et se décompose en sulfates.

M^r Bronquiart subdivise cette variété en terne massif, terne schisteux, terne friable et terne terreux.

Les deux premières variétés sont les plus abondantes et celles qui fournissent un assez grand nombre de combustibles: elles se trouvent dans plusieurs formations: Le terne terreux est la terre de Cologne, il est friable et même pulvéulent; sa couleur est le brun de geroffle; il ne renferme point de pyrites et ne donne ni Alum ni Couperose.

3° Lignite fibreux.

Cette variété renferme ce que l'on a appelé bois bitumineux; sa couleur est tantôt le noir, tantôt le brun; son aspect est luisant ou terne; sa texture fibreuse est plus ou moins serrée; on y distingue toujours la texture des végétaux auxquels il doit son origine; on peut diviser ce Lignite en fibreux noir et fibreux brun. Le premier est le bois bitumineux parfait; sa couleur est celle du Tuya. Le second est le bois bitumineux imparfait; sa couleur est plus ou moins claire, il est terne; sa structure est ordinairement lâche, laissant parfaitement voir celle du bois; peu dur, il se laisse entamer par les instruments plutôt à la manière du bois qu'à la manière de la pierre.

Cette variété est très abondante, elle se trouve dans presque tous les gîtes des lignites; elle a frappé de tous temps les ouvriers et les naturalistes, et leur présence au milieu de ces combustibles est un des indices les plus sûrs de leur origine.

Deux échantillons de ce bois bitumineux ont donné à l'analyse;

Charbon	0,461	} 1,000.	0,371	} 1,000.
Cendres	0,014		0,014	
Liquides	0,371		0,615	
Gaz	0,174		0,000	

Gisement des Lignites.

Les Lignites se trouvent répandus dans presque tous les terrains secondaires; on en exploite,

- 1° Dans les Marnes irisées;
- 2° Dans les Marnes du Liex, correspondantes à la partie inférieure de l'Oolite;
- 3° Dans les terrains tertiaires: soit dans l'Argile plastique, comme les dépôts du Soissonnais, de Highgate près Londres, de la Blesse, de la Franconie, &c...; soit dans la partie supérieure de ces terrains: les grands dépôts des environs d'Aix et de Marseille appartiennent à cette dernière formation.

On indique des Lignites sous le Crappé dans presque tous les terrains basaltiques; quelques personnes les ont à tort regardés comme contemporains; mais ils sont antérieurs au

Crapp qui les a recouvertes : leur présence tend même à faire regarder les roches Crappiennes comme le produit d'une des dernières révolutions du globe ; on observe ce phénomène, dans la Hesse, dans la Franconie, en Bohême, dans l'Alsace, dans le Vivarain, dans l'Auvergne, &c. ; mais le dépôt le plus remarquable par son abondance est celui du mont Meissen qui présente des Siquites parfaits et imparfaits.

4°. De la Courbe.

La Courbe est le produit de l'altération spontanée des plantes herbacées et aquatiques. Elle se forme lorsque ces plantes se trouvent accumulées dans des endroits marécageux ou très humides.

Elle se trouve partout où il y a des eaux stagnantes et sur les bords des rivières dont le cours est très lent ; il y en a dans les vallées de tous les niveaux et il en existe même des dépôts considérables sur des plateaux très élevés, dans les Vosges, dans les Alpes, &c. ; mais elle abonde surtout vers les embouchures des fleuves qui parcourent un sol très bas, comme le Rhin, la Meuse, la Somme, la Loire, &c. Elle est partout en bancs horizontaux, quelque fois fort épais et divisés par des lits d'argile et de gravier dont elle est elle-même très mélangée ; elle se présente à la surface du sol, seulement recouverte d'une couche d'alluvion d'une épaisseur assez faible. On y trouve des restes d'animaux analogues à ceux qui vivent et on y a observé des débris de bateaux, des médailles et des ustensiles divers, ce qui prouve que la Courbe n'est pas antérieure à l'existence de l'homme ; il s'en forme encore journellement.

On distingue la Courbe en Courbe ligneuse et Courbe herbacée selon qu'elle se compose principalement de petites tiges ou de débris de plantes. La dernière est la plus commune ; et suivant que la Courbe herbacée est plus ou moins parfaite, on distingue ;

- 1°. La Courbe compacte qui est moins terreuse et à tissu lâche ;
- 2°. La Courbe résinite qui passe au bois bitumineux, chaque fragment est résinite, mais la masse ne l'est point.
- 3°. La Courbe papyracée qui est légère et composée de couches successives de végétaux déposés horizontalement.
- 4°. Enfin la Courbe des prairies, masse poreuse, et à peine décomposée.

Les végétaux qui ont donné naissance à la Courbe s'y trouvent dans un état de décomposition plus ou moins avancé, mais cette décomposition est rarement complète ; il y existe toujours des débris de plantes dont l'espèce est reconnaissable et souvent ces plantes sont entières et presque intactes.

Quand la Courbe est très altérée elle est compacte, noire et ressemble à du terreau ; mais le plus souvent elle est spongieuse, d'un brun plus ou moins foncé et a l'aspect du fumier comprimé.

La pesanteur spécifique de la Courbe est tellement variable à raison de son état de dessiccation et de la proportion de matières terreuses qu'elle renferme qu'il n'y a rien de général à dire à cet égard : en se desséchant à l'air elle éprouve un retrait extrêmement considérable et qui varie des $\frac{3}{5}$ aux $\frac{4}{5}$; mais la

Gisement de la Courbe.

Variétés de Courbe.

Pesanteur spécifique de la Courbe.

distillation ne s'opère que lentement et n'arrive à son terme qu'au bout d'un an au moins. Dans le Nord-Ouest de la France les 1000 briquettes de Tourbe sèche à l'air pèsent 300 à 375 Kilog^m; le mètre cube de Tourbe sèche et peu terreuse à Rottan (haut-Rhin) pèse 360 Kilog^m. La tourbe du Fichtelgebirge en Bavière pèse de 285 à 590 Kilog^m le mètre cube sans vuide; à Croisy sur l'Ouse, près Meaux, les 1000 briquettes de Tourbe sèche pèsent 300 Kilog^m et le mètre cube 250 Kilog^m; les 1000 briquettes de tourbe noire pèsent 315 Kilog^m et le mètre cube 310 Kilog^m.

Produits de la distillation de la Tourbe.

Les Tourbes donnent à la distillation les mêmes produits que le bois, c'est-à-dire des gaz combustibles, de l'eau acide et des huiles, et presque toujours en outre de l'Ammoniaque; les gaz renferment quelquefois de l'Azote libre; le charbon qui reste après la distillation a la même consistance que la tourbe, mais il occupe un volume beaucoup moindre, le retrait est le plus ordinairement des deux tiers.

Les cendres que laisse la Tourbe par la combustion proviennent des sels que renferme la matière végétale et principalement des matières terreuses mélangées mécaniquement. Les sels sont de même nature que ceux qui se trouvent dans le bois; aussi quand on analyse les cendres de Tourbe avec soin, y trouve-t-on des carbonates alcalins.

La Tourbe brûle comme le bois avec flamme et fumée, mais lentement, parce que sa combinaison est retardée par le mélange des matières terreuses; elle exhale presque toujours une odeur piquante et fort désagréable qui paraît tenir à la présence de substances animales.

Le tableau suivant présente le résultat de l'Analyse immédiate de quelques Tourbes:

Analyses immédiates de plusieurs variétés de Tourbes.

	Domerari	Obotau-Landon	Clermont	Reims	Voitdunna
Charbon	0,235	0,260	0,301	0,347	0,386
Cendres	0,173	0,150	0,174	0,068	0,017
Matières volat ^{les} liquides	0,367	0,310	0,284	0,399	0,385
Gaz	0,225	0,280	0,241	0,186	0,212
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Pouvoir calorifique de la Tourbe.

Le pouvoir calorifique moyen de la Tourbe sèche est à peu près le même que celui du bois et souvent un peu supérieur. La Tourbe de Troyes donne 8 de plomb avec la litharge; la Tourbe de Flam en donne 12,3; la Tourbe de Vally en donne 13,0 et la Tourbe de Framont en donne 15,4. La quantité de matières combustibles qui se volatilisent dans la carbonisation de la Tourbe équivaut tout au plus à une quantité de charbon égale à une fois et demie celle qui reste après la calcination. Ainsi en carbonisant la Tourbe on ne perd que les $\frac{2}{5}$ au plus de l'effet calorifique que elle peut produire, tandis que dans la carbonisation du bois cette perte est à peu près des $\frac{2}{3}$.

Charbon

Charbon de Tourbe.

On emploie la Tourbe comme combustible, tantôt dans son état naturel, tantôt après l'avoir carbonisée: la carbonisation s'opère soit par la méthode de la cuite en meules, soit par la distillation; soit par la calcination dans des fours construits en maçonnerie.

Le charbon que l'on fait avec la Tourbe est tendre et friable quand il renferme peu de matières terreuses; il est compacte et dur quand il en contient beaucoup: le plus léger pèse autant que le charbon de bois, et le plus ordinairement il pèse davantage.

Le Charbon de Tourbe de Framont qui est très pur pèse 250 Kilog^{mes} le mètre cube; celui qui est fait avec la Tourbe de Vöthorma dans le Fichtelgebirge pèse 230 Kilog^{mes} le mètre cube, sa densité est de 4000; celui de Croüy sur l'Oureq sans poussier pèse 310 Kilog^{mes}; le charbon de Tourbe d'Estonne employé à Paris pèse 47 Kilog^{mes} $\frac{1}{2}$ l'hectolitre.

Le charbon de Tourbe s'enbrâse très aisément, il brûle lentement en produisant une flamme légère sans fumée. Quand une fois il a été allumé il se consume complètement, même lorsqu'il est en petits morceaux et il laisse une cendre du même volume. Ces propriétés le rendent excellent à employer toutes les fois que l'on veut produire une chaleur modérée égale et longtemps soutenue, par exemple, pour l'usage des fourneaux de cuisine et pour les évaporations; malheureusement les difficultés de la fabrication en élèvent trop le prix.

Le charbon de Tourbe préparé en grand renferme toujours une proportion de matières combustibles volatiles assez considérables, et il en est que de meilleure qualité pour les usages auxquels on le destine ordinairement parce que c'est surtout à la présence de ces substances qu'il doit la propriété de brûler avec flamme: d'ailleurs en ne poussant pas la carbonisation jusqu'à son dernier terme il est évident qu'on tire de la tourbe un parti plus avantageux. Nous allons voir tout à l'heure quelle est la valeur de ces substances volatiles; indépendamment de cela il renferme toujours beaucoup d'eau hygrométrique qu'il soutire peu à peu de l'atmosphère comme le fait le charbon de bois.

Le pouvoir calorifique du meilleur charbon de tourbe est toujours un peu moindre que celui du charbon de bois; et quand la proportion de cendres est considérable, ce qui est le plus ordinaire, son pouvoir calorifique n'équivaut qu'aux $\frac{2}{3}$ ou aux $\frac{3}{4}$ de celui du charbon de bois. Selon M^r Peclet le charbon de tourbe et la Tourbe crue ont à peu près le même pouvoir rayonnant et ce pouvoir est tel qu'il dépense le tiers de la chaleur totale qui se produit pendant la combustion. Nous donnons ici l'analyse de quatre variétés de charbon de tourbe préparé en grand, ainsi que la quantité de plomb que chacun d'eux produit avec la litharge, on déduit aisément de ce dernier résultat la valeur calorifique des substances volatiles.

Du Charbon de Tourbe.

Boide spécifique du Charbon de Tourbe.

Manière dont le Charbon de Tourbe se comporte au feu.

Pouvoir calorifique du Charbon de Tourbe.

m. g. 19.

Analyses immédiates
de plusieurs variétés de
charbon de Tourbe.

	Croisy	Dam	Essonne	Framont
Charbon	0,450	0,495	0,516	0,672
Cendres calcinées	0,320	0,285	0,260	0,108
Matières volatiles	0,250	0,220	0,224	0,220
	1,000	1,000	1,000	1,000
Plomb produit	17,7	18,8	22,4	26,0

Si l'on parvenait à simplifier et à rendre plus économique la préparation du charbon de tourbe il n'y a pas de doute qu'on en tirerait un parti très avantageux dans les travaux métallurgiques et particulièrement pour le travail du fer. On pourrait même employer dans les hauts fourneaux du charbon très terreux pourvu que les cendres fussent calcaires, parce que alors ces cendres remplaceraient une partie de la castine dont on diminuerait d'autant la proportion. Il pourrait être bon de faire des briquettes avec un mélange en proportions convenables de tourbe vaseuse et de minerai de fer en grain ou en poudre; de cuire ces briquettes en meules comme du bois et de les jeter ensuite au haut fourneau: on rendrait ainsi le charbon de tourbe moins combustible, plus solide et plus facile à éteindre après sa cuisson.

La grande proportion de cendres que donne ordinairement le charbon de tourbe s'oppose à ce qu'on emploie ce combustible pour les essais de la voie sèche; il ne donne pas une assez haute température et il encombrerait trop promptement les fourneaux; mais il peut servir dans les laboratoires pour chauffer des bains de sable et pour faire des opérations.

M^r Regnault Ingénieur des Mines a fait récemment un travail fort important sur la composition des combustibles fossiles, duquel il résulte que la quantité de carbone et d'oxygène varie dans une forte proportion suivant la nature des combustibles; la proportion de ces éléments est en rapport avec l'âge de ces combustibles; le carbone forme presque exclusivement les Anthracites et à mesure qu'on étudie des combustibles plus modernes, cet élément cède sa place à l'oxygène qui augmente.

Ainsi dans l'Anthracite on trouve jusqu'à 93 p^m% de carbone et 2,50 d'oxygène; dans les bouilles, le rapport est de 83 à 8; dans les lignites il devient de 63 à 19, tandis que dans le charbon de bois, il est seulement de 70 à 23; il paraît donc qu'à mesure que les combustibles fossiles se rapprochent de l'époque actuelle, leur composition est plus comparable avec celle des bois.

Ce résultat intéressant nous confirme dans l'opinion que la classification des combustibles doit être basée sur leur position géologique.

Le Tableau suivant comprenant la composition des différents combustibles depuis l'Anthracite jusqu'à la Tourbe met le fait que nous venons d'énoncer dans tout son jour.

			Densité	Comb.	Hydrogène	Oxygène ou Azote	Calories
I Anthracites	Transition	Pensylvanie	1,462	90,45	2,43	2,45	4,67
		Mayenne	1,367	91,98	3,92	3,16	0,94
		Pays de Galles	1,348	92,56	3,33	2,53	1,58
II Houilles	grasses et dures	Rive de Gierx	1,315	87,85	4,90	4,29	2,96
III	is grasses maréchales	Rive de Gierx	1,298	87,45	5,14	5,63	4,78
IV	is grasses à longues flammes	Flenu de Mons	1,276	84,67	5,29	7,94	2,10
		Cannel-Coal	1,317	83,75	5,66	8,04	2,55
V	is sèches à longues flammes	Blauzy	1,362	76,48	5,23	16,01	2,28

Si on compare les résultats de ce tableau on voit que les houilles grasses peuvent devenir sèches de deux manières, soit en passant à l'Anthracite, dans ce cas l'hydrogène et l'oxygène sont remplacés par du Carbone, soit en marchant vers les combustibles plus modernes vers les Lignite, dans ce cas le carbone est remplacé par l'oxygène et le rapport de celui-ci à l'hydrogène va en augmentant.

Certains secondaires	Lian. — Anthracite de la Mure.	1,362	89,77	1,67	3,99	4,57		
		Oolithe Inf. — Charbon de Céral (Lyon)	1,294	75,98	4,74	9,02	11,86	
			Marnes irisées. — Noroy	1,410	63,28	4,35	13,17	19,20
			Craie. — Fayet de Bélestat	1,305	75,41	5,79	17,91	0,89

Certains tertiaires	1° Lignite parfait de Marseille	1,254	63,88	4,58	18,11	13,43	
		2° Lignite imparfait de Cologne	1,100	63,29	4,98	26,24	5,49
			3° is is passant au bitume	1,157	73,79	7,46	13,79	4,96

Les combustibles des terrains tertiaires diffèrent des combustibles des terrains anciens en ce que le carbone diminue d'une manière très marquée et se trouve remplacé par l'oxygène. Sa composition se rapproche ainsi de plus en plus de celle du bois : lew charbon devient en même temps de plus en plus sec. Le Fayet donne encore un Coke fritté tandis que les charbons des terrains tertiaires ne produisent qu'un charbon non métalloïde et pulvérulent.

Courbes de Louy près Abbeville	58,09	5,93	31,27	4,61
Charbon rouge de Boudaine du Bouchet	71,42	4,85	22,91	0,82
Bois. Composition moyenne	49,07	6,31	44,62	0,00

Le Charbon rouge du Bouchet renferme encore une quantité considérable d'oxygène et d'hydrogène et se rapproche par là de certains lignites.

10^{ème} Leçon. *

Des Métaux.

Du Fer.

Le Fer se présente dans la nature sous un grand nombre de combinaisons

Dans les principales sont ;

le fer natif ;
les Oxides de fer ;
le fer carbonaté ;
le fer sulfuré ou pyrite ;

le fer arsenical ;
le fer arséniate ;
le fer phosphate ;
le fer chromé.

* Les Leçons sur les Métaux ont été supprimées dans les Cours qui ont eu lieu depuis l'année scolaire 1832-33, néanmoins on a cru devoir les laisser dans ces feuilles lithographées.

Les oxydes de fer et les carbonates sont les principales combinaisons qui fournissent les minerais de fer: ce sont les seules sur lesquelles nous donnerons des détails un peu circonstanciés; nous pensons aussi qu'il est également utile de dire quelques mots sur le fer natif, parce que son existence se rattache à une des questions les plus intéressantes pour l'étude de la théorie de la terre.

Du Fer natif.

Le Fer a été trouvé à l'état natif de deux manières; 1^o dans quelques cas fort rares, associé à d'autres minerais; 2^o comme partie essentielle de la composition des pierres météoriques. On ne connaît que deux localités positives où le fer soit réellement natif; la première est la mine de Kamsdorf en Saxe; il y est disséminé dans une masse composée de fer hématite brun, de fer spathique et de spath pesant: on l'a trouvé en outre tapisant les cavités d'un filon près de Grenoble: on connaît en outre des masses de fer natif placées à la surface de la terre, sans aucune connexion avec les roches environnantes; d'après leurs caractères extérieurs et leur position, on a regardé pendant longtemps ces masses de fer comme des produits d'art; mais leur composition qui donne ordinairement du Nickel et du Chrome, les rapproche des Aéroolithes, et maintenant elles sont généralement regardées comme appartenant à cette classe de phénomènes: une de ces masses trouvée en Sibérie et connue sous le nom de fer de Pallas pesait 14 quintaux; elle était seulement enveloppée d'une croûte de rouille: cette masse est rameneuse et cellulaire; ses cavités sont en parties remplies d'une substance vitreuse, jaunâtre transparente. On a trouvé dans l'Amérique méridionale plusieurs masses de fer analogue à celle de Pallas. M. de Humboldt en cite une au Brésil qui pèse plus de 150 quintaux.

Les Aéroolithes ont une composition analogue qui a fait présumer qu'elles doivent leur origine à une même cause; elles ont en outre entre elles une grande ressemblance de caractères extérieurs; leur forme est ordinairement irrégulière; elles sont couvertes d'une croûte très mince vitreuse noirâtre et parsemée de petites aspérités. Dans leur cassure les aéroolithes sont généralement de couleur grise tachetée quelquefois de jaune, leur tissu est granuleux; elles se composent en général de trois substances différentes, que l'on distingue à l'œil: la première présente la forme de petits corps ovoïdes de couleur grise ou brune, fragiles; sa poussière est assez dure pour dépolir le verre; quelques indices de forme cristalline font présumer qu'elle appartient en partie au Péridot: la deuxième disséminée irrégulièrement dans la masse est du fer sulfuré magnétique; il est rougeâtre et paraît mélangé de Nickel: la troisième substance est composée de la réunion de grains de fer métallique, malléable, agissant fortement sur l'aiguille aimantée.

La pesanteur spécifique des Aéroolithes = 35.

La composition moyenne de 25 échantillons météoriques est la suivante

Silice	43	de 66 à 20	
Magnésie	16	de 32 à 9	— 24 Analyses seulement en ont fourni
Fer métallique	32	de 45 à 16	
Nickel	7	de 15 à 0,4	
Alumine	"	de 17 à 1	— 6 Analyses seulement en ont fourni
Chaux	"	de 12 à 0,75	— 8 — — — — —
Soufre	"	de 9 à 1	— 10 — — — — —

Des Oxydes de Fer.

Le Fer se combine à l'oxygène dans plusieurs proportions: M^r Gay-Lussac admet trois Oxydes de fer, qu'il désigne sous les noms d'Oxyde blanc, d'Oxyde noir et d'Oxyde rouge. Berzélius suppose qu'il n'en existe que deux, l'Oxyde ferreux Fe, correspondant à l'Oxyde blanc et composé de 77,23 de fer et de 22,77 d'oxygène; et l'Oxyde rouge qu'il appelle Oxyde ferrique Fe composé de 69,34 de fer et de 30,66 d'oxygène; il regarde le troisième comme une combinaison des deux autres; il désigne cette combinaison sous le nom d'Oxidum ferroso ferrique, et il la représente par la formule FeFe.

On trouve dans la nature deux de ces oxydes, l'oxyde ferrique et le ferroso ferrique.

Il existe en outre plusieurs autres combinaisons d'oxydes de fer, qui fournissent des minerais; les deux principales sont le fer oxydé hydraté et le fer carbonaté.

Ces différents minerais, se présentent avec des caractères très divers que l'on peut grouper en deux grandes classes.

- 1^o Minerais de fer ayant l'éclat métallique;
- 2^o Minerais de fer sans éclat métallique.

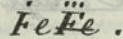
La première classe se subdivise très facilement par la cristallographie; les uns cristallisent en octaèdres réguliers, les autres en rhomboèdres; ces deux espèces correspondent aux oxydes ferroso-ferrique et ferrique.

Les oxydes sans éclat métallique peuvent se diviser en trois classes d'après la couleur de leur poussière: ceux de la première classe donnent une poussière rouge; ceux de la seconde de la poussière jaune; ceux de la troisième de la poussière grise.

Les échantillons qui donnent de la poussière rouge, appartiennent au Peroxyde, ainsi que le fer qui cristallise en rhomboèdre: ceux dont la poussière est jaune, sont à l'état d'hydrates: enfin les échantillons qui deviennent gris par la porphyrisation, sont à l'état de carbonates.

Fer oxidulé.

On désigne ainsi l'oxyde de fer naturel qui contient le moins d'oxygène; il renferme 72 de fer et 28 d'oxygène: il correspond à l'Oxyde ferroso-ferrique; sa composition est représentée par la formule chimique



Cette substance est cristallisée en octaèdre: elle présente en outre différents cristaux qui se déduisent de cette forme primitive; les plus abondants après l'octaèdre régulier, affectent la forme du dodécaèdre rhomboïdal. Les cristaux ont quelque fois un clivage parallèle aux faces de l'octaèdre. Le fer oxidulé se trouve plus fréquemment en masses et en grains agglomérés, qu'en cristaux parfaits.

Sa pesanteur spécifique varie de 47 à 49.

Sa couleur est d'un gris noirâtre, gris d'acier; son éclat est métallique, il est rarement miroitant; sa poussière est noire: il est fort dur, difficile à écraser et raye le verre. Il est très sensiblement magnétique; c'est cette espèce qui fournit l'aimant naturel: il est insoluble dans les acides, infusible au chalumeau, ne change pas au feu de réduction; brunit au feu d'oxydation; mélangé avec du Borax, il donne une masse brunâtre qui est très foncée. On trouve fréquemment dans les sables qui

m. g. 20.

proviennent de la destruction des terrains anciens, des grains de fer oxidulé, et comme la pesanteur spécifique de ce minéral, est assez considérable, le lavage naturel que ces sables ont éprouvé a fait réunir les parties métalliques ensemble. On donne le nom de fer oxidulé arénacée à ce fer en grains: il est souvent litanifère.

Le fer oxidulé fournit du fer de qualité supérieure: les fers de Suède et d'Espagne si estimés par leur grande malléabilité et leur grande douceur, proviennent de minerais de cette espèce.

Fer Oligiste.

Cette seconde classe d'Oxide se présente avec des caractères très variés; lorsqu'il possède l'éclat métallique, on lui donne principalement le nom de fer Oligiste; on le désigne particulièrement sous le nom d'Hématite quand il est concrétionné, et de fer oxidé rouge lorsqu'il est terreux.

Dans ces différents états la composition de ce minéral est la même, il correspond exactement au Peroxide Fe .

La sous-espèce ayant l'éclat métallique cristallise en rhomboédre sous l'angle de $86^{\circ}, 10'$ et $93^{\circ}, 50'$. Le clivage est quelquefois très net parallèlement à ses faces: les cristaux de fer Oligiste sont très variés; ils consistent en rhomboédres qui se déduisent de celui indiqué précédemment, en dodécaèdres à triangles scalènes désignés par M. Haüy sous le nom de métastatiques et en prismes à six faces réguliers. Les cristaux deviennent quelquefois lenticulaires. La couleur du fer oligiste est le gris d'acier; les cristaux souvent irisés, présentent beaucoup d'éclat: la poussière est rougeâtre quand elle est fine; quand on ne fait qu'écraser les cristaux on obtient des grains noirs. La densité = 50 et 51. Il est un peu plus dur que le fer oxidulé, il raye le verre: il est légèrement magnétique et n'attire pas la limaille de fer: il est infusible au chalumeau, au feu d'oxidation; il est décomposé au feu de réduction: avec le Borax, il donne un globe d'un brun foncé.

On réunit à cette espèce ainsi qu'on vient de l'annoncer plusieurs variétés n'ayant pas l'éclat métallique, mais donnant une poussière rouge et contenant la même proportion d'oxygène que le fer oligiste cristallisé: les principales variétés sont le fer hématite et le fer oxidé rouge.

Fer hématite.

Ce minéral se présente sous la forme de masses réniformes concrétionnées: sa cassure est à la fois fibreuse et testacée; l'éclat est soyeux, la couleur rouge assez foncée: cette substance fournit des minerais très riches; ils sont peu abondants, mais cependant dans plusieurs localités ils alimentent des usines importantes.

Le fer hématite rouge est employé en outre à différents usages, c'est avec cette substance que sont faits les brunissoirs qui servent à polir: sa poussière est d'un beau rouge.

Fer oxidé rouge.

Il se présente en masses compactes, dont la densité est plus ou moins grande suivant que cet oxide est mélangé avec plus ou moins d'argile: sa cassure est terreuse: quelquefois il est dur, et le plus souvent tache les doigts: cette variété donne la sanguine.

Le fer oxidé rouge est un minéral très riche et très précieux par la qualité du fer qu'il produit.

Fer oxidé hydraté.

Ce minerai de fer est le plus abondant de tout; il se présente avec des aspects et des textures très différentes. Il existe quelquefois, mais rarement en cristaux imparfaits, sous la forme de prismes à quatre faces surmontés d'un pointement à quatre faces.

Les variétés ordinaires de fer oxidé hydraté sont l'hématite brune, le minerai de fer en grains et le minerai de fer en roche. Toutes ces variétés contiennent une proportion constante de fer, d'oxygène et d'eau: c'est un hydrate de Peroxide de fer, dont le rapport est un atôme d'eau pour deux atômes de Peroxide. Le caractère principal de ces minerais est de donner une poussière jaune couleur d'ocre.

L'hématite brune se présente comme l'hématite rouge, en masses reniformes ayant en même temps une cassure fibreuse et testacée: sa couleur est le brun noirâtre: On aperçoit presque toujours des parties jaunes provenant de quelques fractures.

La variété globuliforme se trouve en grains soit isolés, soit agglomérés: dans ce dernier cas, ils sont réunis par un ciment argileux chargé lui-même d'une certaine quantité d'hydrate de fer.

Le fer oxidé hydraté en roche forme des masses plus ou moins grandes toujours irrégulières et cavernueuses dont la pesanteur spécifique et la couleur sont les seuls caractères. Le fer oxidé hydraté est peu dur, il se laisse rayé par une pointe d'acier; il donne de l'eau par la calcination. Au chalumeau il est presque toujours fusible en masse brunâtre; cette fusibilité est due aux terres avec lesquelles il se trouve mélangé. Quelquefois il contient une certaine proportion de phosphate de fer, dans ce cas, il est très fusible, et donne un bouton cassant qui dégage une odeur d'ail. Les minerais phosphoreux présentent un aspect résineux et une couleur d'un brun foncé.

Fer carbonaté.

Le Fer carbonaté existe dans deux gisements différents; ses caractères varient avec sa position. Il se trouve en filons dans les terrains anciens, ou disséminés dans les terrains houillers; dans le premier cas, le fer carbonaté est en masses cristallines, lamelleuses ou lamellaires; il présente constamment un clivage triple qui donne pour forme primitive un rhomboèdre sous l'angle de 107° . Dans les cavités, ou géodes qui tapissent ces masses lamellaires, on observe fréquemment des cristaux très nets. On donne en général le nom de fer spathique, à la variété cristallisée: la couleur du fer carbonaté cristallisé est le gris jaunâtre; les cristaux sont assez éclatants; souvent ils deviennent brunâtre par leur décomposition; ils passent à l'éclat de fer oxidé hydraté. Le fer carbonaté, lorsqu'il est pur, contient 39 d'acide carbonique et 61 d'oxide de fer: sa pesanteur spécifique varie de 36 à 39. Il est un peu plus dur que la chaux carbonatée et se laisse rayé par une pointe d'acier; il est quelquefois translucide et fait effervescence avec les acides. Au chalumeau, lorsqu'il est pur, il noircit, sans se fondre; avec le Borax il se boursoufle et donne un verre d'un brun foncé.

Le fer carbonaté des houillères n'est reconnaissable qu'à son poids; il forme ordinairement des rognons aplatis plus ou moins considérables: dans sa cassure, il est terreux et d'un gris foncé; il se comporte au chalumeau et avec les acides

comme le fer spathique : quelques couches de grès houilles sont chargées de fer carbonaté, et fournissent des minerais quelquefois assez riches.

Fer sulfuré.

Cette espèce minérale présente une circonstance cristallographique particulière ; elle affecte deux formes différentes qui ne peuvent rentrer l'une dans l'autre. Cette propriété connue sous le nom de dimorphisme lui est commune avec plusieurs minéraux, et notamment avec le carbonate de chaux.

On a donc divisé le fer sulfuré en deux espèces quoique la proportion de soufre et de fer soit la même ; elle est de 54,26 de soufre sur 45,74 de fer.

La première espèce appelée particulièrement Pyrite est cristallisée en cubes et en cristaux qui dérivent du système régulier. Les plus abondants après la forme primitive sont des dodécaèdres pentagonaux. La couleur de la Pyrite est le jaune laiton ; les cristaux sont assez éclatants ; ils ne présentent pas de clivage ; leur cassure est unie, quelquefois un peu grenue.

La pesanteur spécifique varie de 47 à 50.

Ce sulfure est assez dur, il étincelle sous le briquet, et raye le verre.

La seconde espèce appelée fer sulfuré blanc, présente des cristaux qui dérivent d'un prisme rhomboïdal droit dont l'angle est de 106° . Il se décompose très facilement, et donne naissance à du sulfate de fer.

Fer arsénical.

Le Fer arsénical cristallise en prisme rhomboïdal droit dont l'angle est de 103° ; il est composé de 20 de soufre, 46 d'arsenic et 34 de fer.

La pesanteur spécifique est 56.

Les cristaux ordinaires présentent la forme prismatique, quelquefois seulement il y a un biseau qui remplace la base. Le fer arsénical est d'un blanc d'argent un peu gris ; il étincelle sous le briquet et dégage une odeur d'ail par le choc. Au chalumeau, il donne une fumée et une odeur arsénicale très prononcée, on obtient un globule cassant analogue à la Pyrite magnétique.

Fer phosphaté.

Ce fer se présente en cristaux dont la forme dérive d'un prisme rectangulaire oblique ; la base est inclinée d'environ 100° sur la face correspondante.

La pesanteur spécifique = 26.

Il contient 22 d'acide phosphorique, 44 d'oxide de fer et 34 d'eau. Les cristaux sont d'un bleu d'indigo, transparents. Quelquefois on trouve du fer phosphaté terreux, non cristallin : il se reconnaît par sa couleur bleue : il est soluble dans les acides, donne beaucoup d'eau par la calcination : il est fusible au chalumeau en donnant un globule noir et une odeur de phosphore prononcée.

Fer

Fer chromé.

Cette espèce se rencontre rarement à l'état cristallin: cependant on connaît des petits cristaux de fer chromé en octaèdres réguliers qui proviennent de Baltimore.

Sa pesanteur spécifique = 46.

Il est fort dur, et raye le verre: il présente un éclat métallique analogue au fer oxidulé.

D'après l'Analyse de Vauquelin, il contient;

	du Dép. du Yar	de la Sibérie.
Acide chromique	43	53
Oxide fer	34,7	34
Alumine	20,3	11
Silice	2	1
Oxide de Manganèse		1
	100	100



On chauffe le fer chromé n'éprouve aucune altération: il est peu attirable à l'aimant, caractère qui le distingue du fer oxidulé.

Gisement des Minerais de Fer exploités.

Les fers oxidulé et oligiste se trouvent principalement dans les terrains anciens: ils y forment des amas puissants, ou sont disséminés en cristaux dans les roches mêmes; on connaît plusieurs localités où ces substances remplissent un des éléments des roches anciennes: près de Villefranche de l'Alveyron, par exemple, on exploite à Combenevre un schiste micacé, dans lequel le Mica est en partie remplacé par du fer oxidulé. Le fer oligiste forme en outre des filons puissants; les fers oligiste et oxidulé existent en outre dans les roches volcaniques. La plupart des Sables d'Auvergne contiennent du fer oligiste: quant au fer oxidulé, quoique très abondant dans ces terrains, il y est rarement visible, parce qu'il s'y trouve disséminé en grains fins. Les sables et alluvions des terrains anciens contiennent fréquemment ces oxides de fer.

Le fer oxidé rouge, quand il est concrétionné, se trouve en filons dans les terrains anciens, à l'état compacte et terreux; il forme des couches puissantes dans les terrains secondaires.

Le fer oxidé hydraté existe principalement dans les terrains secondaires et tertiaires, en couches paraissant contemporaines au terrain: souvent il remplit des cavités, dans le calcaire du Jura, mais alors il est postérieur à ce terrain. La plupart des mines en grains de la France sont dans ce gisement: beaucoup de personnes les regardent comme appartenant aux terrains d'alluvion; il est probable qu'une grande partie est de l'époque du terrain tertiaire. Outre ce gisement, le fer hydraté existe dans les terrains les plus modernes, principalement la variété appelée limoneuse qui se trouve dans certains pays associée aux Courbières; ce dernier minéral contient souvent du phosphore et donne du mauvais fer.

m. g. 21.

Les fers carbonatés existent, comme nous l'avons dit dans deux gisements différents. Le fer spathique forme des filons dans les terrains anciens et certains terrains secondaires. Le fer carbonaté des houillères existe en rognons dans le terrain qui lui donne son nom. Il est quelquefois disséminé dans les couches même de houille, plus habituellement dans les schistes qui avoisinent cette sorte de combustible.

Le fer chromé, substance qui donne principalement le chrome, se trouve en rognons dans les terrains de Serpentine. On en connaît dans un grand nombre de localités, on en exploite dans le Dép^t. du Yar, en Sibérie et à Philadelphie.

Les autres combinaisons de fer, comme le fer sulfuré, phosphaté, Arsenical, &c... se trouvent ordinairement dans les filons. La première seule existe dans tous les terrains.

Du Cuivre.

Le Cuivre se trouve dans la nature à l'état de Cuivre métallique ou natif; il forme en outre un grand nombre de combinaisons; les unes assez abondantes sont susceptibles d'être employées comme minerais pouvant produire le cuivre avec économie; les autres rares, intéressantes pour la science, ne sont encore d'aucun usage pour les arts; nous indiquerons seulement dans cette Section les espèces qui sont l'objet des recherches du Métallurgiste.

Cuivre natif.

Le Cuivre natif n'est jamais entièrement pur; il contient fréquemment un peu de fer et quelquefois des atomes d'or: sa couleur est plus foncée que celle du cuivre pur, il est souvent noirâtre; dans quelques cas il est légèrement verdâtre à la surface, ce qui tient à un commencement d'altération. Il se trouve ordinairement en masses ramuluses, dentriques, portant des indices de cristallisation.

Les cristaux de cuivre natif sont ordinairement des octaèdres réguliers; cette forme passe quelquefois au dodécaèdre rhomboïdal, par des troncutures sur les arêtes de l'octaèdre; dans des cas rares ces traces du cube.

Le Cuivre natif a d'ailleurs tous les caractères du cuivre métallique. Sa pesanteur spécifique est un peu plus forte que celle du cuivre fondu;

celle du cuivre natif est 8,50;

celle du cuivre fondu est 7,78.

Le Cuivre natif se rencontre principalement dans les mines de cuivre en filons; il est très rare dans celles en couches. Les plus beaux échantillons proviennent des mines de cuivre d'Ecatherinimbourog en Sibérie et de celle de Reibritembach sur les bords du Rhin près de Cologne. On a trouvé au Chili, au Kamtchatka et au Brésil des masses considérables de cuivre métallique à la surface du sol, et sans aucune connexion avec le terrain sur lequel il formait des blocs épars. Au Brésil, l'une de ces masses isolées pesait 15 quintaux.

Des Oxydes de Cuivre.

Le Cuivre se présente associé à l'oxygène dans deux proportions, et donne naissance à des minéraux dont les caractères sont très différents.

Cuivre oxidulé.

La première de ces combinaisons désignée sous le nom de cuivre oxidulé, parcequ'elle est la moins riche en oxygène; contient 11,22 d'oxygène et 88,78 de cuivre métallique, proportions qui correspondent à un atôme d'oxygène pour un atôme de cuivre. Cette espèce est quelque fois mélangée dans toute proportion avec de l'oxide de fer; il est alors rouge de brique; les Allemands l'appellent *Liegelerz* cuivre couleur de brique.

La forme primitive du cuivre oxidulé est le cube, mais les cristaux les plus habituels sont l'octaèdre, l'octaèdre modifié sur les arêtes et le dodécaèdre. Le cuivre oxidulé possède trois clivages également faciles parallèles aux faces du cube. Les cristaux de cette substance, sont quelque fois translucides, ils présentent alors une belle couleur cochenille.

La couleur de la surface des cristaux est un gris d'acier; leur poussière est rouge cochenille, passant à la couleur de brique, elle est moins vive que le Cinabre et l'argent rouge.

La cassure unie et conchoïde dans les masses, est lamellaire quand cette substance est cristallisée. L'éclat du cuivre oxidulé est très vif, quelque fois cependant la surface des cristaux est mate.

Cette substance est dissoluble dans l'acide nitrique avec effervescence de gaz acide nitreux; elle se réduit très facilement au chalumeau, sans donner d'odeur.

La pesanteur spécifique est de 56 à 57.

Le cuivre oxidulé est quelque fois en filaments déliés, les quels se croisent à angle droit, et forment par leur ensemble une espèce de treillis métalloïde. Cette variété capillaire est d'un beau rouge soyeux.

Cuivre oxidulé terreux.

Le Cuivre oxidulé terreux constitue une espèce parmi les Minéralogistes Allemands; il forme des masses terreuses plus ou moins solides; sans éclat, quelque fois mélangées de parties brillantes dues à du cuivre oxidulé pur: sa couleur est le rouge de brique; l'analyse montre que c'est un mélange de cuivre oxidulé, de fer oxidé rouge et d'argile: il accompagne le cuivre oxidé rouge. Nous avons indiqué plus haut que cette variété particulière était désignée sous le nom de *Liegelerz*.

Les cristaux de cuivre oxidulé proviennent principalement du Cornouailles, de Sibérie et de Reibreitenbach: on en a aussi trouvé à Chessy, près Lyon.

Les variétés capillaires proviennent de Sibérie, de Reibreitenbach et du Devonshire (Angleterre).

Les variétés terreuses forment la masse principale du minerai exploité dans les mines de Sibérie.

Cuivre oxidé noir.

Il est en masse terreuse noire et friable quelque fois concrétionnée; il recouvre presque toujours d'autres minerais de cuivre, principalement du cuivre pyriteux ou du cuivre carbonaté bleu: cette circonstance fait présuumer qu'il est le produit de la décomposition de ces minerais: sa manière de se comporter avec les acides et le chalumeau est le seul caractère que l'on puisse donner pour reconnaître cet oxide de cuivre: il contient,

oxygène ...	20, 17	} 100.
Cuivre ...	79, 83	

ce qui correspond à un atôme de cuivre et deux atômes d'oxygène.

Il donne avec le Borax un émail vert, ou un émail brun rougeâtre, suivant qu'on expose l'essai à la flamme de réduction, ou à la flamme d'oxidation; cette réaction lui est du reste commune avec les autres mines de cuivre.

Des Sulfures de Cuivre.

Le Cuivre présente plusieurs combinaisons avec le soufre: dans une seule, le cuivre sulfuré est pur: dans les autres il est combiné à la fois avec le fer et forme des sulfures doubles.

Cuivre sulfuré.

Le Cuivre sulfuré pur est parfaitement déterminé par son Analyse. Le cuivre et le soufre se combinent artificiellement dans les proportions de 0,20 à 0,80.

Les Analyses de sulfures naturelles faites par Mondew Guenysseau ont donné à peu près le même résultat. Cette composition correspond à la formule Cu^2S indiquant que cette substance contient 2 atômes de cuivre et 1 atôme de soufre.

Le Cuivre sulfuré est également bien déterminé par sa cristallisation qui dérive d'un prisme à six faces régulier. La forme des cristaux est celle d'un prisme à six faces régulier, et d'un prisme à six faces tronqué sur les arêtes de la base; quand ces dernières facettes, font disparaître la base, le prisme à six faces est alors surmonté d'une pyramide à six faces. Quelque fois les deux pointements se trouvent réunis et forment une double pyramide opposée base à base.

La couleur du cuivre sulfuré, est le gris d'acier passant au gris de plomb; son éclat est très faible, il est presque toujours ductile et prend de l'éclat par la raclure, ce qui le distingue de du cuivre oxidulé qui donne une poussière rouge et ne prend pas d'éclat. Dans les mines de Sibérie on le trouve mélangé de fer oxidé et alors il n'est plus ductile.

Pur, il est fusible à la flamme d'une bougie, mélangé, il ne l'est plus: au chalumeau il donne une odeur de soufre et un bouton de cuivre métallique.

Cette substance présente quelquefois une forme pseudo-morphique analogue à des épis de bled.

La pesanteur spécifique varie de 54 à 56.

Les cristaux proviennent de la Sibérie, du Bamat, de la Saxe et du Cornouailles: les beaux échantillons compactes sont de la Sibérie.

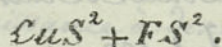
Cuivre pyriteux.

Les résultats presque identiques donnés par les nombreuses analyses du cuivre pyriteux conduisent à regarder ce minéral comme une combinaison en proportion définie de cuivre, de fer et de soufre.

M. Beudant admet que cette substance serait alors composée de

Soufre..	35	} 100 ;
Cuivre..	35	
Fer....	30	

composition qui conduirait à un bisulfure de fer et de cuivre et donnerait la formule



La cristallisation caractérise également cette substance. Sa forme ordinaire est le tétraèdre régulier; celui-ci est souvent tronqué sur ses angles ou sur ses arêtes; certains cristaux présentent une hémitropie analogue à celle qu'on observe dans les cristaux de spinelle.

Cette substance se trouve rarement cristallisée, plus souvent en masse. La couleur de la Pyrite cuivreuse est le jaune de laiton, plus jaune que le fer sulfuré. On rencontre des variétés irisées; sa dureté est assez grande, cependant la Pyrite cuivreuse, ne fait point feu au briquet; sa cassure assez inégale est indistinctement concôide. On a observé quelques clivages parallèlement au tétraèdre.

Au chalumeau ce minéral donne une odeur sulfureuse et des globules noirs en forme de scorie; en le mêlant avec du charbon, on obtient un bouton métallique; avec le Borax il donne un émail d'un assez beau vert, dans le feu de réduction.

Le cuivre pyriteux est une des mines de cuivre les plus communes: la plupart des mines de Cuivre d'Angleterre et d'Allemagne sont exploitées sur cuivre pyriteux: cette substance forme des amas et des filons.

La mine si célèbre de Falun en suède forme un amas parallèle aux couches; à Baigorry dans les Basses pyrénées, le cuivre pyriteux constitue un filon puissant. La mine de St. Bel près Chessy paraît être plutôt une couche qu'un filon, elle a cependant quelques caractères de ce dernier gisement.

Le Cuivre pyriteux subit quelque fois une décomposition dans l'intérieur des mines en passant au brun. Les Allemands l'ont décrit sous le nom de *Kupfer Schwarz*: il paraît que c'est un mélange d'oxide de cuivre et de sulfure de fer: il se réduit très difficilement au chalumeau, en donnant une scorie.

Les Cuivres sulfuré et pyriteux forment la base principale des mines de cuivre exploitées dans les schistes du Mansfeld; Cette dernière espèce est disséminée dans cette roche en parties indiscernables. Quelque fois on observe sur les tranches de petites veines ayant de l'éclat qui sont ou jaunes comme le cuivre pyriteux ou gris comme le sulfuré.

Cuivre gris.

On a réuni sous ce nom plusieurs substances qui contiennent du soufre, du cuivre, du fer, de l'arsenic et de l'antimoine: il est probable qu'il y a plusieurs espèces groupées sous ce nom. Les Analyses font penser qu'il en existe un assez grand nombre, mais on peut en distinguer deux. On les indiquera après la description générale de cette espèce. Tous ces minéraux sont d'un gris d'acier plus ou moins foncé. Les mines les moins grises contiennent de l'antimoine; les grises et les noires contiennent de l'arsenic. Tous les cuivres gris cristallisent sous la forme de tétraèdre régulier avec différentes modifications qui donnent l'octaèdre, le dodécaèdre rhomboïdal, et les autres formes qui dérivent du système régulier.

Le Cuivre gris se trouve fréquemment cristallisé: suivant sa composition, les cristaux sont vifs, éclatants et d'un gris clair ou mats et d'un gris très foncé presque noir.

La première variété contient de l'antimoine, la seconde est arsénifère. La cassure du cuivre gris antimonial est concôide, elle présente beaucoup d'éclat. Au chalumeau la variété arsénifère, donne une fumée blanche et se change en un métal cassant: la variété antimonial, donne le même résultat

avec la différence que l'on obtiens pour la première les fumées avant la fusion, et pour la dernière ces deux circonstances se manifestent simultanément, le bouton en outre est éclatant.

Cette substance est aigre et présente beaucoup de caractères qui la distinguent du cuivre sulfuré.

On a associé en outre au Cuivre gris plusieurs substances que l'on a désignées sous le nom de Bournonite; elles ont été trouvées en Allemagne et en Angleterre, et paraissent être un sulfure triple de cuivre, d'antimoine et de plomb, dont les formes sont essentiellement différentes de celles du cuivre gris. Elles cristallisent en prismes droits rectangulaires.

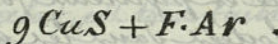
La Bournonite a d'abord été trouvée à Kapnick dans la Transylvanie; les cristaux qui proviennent de cette localité sont caméléés à l'extérieur, arrondis et vus dans le sens de leur axe, ils paraissent être une réunion de petits prismes. Les cristaux du Cornouailles et des Alpes ont la forme de tables quadrangulaires très aplatis terminés par des biseaux sur les arêtes de la base.

Les deux espèces admises par M. Beudant, sont;
le cuivre gris arsénifère ou Leucochroite;
le cuivre gris antimonifère.

La composition de la première de ces espèces serait;

Soufre	28,74
Cuivre	45,32
Fer	9,26
Arsenic	11,84
Argent	11,00

composition qui mène à la formule



La composition de la seconde est,

Soufre	28,00
Cuivre	37,75
Fer	3,25
Antimoine	22,00
Argent	0,25
Zinc	5,00

composition de laquelle il est presque impossible de conclure une formule.

La Bournonite contient

Soufre	13,50
Cuivre	16,25
Fer	13,75
Plomb	34,50
Antimoine	16,00
Argent	2,25 .

Cuivre carbonaté bleu.

Il existe deux carbonates de cuivre, l'un bleu, l'autre vert; on voit quelquefois des cristaux qui présentent ces deux couleurs réunies; cette circonstance jointe à la petite différence de composition a fait croire pendant longtemps qu'on devait les réunir sous la même espèce; mais on a reconnu depuis que ces carbonates différaient essentiellement par leur cristallisation et leur composition.

Les cristaux de cuivre carbonaté bleu dérivent d'un prisme rhomboïdal oblique de $98^{\circ}, 50'$ et $81^{\circ}, 10'$ dont la base est inclinée sur les faces latérales de $91^{\circ}, 30'$ et $88^{\circ}, 30'$. Ces cristaux présentent des modifications assez nombreuses, mais la forme primitive

est toujours dominante, de sorte qu'ils affectent la forme d'un prisme oblique. Les principales modifications résultant de troncatures sur les arêtes de la base très inclinées, coïncidant presque avec les plans de la base; et d'une facette assez inclinée placée sur les angles de la forme primitive.

Le Cuivre carbonaté bleu existe soit à l'état cristallin, soit à l'état compact; il forme aussi des masses rayonnées globuliformes, dont la surface est hérissée de rudiments de cristaux; la cassure de ces rognons n'est pas fibreuse comme celle de la plupart des substances concrétionnées. La couleur de cette espèce de cuivre carbonaté est bleu d'indigo passant quelquefois au bleu d'azur: dans les variétés concrétionnées le bleu est plus clair.

Les cristaux ont beaucoup d'éclat; la cassure est conchoïde. Le cuivre carbonaté bleu raye la chaux carbonatée, il est rayé par la chaux fluatée.

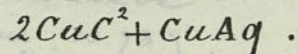
La pesanteur spécifique est 3 à 3,80.

Cette substance fait effervescence avec les acides: au chalumeau elle noircit d'abord et donne du cuivre métallique si l'expérience se fait avec le contact du charbon: avec le Borax on obtient un émail vert au feu de réduction, et un émail rouge brique au feu d'oxidation.

Le Cuivre carbonaté bleu de Chessy est composé de

Acide carbonique	25,72	oxygène	18,61	rapport	4
Oxide de cuivre	69,08		13,95		3
Eau	5,20		4,62		1

composition qui mène à la formule



Cuivre carbonaté vert.

Cette substance est rarement cristallisée, ses cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit d'environ 103° et 77° . Elle est le plus ordinairement en masses concrétionnées reniformes: dans la cassure elle présente à la fois, une texture fibreuse dans un sens et testacée dans l'autre. Ce carbonate a reçu le nom particulier de Malachrite; il est employé pour objet d'ornements, et lorsque dans sa cassure, il présente des couches alternativement foncées et claires, il est fort agréable et très estimé; les fibres sont soyeuses.

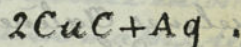
Le Cuivre carbonaté vert est peu dur, il est rayé par la chaux fluatée:

La pesanteur spécifique est 3,50.

Il fait effervescence avec les acides; au chalumeau il se fond, pétille et noircit; sur le charbon il donne un bouton métallique et avec le Borax il se réduit en émail vert, ou rouge brique, suivant le feu auquel on le soumet.

Acide carbonique	20,5	oxygène	14,83	rapport	2
Oxide de cuivre	71,7		14,46		2
Eau	7,8		6,93		1

composition qui conduit à la formule



Outre ces espèces les seules employées dans les arts pour extraire le cuivre métallique, la nature nous offre des hydrates de cuivre, des Arsénites de cuivre, des Phosphates et des Muriates.

Gisement

Gisement des Mines de Cuivre.

Les minerais de Cuivre se trouvent en filons dans les terrains primitifs, dans les terrains de transition et même dans quelques localités dans les terrains secondaires. Le Cuivre pyriteux, minerai de cuivre le plus fréquent et le plus abondant, est en outre disséminé dans certaines roches, comme, à Anglesey; il forme aussi des amas; la fameuse mine de Falun en Suède, est exploitée sur un gisement de ce genre.

À Gyromagny, le cuivre sulfuré et pyriteux se trouve en filons. — À Baigorry, le cuivre gris, le cuivre sulfuré et carbonaté existe en filons entremêlés de fragments de la roche environnante. — En Sibérie, les gîtes les plus nombreux paraissent contemporains au terrain qui les renferment. Les mines du Chili s'exploitent sur différents gisements.

Le minerai de cuivre carbonaté de Chessy est disséminé dans un terrain de grès analogue au grès bigarré: les schistes bitumineux du Mansfeld qui appartiennent aux terrains secondaires contiennent le cuivre à l'état de sulfure et de pyrite; il y est disséminé en petits amas contemporains; souvent il s'est concentré sur les empreintes nombreuses de poissons qui existent dans ce schiste.

Le cuivre gris est ordinairement argentifère, il est exploité à la fois comme mine de cuivre et mine d'argent.

Du Plomb.

Ce métal se présente sous un grand nombre de combinaisons, nous ne parlerons dans ce Résumé que de celles qui fournissent des minerais susceptibles d'être exploités en grand.

Plomb sulfuré ou Galène.

C'est le minerai le plus habituel et le plus abondant: il est composé de 16 de soufre et de 84 de plomb, composition qui correspond à un atôme de plomb et un atôme de soufre, et est représentée par la formule $Pb.Su$. La Galène se trouve en cristaux ou en masses lamelleuses. Sa cristallisation dérive du cube; les cristaux sont cubiques, et présentent les différentes modifications régulières qui dérivent de cette forme. Les plus habituelles sont le cubo-octaèdre, l'octaèdre et le dodécaèdre rhomboïdal. Le clivage est très facile parallèlement aux faces du cube; lorsque cette substance est lamelleuse, on obtient le clivage par la seule fracture.

La pesanteur spécifique = 75 à 76.

Cette substance est d'un gris de plomb très éclatant, ne tache pas les doigts; sa cassure est très lamelleuse dans les masses cristallines, rarement compacte; sa poussière est d'un gris assez clair: elle est très facile à racle et s'égrène sous le marteau: elle est fusible au chalumeau avec facilité: elle se fendille d'abord; donne une odeur sulfureuse et un culot de plomb métallique quand les vapeurs ont cessé. Quelques Galènes donnent une odeur aillée, ce qui tient à un mélange d'antimoine: quelquefois elles dégagent une odeur de rare; dans ce cas, elles sont mélangées de sélénium de plomb ce que l'on reconnaît en essayant la substance dans un tube de verre: le sélénium se sublimant en rouge cochenille.

La Galène contient habituellement une certaine quantité d'argent et sous ce rapport on dit souvent que c'est une mine d'argent; mais cette quantité quelquefois fort importante pour

les arts est toujours très peu considérable; car une Galène qui donne 5 onces d'argent au quintal de plomb peut être coupellée avec avantage pour en retirer l'Argent.

La Galène se trouve en veinules, en amas et en filons dans les terrains secondaires; mais le premier gisement est le plus important pour l'industrie.

Plomb phosphaté.

Cette substance se trouve en cristaux, et en masses concrétionnées souvent aciculaires. Sa cristallisation dérive d'un prisme hexaèdre régulier dont la hauteur est à l'apothème à peu près comme 66 est à 37: les cristaux sont des prismes hexaèdres réguliers simples, ou portant une troncation sur toutes les arêtes de la base: quand ces tronctions atteignent une limite, le cristal présente la forme d'une double pyramide posée base à base et tronquée au sommet; cette dernière variété est plus habituelle au plomb phosphaté mélangé d'une certaine quantité d'arséniaté de plomb. Cette substance présente deux couleurs différentes, l'une d'un beau vert et l'autre brune: les cristaux sont assez éclatants à l'extérieur; leur cassure vitreuse présente un éclat adamantin.

Sa pesanteur spécifique = 70.

Les analyses du phosphate de plomb ont toutes donné une certaine quantité de chlorure de plomb, qui par conséquent doit être regardé comme partie constituante de ce minéral.

Sa composition moyenne est de

Acide phosphorique	15,73	} 100.
protoxyde de plomb	74,27	
chlorure de plomb	10,05	

Au chalumeau le plomb phosphaté se fond facilement et donne un bouton polyédrique. cette substance est quelque fois argentifère.

Le gisement du plomb phosphaté est le même que celui de la Galène.

Plomb carbonaté.

La combinaison de plomb et d'acide carbonique cristallise en prisme rhomboïdal, sous l'angle de 117° et 63° . Les cristaux que présente cette substance sont des prismes plus ou moins modifiés d'abord de la forme précédente, par différentes modifications sur les angles et sur les arêtes; l'une des formes les plus habituelles est un prisme à six faces aplatis surmonté soit d'un bec, soit d'un pointement à quatre faces; le prisme à six faces dérive de la forme primitive, par le remplacement de deux des arêtes verticales par deux facettes secondaires; dans certains cas, ces prismes à six faces sont le produit de groupement de cristaux accolés dans le sens de l'axe: ce groupement est mis en évidence par un angle rentrant qui se trouve sur une des faces verticales du prisme.

Le carbonate de plomb se présente en cristaux, en masses aciculaires, en masses compactes et en masses terreuses. Dans ce dernier cas la pesanteur, et la propriété de faire effervescence avec les acides suffisent pour le distinguer.

Cette substance est une des plus éclatantes qu'on connaisse, du moins dans la cassure; l'éclat est très vif et analogue à celui du Diamant. Sa cassure est vitreuse.

M. g. 23.

Le plomb carbonaté est peu dur, il est rayé facilement par une lame d'acier; il jouit d'une réfraction très forte: sa couleur habituelle est le blanc grisâtre, ce qui lui a fait donner le nom de plomb blanc.

La pesanteur spécifique = 67.

La composition du plomb carbonaté rentre dans la loi ordi^{na} de la composition des carbonates; c'est-à-dire qu'il contient un atôme de base contre deux d'acide.

Plomb carbonaté de Leadhill;
 Acide carbonique... 16 oxygène 11,57 rapport 2
 protoxide de plomb... 82 5,88 1
 mélange et perte... 2

Le plomb carbonaté fond au chalumeau, mais avant il décrépité et jaunit: projeté sur un charbon, il donne un bouton de plomb métallique.

On a confondu pendant longtemps sous le nom de plomb carbonaté, des minéraux composés de carbonate et de sulfate: on en indique trois qui sont le plomb sulfato-carbonaté, le plomb sulfato-tricarbonaté et le plomb sulfato-carbonaté cuprifère.

Le plomb carbonaté se trouve ordinairement avec le plomb sulfuré, il est moins abondant que cette substance; cependant il existe quelque fois en quantité assez grande pour être susceptible d'une exploitation.

Outre ces espèces la nature nous offre, des combinaisons d'oxide de plomb et d'acide sulfurique, d'acide chromique, d'acide molybdique, d'acide arsenique et d'acide muriatique.

Du Zinc.

Le minéral qui fournit la presque totalité du Zinc au Commerce est le Zinc carbonaté, connu dans les arts sous le nom de Calamine: le Zinc sulfuré ou Blende peut être aussi dans certains cas employé avec avantage. Nous pensons donc utile de donner quelques détails sur ces deux combinaisons de Zinc.

Zinc sulfuré.

Ce minéral connu sous le nom de Blende est une combinaison contenant

Zinc... 67

Soufre... 33,

correspondant à un atôme de Zinc et un atôme de soufre.

La Blende se trouve en cristaux, en masses lamelleuses, ou en masses concrétionnées.

Les cristaux dérivent d'un tétraèdre régulier et affectent souvent cette forme: on l'observe aussi en dodécaèdre rhomboïdal, ce minéral possède six sens de clivage parallèlement aux faces du dodécaèdre. C'est une des substances les plus lamelleuses que l'on connaisse: cette circonstance lui donne la propriété de miroiter dans tous les sens, caractère qui suffit pour la distinguer.

La pesanteur spécifique = 4,16.

Les couleurs habituelles de la Blende sont; le jaune verdâtre et le brun hyacinthe: souvent ces deux couleurs passent de l'une à l'autre. Le Zinc sulfuré est peu dur, facile à rayer; sa cassure est toujours très lamelleuse; les lames sont souvent transparentes et presque toujours translucides: les surfaces sont très éclatantes; l'éclat est demi-métallique.

Il est infusible au chalumeau, à la température la plus élevée. Cette substance est fréquente dans les mines de plomb; elle est rarement assez abondante pour être exploitée seule.

Linc oxidé silicifère ou Silicate de Linc.

Cette substance confondue pendant longtemps avec le carbonate de Linc sous le nom de Calamine, est composée de

Silice.....	26,23	} 100 .
Oxide de Linc..	66,37	
Eau.....	7,40	

La quantité d'eau varie dans ses analyses; beaucoup de personnes supposent qu'elle n'est pas essentielle; la composition du minéral deviendrait alors,

Oxide de Linc..	72
Silice.....	28

Ce minéral se trouve en petits cristaux, en masses lamelleuses et concrétionnées; les cristaux sont de petites lames rectangulaires très minces présentant un biseau sur chaque arête de la base: sa forme primitive est un octaèdre rectangulaire dans lequel l'incidence des faces sur la base est de 120° .

Sa pesanteur spécifique = 34.

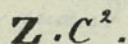
Cette substance est blanche, quelquefois incolore et translucide: elle est peu dure, facile à rayer et à pulvériser; son éclat est nacré. Un caractère qui sert pour la reconnaître est d'être soluble en gelée dans l'acide nitrique. Ce minéral est difficile à décomposer par la chaleur et ne peut être employé pour obtenir le Linc.

Linc carbonaté.

Cette combinaison de Linc est le seul minéral qui soit employé pour obtenir le Linc, il est composé de

Oxide de Linc....	65
Acide carbonique..	35,

correspondant à deux atomes d'acide carbonique et un atome d'oxide de Linc, composition représentée par le signe



Les cristaux de carbonate de Linc dérivent d'un rhomboèdre obtus dont l'angle est $107^\circ, 40'$: la couleur de cette substance est d'un blanc jaunâtre; elle est en général opaque, assez dure; sa poussière passée avec frottement sur le verre, le dépolit.

Sa pesanteur spécifique est fort variable elle passe de 36 à 43.

Le Linc carbonaté est soluble avec effervescence dans les acides, caractère qui joint aux autres le fait distinguer très facilement: il n'a aucune apparence métallique.

Les mines de Linc les plus abondantes sont dans le pays de Liège et à Carnowitz en Silésie; il en vient aussi beaucoup des Indes. Les minerais de Linc se trouvent en filons dans les terrains de transition. Le gisement le plus abondant, celui du pays de Liège, est en veines, amas et petits filons dans un calcaire dolomitique, dont l'âge n'est pas bien connue; on suppose cependant qu'il appartient au calcaire magnésien.

De l'Etain.

De l'Étain.

Ce métal se trouve dans la nature à l'état d'oxide et de sulfure : le sulfure est très rare et on n'en possède que quelques échantillons.

L'Étain oxidé est donc la seule mine qui fournisse ce métal : il est composé de

Étain 79
Oxigène . . 25 .

Il est presque toujours cristallisé ; ses cristaux dérivent d'un prisme droit à base quadrée dont la hauteur et le côté sont comme les nombres 43 et 32. Les cristaux sont des prismes à 4 faces ou à 8 surmontés de pointements à 4 ou à 8 faces. Les cristaux d'étain sont presque toujours groupés d'une manière régulière, ils sont formés de deux cristaux croisés dans une position constante ; ils présentent alors un angle rentrant qu'on désigne sous le nom de bec d'étain ; cet angle rentrant est un caractère qui fait reconnaître les cristaux d'étain. Cette substance étincelle sous le briquet, raze le verre ; est difficile à casser et à réduire en poussière ; elle n'est pas lamelleuse. Sa couleur habituelle est d'un brun hyacinthe assez analogue à celle du Grenat.

Sa pesanteur spécifique = 67.

L'Étain oxidé est infusible et très difficile à décomposer ; inattaquable par tous les réactifs excepté par la potasse caustique à une haute température.

Ce minéral se trouve dans les terrains anciens en veinules et en filons. il est disséminé dans la masse même du Granite. En Bohême on exploite avec avantage du Granite contenant $\frac{1}{200}$ d'Étain : on bocardé la masse et on sépare l'Étain par le lavage ; sa grande pesanteur spécifique rend cette opération facile.

Ce minéral se trouve fréquemment dans les alluvions anciennes comme l'Or et le Platine. L'Étain le plus pur provient de l'exploitation de ces sables stannifères ; cette pureté paraît due à sa grande inaltérabilité, tandis que les minéraux qui l'accompagnent comme les Pyrites et les arseniures sont décomposés.

De l'Antimoine.

L'Antimoine sulfuré est la seule combinaison d'Antimoine qui se trouve assez en grand dans la nature pour fournir des minerais.

Cette substance est métalloïde, d'un gris de plomb ; elle est constamment lamelleuse et brillante. Ses cristaux dérivent d'un prisme rhomboïdal droit sous l'angle de $91^{\circ} 20'$ et $88^{\circ} 40'$. Ce prisme n'est jamais simple, la base est constamment remplacée par un pointement à 4 faces.

L'Antimoine sulfuré possède un clivage net et très facile parallèlement au plan qui passe par les petites diagonales des bases.

Sa pesanteur spécifique = 4,45.

Est facilement fusible à la simple flamme d'une bougie.

Il donne par le grillage des vapeurs blanches très abondantes, qui finissent par disparaître entièrement, ce minéral est volatil dans son entier quand il n'est pas mélangé de quelques substances étrangères, telles que le fer, le plomb et l'argent.

Attaquable par l'acide nitrique, il donne un précipité blanc abondant qui est de l'acide antimoniéux.

La composition de l'Antimoine sulfureux donne

Soufre 27, 22

Antimoine 72, 28

correspondant au signe $Sb.Su^2$.

Ce minéral se trouve en filons dans les terrains anciens, la France en possède un assez grand nombre de gisements.

10^{ème} et 11^{ème} Leçon.

Des Roches.

On donne le nom de Roches à des masses minérales qui se trouvent en grand dans la nature, et sont homogènes sur toute l'étendue qu'elles constituent. Les Roches sont formées tantôt par un seul minéral comme la pierre calcaire, ou la pierre à plâtre, tantôt par la réunion de plusieurs minéraux; le Granite et le Porphyre en sont des exemples. On désigne les premières sous le nom de Roches simples, les secondes sont appelées par opposition Roches composées. Les Roches simples ont une structure intérieure qui se manifeste par la cassure; on la nomme Structure de séparation. La réunion des minéraux qui entrent dans la composition des Roches composées a lieu de différentes manières; on désigne par le nom de Structure d'aggrégation ces différents modes d'association de minéraux.

Structure de séparation.

La structure de séparation d'une Roche est appelée indéterminée lorsque cette roche se sépare indistinctement dans tous les sens.

Elle est schisteuse ou feuilletée quand la roche se divise en feuillets parallèles comme dans l'Ardoise. Le plus ordinairement, les feuillets sont parallèles aux couches du terrain et en relation directe avec la stratification. Quelquefois cependant, on voit les feuillets de la roche disposés en travers des couches ainsi que le représente la figure ci-contre. Cette disposition est dans quelques circonstances le résultat d'une modification que le terrain a éprouvée postérieurement à son dépôt: dans certaines roches, comme dans la pluspart des Grès, elle est la conséquence des conditions dans lesquelles le dépôt a eu lieu, par exemple, par des flots qui ne se seraient pas élevés plus haut que la couche.

Le plan des feuillets est souvent marqué par des paillettes de Mica et de Calc. En général lorsqu'une roche contient accidentellement des cristaux, ils sont disposés le plus ordinairement dans le sens de la stratification; la présence de ces cristaux est même un moyen que l'on consulte pour connaître la direction réelle des couches, lorsqu'elle est voilée par des fissures qui se croisent dans différents sens.



* Les Métaux, page 75, indiquée sous la lettre, 10^{ème} Leçon, se font point partie du présent Cours; ce que fait remarquer la Note qui les concerne.

La structure de séparation schisteuse, est en général le résultat de dépôts qui se sont succédés à de très petits intervalles.

Structure schisteuse
contournée.



Structure pseudo-
régulière.

On donne ce nom aux roches schisteuses qui au lieu de se diviser suivant des plans, se séparent suivant des surfaces courbes présentant des inflexions plus ou moins grandes. Quelquefois une couche à structure contournée très prononcée comme dans la figure ci-contre, est recouverte ou recouvre des couches dont la structure est, soit indéterminée, soit schisteuse plane. Cette disposition est probablement due à une pression qui a refoulé les extrémités de la couche et l'a forcée à se plier.

Les roches qui présentent des fissures dans des sens différents, disposées de telle manière que les fragments qui en résultent lorsqu'on les casse soient à peu près réguliers possèdent ce genre de structure. Ces fragments qui sont formés par la réunion de plans parallèles ont de l'analogie avec des prismes rhomboïdaux.

Les fissures qui déterminent la structure pseudo-régulière peuvent être le résultat d'un certain effort de commotion que le sol a éprouvé à la suite de grandes révolutions du globe; dans d'autres cas elles sont dues à un retrait, elles sont encore alors dans une seule et même direction parallèle à la ligne de moindre résistance.

Les Quartz compactes des Alpes qui se cassent constamment en fragments rhomboïdaux, doivent presque tous cette propriété, aux modifications qu'ils ont éprouvées depuis leur dépôt.

Les Basaltes qui affectent si fréquemment la forme de prismes en apparence, assez réguliers doivent cette disposition au retrait qu'ils ont éprouvé après le refroidissement. Ces prismes n'ont aucune régularité, ils ont tantôt 3, 5, etc... faces; diversité qui exclut toute idée de cristallisation.

Un assez grand nombre de roches présente des formes prismatiques irrégulières, tels sont la plupart des Porphyres; ils la doivent à la même cause que les Basaltes; certains Grès, les Gyppes de Mont-martre et mieux d'Argentueil, ont aussi une certaine tendance à la forme prismatique.

De la Structure d'aggrégation.

Ce genre de structure est propre aux roches composées; il indique la manière dont se groupent les minéraux qui entrent dans leur composition. La structure d'aggrégation présente les variétés suivantes.

Structure d'aggrégation
granitoïde.

Les roches formées par la réunion de minéraux cristallisés associés à peu près dans la même proportion possèdent la structure d'aggrégation granitoïde; le Granite en est le type; mais plusieurs autres roches présentent la même structure; la disposition des minéraux qui composent ces roches prouve qu'ils sont contemporains.

Structure granitoïde
rubanée.

Quelquefois dans les roches granitoïdes, les cristaux d'une même substance de Mica et de Calc, par exemple, se disposent par bandes et donnent la structure granitoïde rubanée.

Le nom de

Le nom de cette structure est tiré de la comparaison des rochers qui la présente avec les Porphyres qui en forment le type. Les rochers porphyroïdes sont composés d'une pâte compacte, dans laquelle sont disséminés des cristaux contemporains.

Certains Granites qui renferment de très grands cristaux de Feldspath, ont à la fois la structure granitoïde et porphyroïde, on les appelle des granites porphyroïdes.

Une roche a cette structure lorsqu'elle est formée d'une pâte compacte sur laquelle se dessinent des noyaux ou amandes de couleur différente que la pâte. Ces amandes sont des noyaux imparfaitement cristallins. Les Amygdaloïdes diffèrent par conséquent des porphyres seulement parce que ceux-ci contiennent des cristaux. Quand les noyaux sont de même nature que la pâte, on dit que la structure est glanduleuse. Souvent la structure intérieure de ces noyaux est tout-à-fait compacte; quelque fois on y voit des couches concentriques en partie cristallines; ce cas très rare, se rencontre dans le Granite orbiculaire de Corse.

Dans les Amygdaloïdes dont les amandes sont de nature différente de la pâte, les amandes présentent presque toujours intérieurement une disposition cristalline. Elles se séparent facilement de la pâte, et ne se ramifient pas au milieu de la roche: les Agathes et les Zéolithes forment souvent les noyaux de cette variété d'Amygdaloïdes. L'Amygdaloïde d'Oberstein dans le Duché actuel du Bas-Rhin fournit une grande partie des Agathes rubannées que l'on voit dans le Commerce.

Les rochers formés par l'association de deux substances réunies en parties à peu près égales et disposées de manière que l'une enveloppe l'autre dans tous les sens affectent une structure entrelacée. On a voulu donner à cette structure le nom d'Amygdaline. Le marbre campan composé de noyaux calcaires empâtés par un schiste argileux verdâtre est le type de cette structure. Les noyaux calcaires paraissent dans la plupart des cas appartenir à des fossiles particuliers (Nautilus) disséminés dans du schiste.

Lorsqu'une substance est dominante et que les minéraux sont mélangés d'une manière tout-à-fait irrégulière, la roche présente cette structure. Les rochers de Tade et de Diallage ainsi que celles de Calcaire et de Serpentine, en offrent des exemples.

Une roche est arénacée quand elle est composée de fragments ou de grains réunis par un ciment quelconque: si les fragments sont anguleux, la roche est une Brèche; lorsqu'ils sont arrondis et assez gros ils constituent par leur réunion un Poudingue; enfin si les fragments sont à la fois arrondis et très petits, ils forment les Grès.

Lorsque les fragments qui entrent dans la composition des rochers arénacés sont réduits à une ténuité extrême, la roche produite par leur réunion devient homogène; les argiles sont presque toutes le résultat d'une semblable action; on donne le nom de structure argileuse aux rochers analogues aux argiles; on trouve fréquemment des passages insensibles des Poudingues aux Grès, et des Grès aux argiles, qui forment le dernier échelon des rochers arénacés.

La plupart des produits volcaniques sont bulleux et scoriacés: cette structure est donc propre aux rochers de cette origine.

Structure porphyroïde.

Structure amygdaloïde.

Structure d'aggrégation entrelacée.

Structure d'aggrégation irrégulière.

Structure arénacée.

Structure argileuse.

Structure scoriacée.

Dans quelques circonstances, il est difficile de reconnaître si une roche est arénacée; pour s'en assurer, on examine si les fragments sont étrangers à la roche et différents du ciment: quand les fragments sont traversés par des filons et que ceux-ci ne se prolongent pas dans la masse de la roche; on est certain qu'ils sont antérieurs à la pâte, et que la roche est formée aux dépens de roches plus anciennes que le terrain dans lequel elle est enclavée.

Quelques Géologues au lieu de se servir de l'expression de *Roche arénacée* pour indiquer les roches dont nous nous occupons dans ce moment, emploient le mot de *Roche aggrégée*: cette dénomination est fautive, parce que les roches composées, comme les Granites, peuvent être considérées comme une aggrégation, sans cependant être des roches composées de parties plus anciennes liées par un ciment.

Classification des Roches.

Lorsque les roches sont cristallisées la manière la plus simple de les classer est de les grouper d'après leur composition, mais pour les roches de sédiment, surtout pour les roches arénacées, une classification minéralogique présenterait l'inconvénient de donner des noms différents à des roches placées exactement dans la même position géologique, et formées dans les mêmes circonstances. Supposons, par exemple, une mer qui donne des dépôts de calcaire; si, dans une partie de cette mer un courant d'eau douce apporte du sable siliceux, on aura une couche bien réglée de calcaire empâtant des grains de Quartz. Si dans la même mer il se forme en un autre point un dépôt de fragments basaltiques, on aura une couche de calcaire contenant des fragments de Basalte. Convient-il alors de faire deux roches différentes parce que dans un cas le calcaire contient des fragments de Basalte et dans l'autre du Quartz? cette division n'est pas naturelle; il est plus simple de regarder toute la couche comme du calcaire empâtant différentes substances.

Il faut donc dans la classification de ce genre de roches, étudier leur composition essentielle, et indiquer comme accidentelles les substances qui y sont simplement mélangées.

Quant aux roches arénacées, elles éprouvent de grandes variations de composition dans le même terrain; le grès houilleux est loin d'être toujours identique, tandis qu'au contraire des grès appartenant à des terrains souvent très différents sont entièrement semblables; leur classification d'après la nature des minéraux qui les composent aurait par conséquent de graves inconvénients.

La classification des roches nous paraît donc devoir être fondée sur le double principe de la composition et de la position qu'elles occupent dans la nature. Le premier s'applique particulièrement aux roches cristallisées, tandis que le second est spécial pour les roches de sédiment.

Roches Feldspathiques.

Nous commencerons l'étude des roches par celles où le Feldspath domine, parce qu'elles sont à la fois les plus nombreuses et les plus abondantes. Ce minéral à l'état cristallin entre dans la composition d'un très grand nombre de roches, et dans plusieurs états, tels que compact et résinite il forme des roches à lui seul.

Les roches où le Feldspath lamelleux domine, sont rares, peut être devrait-on les rattacher au Granite. Ces roches ne sont en réalité qu'une variété de Granite qui ne contient ni Quartz, ni Mica; elles forment seulement des veines ou des amas dans les terrains Granitiques.

La principale est le Weiss-stein ou pierre blanche, presque entièrement composée de Feldspath grenu blanc; elle contient souvent du Quartz, du Mica, quelquefois du Grenat et du Corindon. Quelques Géologues l'ont désigné sous le nom de Granulite.

Cette variété de Feldspath est le résultat de la décomposition du Feldspath lamelleux. Il ne se trouve jamais très parfaitement pur; il est mélangé ordinairement de quelques cristaux de Quartz, de Feldspath et même de Mica; mais la masse est à l'état terreux et donne son caractère à la roche; le Feldspath terreux forme des masses considérables intercalées dans les terrains Granitiques.

Cette variété de Feldspath fournit la terre à porcelaine connue dans les arts sous le nom de Kaolin.

Cette roche a été appelée quelquefois Retinite; les Allemands la désignent sous le nom de Reckstein (Pierre de poix) à cause de sa cassure et de son éclat qui sont analogues à celles de la Résine. Cette roche est associée le plus ordinairement à certains porphyres qui par leur position anormale dans les terrains paraissent y avoir été introduits à une époque postérieure à leur formation.

Le Feldspath résinite est le plus ordinairement pur, quelquefois il est mélangé de cristaux de Feldspath et de grains de Quartz. Sa composition s'éloigne beaucoup du Feldspath lamelleux: elle contient ordinairement p. % d'eau; de plus la proportion et la nature de l'Alcali que cette roche renferme varie d'une localité à l'autre; il est donc probable que l'on confond sous le nom de Résinite, des Feldspath, des Albites et des Labrador vitreux, confusion analogue à celle qui a lieu pour le Petro-silex.

C'est un Feldspath compacte tantôt pur, tantôt mélangé de cristaux, soit de Feldspath, de Mica et de Quartz.

Le Feldspath compacte forme des roches assez puissantes, mais le plus ordinairement il constitue la pâte des Porphyres; il appartient par conséquent à des terrains d'âge très différents, les Porphyres s'étant fait jour dans presque toutes les formations géologiques.

Le Petro-silex ne contient pas la quantité de potasse propre au Feldspath; quelques Petro-silex même renferme de la soude au lieu de potasse; il est donc probable que sous ce nom sont réunis à la fois des Feldspath, des Albites et des Labrador compactes.

Le Feldspath compacte renferme fréquemment des nœuds cristallins arrondis de même nature que la pâte, qui dénotent une tendance cristalline; ce Feldspath qui forme des roches assez puissantes en Corse et dans les montagnes des environs d'Edimbourg a reçu le nom de Feldspath glanduleux; on le désigne aussi sous le nom de Variolite; dans ce cas, les nœuds cristallins paraissent plus durs que la pâte; ils résistent davantage à la décomposition, et

Feldspath lamelleux.

Feldspath terreux,
Petro-silex ou Eurite
terreux.

Feldspath résinite.

Feldspath compacte
Petro-silex de Dolomieu
et Eurite de Brongniart

Feldspath compacte
glanduleux.

ils forment des inégalités à la surface de la roche; circonstance qui lui a valu le nom de Naxiolite. Il est probable que celle de la Durancie est formée de Feldspath plutôt que de Feldspath.

Quelque fois ces noyaux cristallins ont, à la fois, une structure concentrique et rayonnée, dans ce cas, la tendance cristalline est plus prononcée.

Le Granite orbiculaire de Corse est de cette espèce; Mr Brongniart l'appelle Pyroméride: ces roches sont peu nombreuses.

Le Feldspath glanduleux n'est pas pur; il est très généralement mélangé de Quartz et c'est pour cela qu'il a reçu le nom particulier de Pyroméride.

Lorsque la cristallisation peut se développer, les noyaux que présente le Feldspath glanduleux deviennent des cristaux, et la roche prend le nom de Porphyre ou Porphyre Feldspathique: ces roches sont composées d'une pâte Feldspathique et de cristaux de Feldspath: il arrive souvent que la pâte est mélangée d'un peu d'Amphibole, les Porphyres sont alors verdâtres; le Porphyre verd appartient à cette classe de roche; les Porphyres sont en général rougeâtres quand le Feldspath est pur.

Les Porphyres sont quelque fois à base de Feldspath terreux; ces derniers appartiennent à une classe particulière de porphyres associés principalement aux terrains de Grès rouge. Les Allemands les désignent sous le nom de Chou-Porphyr qui signifie Porphyre argileux.

Le Feldspath compacte contient fréquemment des grains de Quartz, mais lorsque cette substance est cristallisée et que sa proportion est un peu considérable, l'association de ces deux minéraux produit la roche désignée sous le nom de Porphyre Quartzifère. Elle se compose donc d'une pâte compacte esquilleuse, dans laquelle sont disséminés des cristaux de Quartz ayant fréquemment la forme d'une double pyramide à six faces. La pâte très souvent rouge est quelquefois bleuâtre devient dans de certaines circonstances terreuses; les Porphyres alors deviennent des Porphyres argileux ou Chou-Porphyr, dont nous avons parlé ci-dessus: on voit de nombreux exemples de cette variété de Porphyre en Saxe, dans le Cornouailles, les Porphyres Quartzifères désignés dans cette contrée par le nom d'Elvan se décomposent facilement et donnent du Kaolin un peu fusible.

Outre les cristaux de Quartz, les Porphyres Quartzifères contiennent ordinairement des cristaux de Feldspath. La pâte de ces Porphyres est souvent Albitique.

C'est à cette roche que Mr Brongniart a donné le nom d'Argilo-Porphyr.

Granites.

Ces roches sont formées d'un mélange de Feldspath, de Quartz et de Mica à l'état cristallin. Ces éléments sont susceptibles de beaucoup de variations; le Quartz y affecte rarement des formes déterminables, il est presque toujours en grains, et cependant dans quelques Granites, on distingue des sommets pyramidaux caractéristiques de cette substance.

Le Mica toujours en lames, se présente avec des couleurs différentes, il est alternativement noir, verd ou blanchâtre; un certain nombre de Granites contiennent à la fois des lamelles de ces différentes variétés de Mica.

Le Feldspath est aussi très variable dans sa structure et sa couleur; les cristaux par fois de six lignes à un pouce de longueur

Feldspath compacte porphyroïde.

Porphyre quartzifère.

présentent des facettes nombreuses, comme dans le Granite de Baveno : le plus ordinairement il est en masses lamelleuses, quelquefois il est simplement grenu : dans cette dernière circonstance le Granite est à grains fins. Les couleurs habituelles du Feldspath sont le rose et le blanc, il est quelquefois gris, bleuâtre, et dans des circonstances rares, il est d'un très beau verd.

Beaucoup de Granites contiennent à la fois deux variétés de Feldspath distinctes par leur couleur ; l'un rose, l'autre blanc verdâtre et par leur état cristallin : fréquemment ces deux espèces de Feldspath sont différentes, le rose toujours plus lamelleux est le Feldspath proprement dit ou Orthose, le second est de l'Albite.

Quand l'un de ces Feldspath se présente sous forme de grands cristaux qui se dessinent sur la pâte, on dit que le Granite est porphyrique.

Beaucoup de Granites se décomposent et donnent du Kaolin plus ou moins parfait. Cette circonstance fréquente dans les montagnes du Centre de la France, n'existe pas dans les Alpes.

Le Granite contient beaucoup de minéraux contemporains, les principaux sont la Tourmaline, l'Amphibole, le sphène, l'Étain oxydé, le Triphane, le Rutile, l'Epidote, le Molybdène sulfuré, le Corindon, les Grenats, l'Émeraude, l'Opax, le Zircon, la Pyrite, les Fers oligiste et oxidulé, la Cymophane.

Certains Granites contiennent de l'Amphibole en quantité assez considérable. Dans ce cas, le Mica est presque toujours en faible proportion ; cette substance est alors en partie remplacée par l'Amphibole ; il en résulte donc une roche particulière qu'on désigne sous le nom de Syénite. Le Quartz y est en général moins abondant que dans les Granites ; quelques Syénites sont composées exclusivement de Feldspath et d'Amphibole, cependant il est rare qu'elles soient privées entièrement de Quartz.

Les Syénites sont susceptibles de devenir Porphyroïdes et de prendre toutes les variétés qu'offrent les Granites. Elles contiennent accidentellement à peu près les mêmes minéraux que ces dernières roches ; nous mentionnerons particulièrement le Zircon qui existe avec quelque abondance dans la Syénite de Christiana en Norwège ; cette Roche que M. de Buch a nommé Syénite Zirconienne est remarquable parce qu'elle repose sur des Calcaires de transition avec fossiles ; c'est le premier exemple de la superposition d'une roche feldspathique sur des roches stratifiées ; depuis l'époque où cette découverte importante a été faite par M. de Buch, on a trouvé beaucoup d'autres exemples assez analogues.

Le Quartz ordinairement en grains dans les Granites se présente dans quelques circonstances en cristaux complets ; souvent alors le Mica manque presque complètement. Les axes des cristaux de Quartz étant parallèles entre eux, la roche présente une disposition particulière qui rappelle la forme des caractères hébraïques et lui a fait donner le nom de Granite graphique ; elle est désignée également par le mot de Pegmatite. Quand cette roche contient du Mica, il est presque toujours d'un blanc argentin. La Tourmaline est la compagne habituelle du Granite graphique, il forme fréquemment la gangue de l'Étain oxydé.

On donne ce nom à un Granite qui ne contient presque point de Feldspath ; M. Brongniart l'a désigné par le mot de Hyalomite ; cette roche accompagne fréquemment les mines d'Étain.

Syénite.

Granite graphique
ou
Pegmatite.

Greisen.

Schorl-rock.

Cette roche composée de Quartz et de Courmaline est ainsi que la suivante une dégradation du Granite: la Courmaline y remplace le Mica.

Lopas-feld.

Cette roche qui se trouve exclusivement en Saxe est composée de Lopaxe, de Quartz et de Courmaline.

Granite talqueux
ou
Protogine.

Dans certains Granites, particulièrement dans ceux des Alpes, le Mica est remplacé par du Calc. Cette roche qui est celle du Mont-blanc a été désignée par M^r de Saussure sous le nom de Protogine. Elle contient fréquemment comme les Granites ordinaires deux Feldspath, l'un lamelleux blanc-châtre est le Feldspath proprement dit, l'autre peu lamelleux et verdâtre est l'Albite. La Protogine contient fréquemment des Pyrites, de la Cymophane, du Sphène, du Molybdène sulfuré, des Grenats, du Rutile, de l'Anatase, &c...

Gneiss.

Les lames de Mica disséminées dans les Granites d'une manière irrégulière, se placent quelquefois parallèlement à un plan, de manière à produire des Zones qui donnent un aspect rubané à la roche. Elle prend alors le nom de Gneiss, ou celui de Granite rubané, ou Schisteux.

Le Gneiss est associé au Granite; souvent ces deux roches passent par degrés insensibles de l'une à l'autre. Cependant dans le plus grand nombre des cas; le Gneiss recouvre le Granite, c'est-à-dire qu'il se trouve interposé entre cette roche, et les terrains de sédiment qui sont en contact avec eux. Les Gneiss contiennent fréquemment de la Courmaline, des Grenats, du Sphène, du fer oxidulé, du Molybdène sulfuré, &c.

Gneiss talqueux.

C'est une Protogine dans laquelle le Calc est disposé par bandes.

Quand les Gneiss contiennent de l'Amphibole au lieu de Mica, ils passent à une Syénite schisteuse. Cette roche est très fréquente en Bretagne, surtout dans les environs de la ville de Nantes.

Roches micacées.

Le Mica seul ne forme point de roches; dans les Vosges, on trouve cependant des masses assez considérables qui sont presque entièrement micacées et jouent un rôle assez important; elles sont constamment en relation avec les filons métalliques et les Dolomies; cette roche qui paraît éruptive, a été désignée sous le nom de Minette.

Schiste micacée.

Le schiste micacé, Mica-schiste de M^r Brongniart, Glimmer-schiefer des Allemands, est une roche composée de Mica et de Quartz. Le Mica qui est fort abondant lui communique une structure schisteuse très prononcée. Le schiste micacé par des transitions insensibles au Gneiss, et souvent il est difficile de placer la limite entre ces deux roches. Cependant les schistes micacés sont plutôt en relation avec les terrains secondaires qu'avec les Granites, ce qui fournit une différence assez prononcée avec le Gneiss qui passe fréquemment au Granite.

Le schiste micacé renferme fréquemment de l'Amphibole de la Courmaline, des Pyrites, des Grenats, du Feldspath, des rognons de quartz laitieux, des Macles, de la Staurotide, de l'Émeraude, du Corindon, du Graphite, &c... Dans quelques schistes micacés, le Mica est remplacé par du fer oxidulé, ou

en voit un exemple à la mine de Combanègre près Villefranche d'Aveyron. Au Brésil le remplacement est fait par du fer oligiste, la roche particulière qui en résulte a reçu le nom de Itacolumite.

Roches Calqueuses.

On comprend sous cette dénomination, les roches, où le Calc domine; ce sont presque toujours des roches schisteuses qui présentent en quelque sorte la contre partie du schiste micacé.

Le schiste-calqueux ou Calc-schiste est composé de Quartz et de Calc. La distinction de cette roche et du schiste micacé est quelquefois difficile; il serait possible que fréquemment une même roche contint à la fois du Mica et du Calc.

Elles sont associées à la roche précédente. On trouve fréquemment des roches vertes en petites lames composées essentiellement de silicate de Magnésie qui ont reçu les noms de Chlorite, de Chlorite-schisteuse et de pierre Ollaire. Elles contiennent très souvent de l'Amphibole, de l'Albite, du fer oxidulé, du Disthène, des Grenats, de la Staurotide et de l'Asbeste.

Ce sont encore des roches magnésiennes qui dépendent des roches calqueuses: elles sont douces au toucher, et d'un blanc argentin.

La plupart des roches calqueuses paraissent être métamorphiques, c'est-à-dire produites par des altérations qu'elles ont éprouvées postérieurement.

Roches Amphiboliques.

L'Amphibole lamelleux peut former rarement des masses considérables à lui seul: dans ce cas cette substance est en cristaux allongés accolés longitudinalement et la roche devient schisteuse; les Allemands lui donnent alors le nom de Hornblende-schiefer que l'on peut traduire par l'expression de schiste amphibolique.

Lorsque l'Amphibole est grenu, et que la roche est schisteuse, on la désigne sous le nom d'Amphibolite. Il est rare que ces roches ne contiennent pas d'Albite, mais cette substance y est disséminée souvent en grains invisibles. Si l'Albite est discernable et en proportion un peu considérable, la roche passe à la Diorite dont nous allons donner la description, ci-dessous, en quelques lignes.

Lorsque les roches amphiboliques sont compactes, que le grain est complètement invisible, elles prennent le nom de Cornéennes ou d'Aphanite. Les Cornéennes se distinguent entre elles par les épithètes de dures ou de tendres.

Diorite, Diabase de M. Brongniart ou Grünstein de Werner; cette roche complètement cristalline est composée d'Amphibole Hornblende grenu et d'Albite lamelleux fréquent en cristaux maclés; l'angle rentrant que présentent les maclés d'Albite suffit pour les faire reconnaître. Souvent plusieurs cristaux d'Albite sont réunis ensemble et les lignes formées

Euphotide.

Schiste-calqueux
ou Calc-schiste.Chlorite-schisteuse
ou Pierre Ollaire.Stéatite
ou Schistes Stéatiteux.

Diorite.

par les macles formant des stries différemment éclairées qui fournissent un caractère très facile pour reconnaître cette substance.

Les Diorites renferment rarement du Quartz, circonstance qui les distingue des Syénites : en outre dans cette dernière roche le Feldspath beaucoup plus lamelleux que l'Albite est presque toujours rose. Les Diorites contiennent accidentellement du Mica, des Grenats, des Emeraudes, des Pyrites et du fer oxidulé. Cette dernière substance y est très fréquente.

M^r. Gust. Rose a trouvé dans l'Oural des Diorites à très grands cristaux d'Amphibole ; ces cristaux lui ont souvent présenté une circonstance singulière, c'est de posséder le clivage du Pyroxène, avec la forme extérieure de l'Amphibole ; cette disposition particulière l'avait conduit à réunir l'Amphibole et le Pyroxène en une seule espèce sous le nom d'Ouralite ; mais la composition de ces minéraux est trop différente pour que l'on admette la réunion proposée par M^r. Rose.

Cette roche présente une pâte qui est compacte verdâtre et dans laquelle sont disséminés des cristaux d'Amphibole et d'Albite : rarement cette dernière substance est lamelleuse, néanmoins on peut encore y reconnaître des macles. Elle présente toujours aussi une légère teinte verte. Cette roche contient quelquefois des cristaux dodécédres, du Mica, des Pyrites, du fer oxidulé et des Pyrites cuivreuses. Les mines de fer de Suède, et la mine de Cuivre de Fahlun sont exploitées dans ce terrain.

Dans quelques circonstances, la Diorite porphyroïde contient des veinules de chaux carbonatée ; elle fait alors effervescence. Il existe une roche de cette nature à Schemnitz en Hongrie, et dans les environs de Morlaix en Bretagne ; cette dernière a reçu le nom de *Fringline*.

Les Ophites des Pyrénées sont presque toutes des Diorites porphyroïdes, quelques-unes appartiennent aux roches dites Pyroxéniques.

Un grand nombre d'Amygdaloïdes et de Variolites, particulièrement celles du Drac dans le Département de l'Isère, dans lesquelles sont de chaux carbonatée paraissent appartenir à cette espèce de Diorite.

Le Porphyre vert de Corse est également une Diorite.

Roches hypersthéniques.

Les Roches hypersthéniques ou Syénites hypersthéniques sont formées par un mélange de Labrador et d'Hypersthène, substance particulière qui a de l'analogie avec le Pyroxène, mais qui s'en distingue par son éclat brouillé et son clivage.

Le Labrador y est dominant ; les cristaux de couleur très variable sont ordinairement blancs. Ces roches sont à grains fins, il est difficile de les distinguer des Diorites, des Dolérites et des Mélaphyres. Mais le Labrador n'étant pas complètement silicaté, on ne trouve jamais de Quartz dans les roches d'Hypersthène, tandis qu'il est fréquent dans les Diorites. La facilité du clivage de l'Hypersthène donne un moyen de distinguer les roches qui en sont composées de celles qui contiennent du Pyroxène.

Diorite porphyroïde,
ou
Porphyre dioritique.

Diorite amygdaloïde.

Roches de Jade.

C'est un mélange grenu et à gros grains de Diallage et d'un Feldspath particulier dont la nature n'est pas bien connue, auquel nous avons donné le nom de Jade. M^r Rose, le regarde comme un Labrador, mais il a une cassure compacte esquilleuse, tandis que le Labrador est au contraire très lamelleux: le Jade est ordinairement très dominant, surtout dans les Euphotides des Alpes; dans celles de Corse le Diallage est en proportion assez considérable; la belle couleur verte qu'il possède dans cette roche lui a fait donner le nom de Verde di Corsica. L'Euphotide porte aussi quelquefois le nom de Galbo; on se sert particulièrement de cette dénomination en Toscane, où cette roche est assez abondante.

Le Diallage s'associe quelquefois à l'Amphibole: certains porphyres paraissent être à base de Jade: Cette substance alors colorée en vert clair, contient des cristaux mal terminés qui appartiennent peut-être au Labrador. Quand ils sont arrondis, la roche devient amygdalaire. La Variolite de la Durance en offre un exemple; la pâte est Jadienne, mais les noyaux qui sont verdâtres ne présentent pas de tissu lamelleux.

Roches de Serpentine.

La Serpentine forme des masses puissantes intercalées dans les terrains à des époques très modernes; elles forment une chaîne presque continue sur le revers méridional des Alpes, ces mêmes masses serpentines ressortent dans un grand nombre de points des Appennins surtout aux environs de Gènes. Cette roche est fréquemment associée à l'Euphotide. La Serpentine presque toujours pure, admet comme minéraux accidentels du Jade, du Labrador, du Diallage disséminé quelquefois d'une manière assez homogène, de l'Asbeste en petits filons, de l'Amphibole, des Grenats, de la Pyrite, du fer oxidulé et du Fer chromé. La serpentine est la gangue habituelle de ce dernier minéral, qui fournit le chrome aux arts. Le fer chromé y forme des amas plus ou moins considérables, c'est aussi le chrome qui colore la serpentine en vert.

La Serpentine contient fréquemment des veines irrégulières de calcaire. L'opposition de ces deux nuances donne à la roche un aspect fort agréable, elle est alors exploitée pour Marbre. M^r Brongniart a donné à cette roche le nom d'Ophiolite.

Roches Trachytiques.

Les Trachytes constituent un ordre de volcan particulier dont les produits ne paraissent pas avoir coulé; ils se sont élevés du sein de la terre à l'état pâteux fréquemment sous forme de montagnes arrondies ou en dômes. Cependant ils ont aussi formé des nappes, mais toujours épaisses et qui paraissent s'être répandues sur un sol horizontal: il résulte de ces circonstances que les Trachytes se sont refroidis lentement, et qu'ils ont cristallisés à la manière des Granites. Ces roches sont formées principalement d'un Feldspath particulier, connu anciennement sous le nom de Feldspath vitreux, et que M^r Just. Rose a appelé Ryacolite. Cette substance à l'état de petits cristaux forme une pâte âpre au toucher, et remplie de Cellosités dans laquelle on distingue des cristaux qui donnent à la roche une apparence porphyroïde. Le

Euphotide.

Obsidienne.

Calcaire granitique.

Calcaire micacé.

Calcaire porphyroïde.

Pierre-Ponce.

Porphyre trachytique.

Chert.

Granite.

Trachytes.

Porphyre en trachyte.

Porphyre augitique.

Rhyacolite est associé à de l'Albite, également en petits cristaux: dans quelques Crachytes comme ceux de la Hongrie, cette dernière substance paraît d'après M. Beudant former la masse principale; il en est de même dans les Andes: il y aurait donc des Crachytes de différentes espèces, et ce nom indiquerait plutôt un genre de roches, qu'une roche particulière. On a désigné quelquefois sous le nom d'Andésite, les Crachytes Albitiques. Les Crachytes contiennent de l'Amphibole, du Pyroxène et du Mica. On y trouve accidentellement du fer oxidulé titanifère en très petits cristaux, du Périodot, de la Fluorine, &c..

Les Crachytes présentent plusieurs variétés dont les principales sont:

Crachites granitoïdes.

Ils ressemblent beaucoup aux Granites par le mélange assez homogène des cristaux. Ils contiennent de l'Amphibole et du Mica.

Crachytes micacés amphiboliques.

Ce sont les précédents dans lesquels ces deux substances sont assez abondantes pour donner un aspect particulier à la roche: ils sont fréquents en Hongrie.

Crachytes porphyroïdes.

Ces roches sont des Crachytes dans lesquelles il existe des cristaux de Rhyacolite assez considérables qui se dessinent sur une pâte composée de petits cristaux microscopiques: les Crachytes du Mont-dore sont de cette nature.

Gorphyres Crachytiques.

On donne ce nom à des Crachytes à grains extrêmement fins presque compactes dans lesquels sont enclavés des grains de Quartz ordinairement assez petits: ces Gorphyres ressemblent souvent aux porphyres quartzifères. M. Beudant annonce qu'ils sont abondants dans les terrains Crachytiques de Hongrie.

Dôme.

C'est un Crachyte à grains très fins, se désagrégant entre les doigts et ayant un aspect vitreux: mais examiné à la loupe, on reconnaît qu'il est composé d'une multitude de petits cristaux, il est très âpre au toucher, contient quelques paillettes de Mica et des lamelles d'Amphibole; d'après sa composition, le Feldspath qu'il contient paraît être de Rhyacolite; on n'y distingue pas de grains de Quartz, cependant la Dôme contient de la Silice en excès. Cette roche forme la montagne du Guy de Dôme, de son entier, on la retrouve dans les groupes du Mont Dore et du Cantal.

Phonolite.

Cette roche paraît être un Crachyte mélangé avec une Tréolithe, du moins l'analyse indique qu'elle est formée d'une partie soluble dans les acides dont la composition se rapproche de celle de la Médotype, et d'une partie insoluble analogue au Rhyacolite. Les Phonolites sont des roches à la fois tabulaires et schisteuses; dans le Mont Dore, une masse de Phonolite exploitée pour Ardoises grossières a reçu le nom de Roche thuière: leur cassure est esquilleuse, elles sont très sonores sous le marteau, cette circonstance particulière, leur a fait donner en Allemand le nom de *Klingstein*, (Pierre sonore).

Berlite ou Berlstein.

Les terrains Crachytiques sont associés dans quelques cas, notamment en Hongrie avec des roches vitreuses, grisées, composées de globules plus ou moins réguliers, dont la cassure est quelquefois rayonnée plus souvent testacée, et qui ont une

certaine analogie, avec des perles par leur couleur et leur éclat; les *Basaltes* ont une composition analogue à celle des *Trachytes*, il est donc probable que leur texture particulière est due aux circonstances qui ont accompagné leur refroidissement; ils contiennent accidentellement des cristaux d'*Albite* et de *Rhyacolite*, des paillettes de *Mica*, de l'*Amphibole* et même des cristaux de *Quartz* bi-pyramidés.

L'*Obsidienne* est un verre volcanique ressemblant à un laitier de haut-fourneau, elle est d'un verd noirâtre très foncé; elle contient accidentellement du *Péridot*, du *Pyroxène* et des cristaux de *Rhyacolite*. Cette roche passe quelquefois au *Trachyte*; le tuf ponceux d'*Alstoni*, près de *Naples* contient beaucoup de fragments de *Trachyte* dont la pâte vitreuse est analogue à l'*Obsidienne*. Dans certains cas, cette roche devient bulleuse, et dégénère en ponce. L'*Obsidienne* se boursouffle très fortement au chalumeau, sa composition indique tantôt de la potasse, de la soude, ou ces deux alcalis à la fois. Elle appartient donc à la classe de *Feldspath*, mais le plus ordinairement, elle paraît représenter le *Rhyacolite*.

L'*Obsidienne* ressemble au *Pétinite*, ou *Feldspath* vitreux, mais cette dernière beaucoup plus ancienne est associée au *Porphyre Quartzifère*.

La pierre Ponce paraît être de l'*Obsidienne* très bulleuse; elle présente au plus haut degré l'âpreté des *Trachytes*; elle contient souvent des cristaux de *Rhyacolite*.

Roches Pyroxéniques.

La plupart de ces roches contiennent plus de *Labrador* que de *Pyroxène*, mais celui-ci étant noir, les colore fortement, et leur donne un caractère particulier.

Cette roche est la seule qui soit composée exclusivement de *Pyroxène*; elle est d'un verd assez clair, sa cassure est esquilleuse, on distingue dans les petites fentes qui la traversent, ou dans les *Grôdes* qui y existent des cristaux de *Pyroxène*.

La *Sherzolite* forment des mamelons, des petites collines isolées, au milieu du terrain de transition et des terrains secondaires des *Pyénées*; elle est donc fort moderne; l'étang de *Sherz* dans les montagnes de l'*Arriège* est adossé à une colline de cette nature, et son nom est emprunté à cette localité.

C'est un mélange grenu de cristaux de *Labrador* et de *Pyroxène* ayant une texture granitoïde; le *Labrador* est lamelleux mais sans forme, on voit fréquemment des stries longitudinales qui annoncent que cette substance est à l'état de masses. Les *Dolérites* contiennent des cristaux de fer-oxidulé et de l'*Amphibole*; cette dernière circonstance, quelquefois les fait ressembler à la *Diabase*, mais cette roche est métallique.

On rappellera que le *Labrador* a beaucoup d'analogie avec l'*Albite*, mais ce dernier minéral est inattaquable par les acides, tandis que le *Labrador* est soluble dans l'acide muriatique et l'acide sulfurique.

Ils sont composés des mêmes éléments que les *Dolérites*, seulement leur état est différent; ils présentent une pâte presque compacte, mais formée en réalité par de très petits cristaux de

Obsidienne.

Pierre-Ponce.

Sherzolite.

Dolérite.

Mélaphyre ou Porphyre augitique.

Labrador et de Pyroxène mélangés, sur laquelle se dessinent des cristaux plus grande que ces deux substances. Le Labrador est prédominant, sa proportion varie dans la pâte. Les cristaux de cette substance n'y sont pas généralement transparents, ils sont simplement translucides. Les cristaux de Pyroxène ordinairement nets et bien déterminés sont très lamelleux.

Ces Porphyres renferment souvent des Pyrites, mais jamais des grains de Quartz, circonstance qui les distingue des Porphyres ordinaires. Il ne renferme pas de Péridot.

Les Mélaphyres sont quelquefois amygdaloïdes; les amandes sont composées d'Arragonite, de Léolithes diverses, d'Épidote verte, et d'Algate.

Basalte.

Il est composé comme la Dolérite de cristaux de Pyroxène et de Labrador mélangés intimement, mais d'une grande ténuité, ce qui leur donne une apparence de compacité; ils sont par conséquent analogues à la pâte des mélaphyres. Il existe du reste une grande différence entre ces deux roches, les Mélaphyres sont beaucoup plus anciens que les Basaltes, et n'appartiennent pas aux terrains volcaniques, comme cette dernière roche, ainsi que les Dolérites.

Le Labrador ne forme pas de cristaux isolés dans le Basalte, le Pyroxène, y est au contraire très souvent à cet état. On y trouve habituellement des grains cristallins de Péridot dont la couleur jaune verdâtre contraste fortement avec le noir bleuâtre du Basalte; la présence du Péridot est caractéristique du Basalte. Cette roche volcanique contient du fer oxidulé titanimifère, de l'Amphibole, des Pyrites, du Zircon, du Mica noir, &c. Lorsque elle se présente sous la forme d'Amygdaloïde, les noyaux sont tantôt d'Arragonite, de Néotype, Stillite, et même d'Algate.

Outre ces minéraux intimement mélangés dans le Basalte, cette roche empâte fréquemment des fragments de roches, tels que Granite, Gneiss, Quartz, et calcaire.

Le Basalte possède fréquemment la forme prismatique; ils se décomposent fréquemment en masses sphéroïdales.

Les Basaltes passent souvent aux laves Basaltiques, aux scories et aux tufs Basaltiques, ainsi qu'à des argiles particulières désignées sous le nom de Wackes.

Plusieurs laves volcaniques se rapprochent beaucoup des Basaltes.

Crapp.

Ce sont des roches dont les éléments sont indiscernables, et qui présentent beaucoup d'analogie avec la pâte des Porphyres Dioritiques et des Porphyres Pyroxéniques. On n'en connaît pas la constitution, et à mesure qu'on aura étudié davantage cette classe de roche, leur nombre diminuera. Elles possèdent fréquemment la division prismatique, souvent elles sont amygdaloïdes, et les noyaux qu'elles renferment sont composés de Léolithes, d'Algate, de Chabasie, &c., et même de Strontiane sulfatée.

Quelquefois les Crapps contiennent des cristaux blancs, appartenant au groupe Feldspathique; ceux en filons dans le terrain bouillou du Comté de Durham en Angleterre offrent cette circonstance particulière.

Roches

Roches de Quartz.

Le Quartz hyalin, ne forme pas de roches à lui seul, mais il entre ainsi que nous l'avons vu dans un grand nombre de roches, principalement dans les Granites; on trouve quelquefois cependant des roches qui presque entièrement Quartzense offrent seulement quelques poaillettes de Mica, et ayant une disposition schisteuse, elles paraissent être une dégradation du schiste micacé. Au Brésil le Quartz hyalin associé avec le fer oxidulé et le fer oligiste forme une roche à laquelle on a donné le nom d'Itacolumite tiré du lieu où elle s'est rencontrée.

Quartz hyalin.

Il constitue des couches nombreuses dans les Alpes. Dans beaucoup de circonstances, ce Quartz compacte paraît n'être qu'un Grès; Saussure l'avait d'abord regardé comme tel: mélangé de Mica et de Calc il devient quelquefois très schisteux. Ses feuillettes de cette roche sont très plans, et comme souvent ils ont seulement quelques lignes d'épaisseur; elle est employée alors pour Dalles et même quelquefois comme Ardoises. Elle existe au petit St. Bernard. Ces Quartz sont quelquefois tachetés d'Amphibole.

Quartz compacte.

Le Quartz compacte ou Quartzite de la Bretagne et des Pyrénées dépend des terrains de transition; celui des Alpes est beaucoup plus moderne, il appartient au terrain de Sias. Les uns et les autres sont de véritables Grès dont les grains ne sont pas discernables.

Il est appelé par les Allemands Kiesel schiefer, il forme des couches dans les terrains de transition: ce Quartz qui est toujours d'un beau noir, est ordinairement traversé par de nombreuses veines de Quartz blanc. Cette roche est moins abondante que le Quartz compacte, elle se trouve dans les Pyrénées; elle est appelée schiste siliceux par M^r de Charpentier.

Quartz Lydien

Il forme des petites couches au milieu des calcaires du Jura et dans le terrain de Craie; mais sa manière d'être la plus habituelle, est en rognons dans ces deux terrains. Ces rognons souvent disposés sur la même ligne constituent par leur ensemble de véritables couches de Silex qui font partie essentielle des terrains qui les contiennent. Une variété de Quartz silex, désignée le plus ordinairement sous le nom de Meulière se trouve aussi en masses puissantes plus ou moins continues. Dans les terrains tertiaires des environs de Paris, on donne quelquefois le nom de Chert à des Silex opaques, et mélangés intimement d'un peu de Chaux carbonatée; les Cherts sont abondants dans le terrain de Grès vert.

Quartz silex.

Il peut être rangé parmi les roches; il se trouve dans les mêmes circonstances que le Quartz silex.

Quartz résinite.

Est un Quartz compacte, mélangé de parties argileuses, il est opaque, et ordinairement fortement coloré en rouge, en vert, ou en noir. Le Jaspé forme comme les Silex des couches discontinues à la partie inférieure du Calcaire du Jura.

Jaspé.

Des Calcaires.

On donne le nom de Calcaire aux roches composées de chaux carbonatée.

Cette substance peut être pure ou mélangée à l'état cristallin, saccharoïde, compacte ou terreux.

Pure, elle forme des Calcaires saccharoïdes ou compactes.

Mélangée, elle peut contenir une infinité de substances: les mélanges habituels sont de l'argile et du carbonate de Magnésie. Lorsque cette dernière substance est en proportion variable, elle forme des calcaires magnésiens, quand le carbonate de magnésie est en proportion définie, de manière qu'il y ait un atôme de carbonate de chaux et un atôme de carbonate de magnésie, il en résulte une roche particulière à laquelle on a donné le nom de Dolomie en l'honneur de Dolomieu qui l'a fait connaître le premier.

La chaux carbonatée fibreuse et la chaux carbonatée cristallisée ne forment pas de roches; elles sont toujours accidentelles.

Calcaires saccharoïdes.

Ils sont gros ou à petite graine. Les marbres statuaires grecs, particulièrement le Pentélique est à très gros grains, presque lamelleux, celui de Carrare au contraire est grenu.

Les calcaires saccharoïdes constituent les marbres statuaires, comme ils ne renferment pas de fossiles, on les a très longtemps regardés comme primitifs. La plupart sont assez modernes; leur état cristallin est dû à un métamorphisme qu'ils ont éprouvé. Le marbre de Carrare employé presque exclusivement par les statuaires est associé au Lias.

Les calcaires saccharoïdes renferment quelquefois des grains de Quartz et des cristaux d'Albite. Quand ces cristaux sont nombreux, la roche prend le nom de Calciphyre. On trouve aussi dans les calcaires saccharoïdes du Grenat, du Pyroxène, du Mica, du Calc, des Pyrites, du fer oxidulé, de la Crémolite et de la Horn blende: dans ce dernier cas ils passent à l'Hématite. Les marbres cipoline sont des calcaires saccharoïdes devenus rubannés par la présence du Mica.

Outre les véritables Calcaires saccharoïdes, il existe des calcaires qui contiennent une grande quantité de lamelles, quelquefois assez nombreuses pour faire croire que la roche est saccharoïde: mais ces lamelles sont dues à des fossiles qui ont été remplacés par du calcaire spathique: pour les distinguer du calcaire saccharoïde on les appelle Calcaires sublamellaires.

Calcaires compactes.

Cette substance est très abondante dans tous les terrains excepté dans les primitifs. Les caractères extérieurs ne suffisent pas pour distinguer le terrain auquel ils appartiennent; il faut pour le connaître observer leur position géologique.

Le calcaire compacte, renferme fréquemment du sable disséminé, de l'argile, du fer et du bitume; suivant ces mélanges, il est terreux, ou coloré différemment: quelquefois, il est feuilleté comme schisteux.

Dans les terrains de transition, le Calcaire compacte est ordinairement esquilleux et translucide sur les bords.

Outre

Outre cette variété, les terrains de transition renferment aussi des calcaires compactes purs. Lorsqu'ils sont purs, ils ont une cassure esquilleuse et conchoïde à la fois; quand ils sont mélangés, leur cassure est fréquemment terreuse. On leur donne des noms en rapport avec leur position géologique; nous allons indiquer les principaux.

Au dessus du terrain houilleux, on trouve en Allemagne un Calcaire compacte argileux, de couleur foncée associé avec des Marnes; il est désigné dans le pays sous le nom de Zechstein. On avait cru que le Calcaire qui forme une partie des Alpes correspondait à celui qui nous occupe; cette circonstance a été cause que les noms de Zechstein et de Calcaire Alpin ont été longtemps synonymes. On a conservé exclusivement le nom de Zechstein au calcaire placé au dessus du terrain houilleux et au dessous du grès rouge; le calcaire des Alpes de formation plus moderne appartient tantôt au Lias, tantôt à la Craie. En Angleterre, on trouve dans une position correspondante au Zechstein un calcaire renfermant de la Magnésie en proportion variable; on lui a donné alors le nom de Calcaire magnésifère.

Au dessus du Zechstein et à la séparation du Grès bigarré et des Marnes irisées, il existe quelque fois un calcaire que les Allemands appellent Muschelkalk (calcaire coquilleux): ce calcaire caractérisé par certains fossiles, est gris de fumée, clair, compacte, souvent un peu esquilleux.

La formation calcaire qui succède à celle-ci, est le Calcaire à Gryphites que les Anglais appellent Lias. Le Calcaire à Gryphites est ordinairement gris, bleuâtre, souvent argileux, et pénétré de filons spathiques dans tous les sens, ce calcaire renferme beaucoup de fossiles particuliers, entre autres la Gryphée arquée qui lui donne son nom.

Les formations Oolitiques supérieures à la précédente contiennent des calcaires jaunâtres compactes et des calcaires oolitiques; ces derniers sont composés de petits grains ronds, semblables à des œufs de poisson. Les calcaires désignés sous les noms de Jurassiques et Oolitiques contiennent fréquemment une assez grande quantité de corps organisés à l'état spathique: ce mélange donne quelque fois à la roche une structure lamellaire qui ne lui est pas propre.

Quand les coquilles ont conservé leur ténacité, le calcaire offre par fois des reflets nacrés, qui font que dans quelques cas, cette roche présente un aspect assez agréable, il fournit alors un marbre particulier appelé Suchanelle.

Le terrain de Craie le plus moderne des terrains secondaires, présente souvent des calcaires blancs terreux qui ont reçu le nom particulier de Craie: mais cette roche essentielle au bassin de Paris, et en général du Nord de l'Europe ne se retrouve presque jamais dans les formations Crétacées des Alpes et des Pyrénées; dans ces localités au contraire, elles se composent en partie de calcaire compacte noir, qui se rapproche par ses caractères extérieurs des calcaires de formations beaucoup plus anciennes.

Les Terrains tertiaires contiennent deux Calcaires principaux que l'on désigne par les noms de Calcaire grossier et de Calcaire d'eau douce.

Calcaire grossier.

Il appartient à l'assise inférieure des Terrains tertiaires et doit son nom à la texture lâche qu'il présente; il est tendre, terreux, jaunâtre, il renferme souvent du sable, de l'Argile et beaucoup de débris de corps organisés. Il est caractérisé par la présence de Moulés de Cérètes, en quantité souvent telle que la roche est comme formée par l'agglomération de ces coquilles. Le calcaire grossier contient en outre une infinité d'autres fossiles, c'est la formation la plus riche en corps organisés.

Calcaire d'eau douce.

Est ainsi appelé parce qu'il contient exclusivement des fossiles d'eau douce: ce calcaire est compacte, blanc, à cassure conchoïde; il est caractérisé par la présence d'une infinité de cellules disposées verticalement; on dirait autant de canaux qui ont servi au dégagement des gaz qui ont traversé le calcaire au moment où il se déposait. Cette disposition donne au calcaire d'eau douce, une apparence tout-à-fait particulière. Quelques fois ce calcaire contient de la silice, cette substance disséminée dans la pâte y forme aussi de petites concrétions analogues aux agathes. On désigne alors cette roche sous le nom de Calcaire siliceux.

Calcaire marneux.

C'est un calcaire mélangé d'Argile, ayant l'aspect terreux et se dilatant facilement.

Calcaire bitumineux.

Quand le Bitume est en quantité un peu considérable, le calcaire est coloré en brun: il présente un aspect terreux et exhale une odeur pénétrante.

Dolomies.

Outre les calcaires que nous venons d'indiquer, on trouve encore dans les terrains secondaires, une roche confondue longtemps avec eux, composée d'un atôme de carbonate de chaux et d'un atôme de carbonate de magnésie désignée sous le nom de Dolomie: cette roche existe dans tous les terrains secondaires, elle y occupe en général des positions anormales. Les Dolomies présentent des variétés de texture analogues à celles des Calcaires.

Dolomies saccharoïdes.

Elles se composent de petits cristaux rhomboïdaux groupés entre eux, et laissant des intervalles comme des cristaux de sucre-candi. Quelque fois les grains sont très petits, la roche est alors grenue et ressemble à un grès mais l'éclat nacré qu'elle présente habituellement décelé sa nature. Elle se désaggrège et s'égrène souvent en sable; la couleur est jaunâtre clair.

La Dolomie du St. Gothard est d'un bleu blanc, elle est mélangée de cristaux de Crémolite (Amphibole blanc): on y trouve aussi du Corindon, des Tourmalines, du Mica, du fer oxidulé, du Calc, du Pyroxène, &c.

Dolomies compactes.

Elles sont très compactes, à cassure largement conchoïde, et sans esquilles. Souvent elles sont cavernueuses, et dans ce cas, elles contiennent des parties friables qui sont de la Dolomie terreuse. La formation du Calcaire magnésien de l'Angleterre présente ce double caractère.

Roches de Chaux sulfatée.

La Chaux sulfatée ou Gypse forme des couches dans le terrain de Grès bigarré, elle y alterne avec des Marnes. Le Gypse existe surtout en grande abondance dans les terrains modernes comme ceux de Paris; la montagne de Montmartre en est presque entièrement composée: dans ces terrains le Gypse est mélangé d'une certaine quantité de calcaire, il se présente en petits cristaux disséminés dans la roche qui est alors grasse. On le désigne sous le nom de Gypse calcaireux.

Le Gypse forme en outre des amas considérables dans plusieurs terrains; leur position anormale fait présumer que ils sont postérieurs aux terrains auxquels ils sont associés.

La Chaux sulfatée anhydre ou Anhydrite forme aussi des masses considérables, on la trouve principalement dans les Alpes. La mine de Sel de Bex près de Genève est exploitée sur un filon de Sel gemme disséminé dans un amas d'Anhydrite.

Le Sel gemme, le fer carbonaté, le fer oxidé rouge, le fer hydraté, le silicate de fer sont encore des substances qui forment des couches plus ou moins puissantes.

Nous ajouterons à cette nomenclature la Houille, le Bois bitumineux et la Courbe quoique ces substances soient le résultat du transport et de la décomposition des végétaux.

La Houille constitue des couches dans le terrain auquel elle a donné son nom.

Les Bois bitumineux désignés le plus ordinairement sous le nom de Lignites se trouvent dans tous les terrains supérieurs au terrain houiller.

La Courbe existe à la surface du sol, elle se forme journellement, et constitue des couches régulières.

Des Laves.

Les roches volcaniques sont sorties du sein de la terre à l'état liquide et se sont répandues en nappes en général assez minces sur les contreforts des volcans. Cette double circonstance a donné des caractères particuliers à ces roches. Elles conservent à la fois des traces du mouvement et de l'état fluide dans lequel elles se trouvaient. Ces roches sont bulleuses, scoriacées, étirées, quelquefois même torquées; par leur nature elles se rapprochent des Basaltes et des Trachytes, mais elles ne sont pas cristallisées comme ces deux roches et par suite on les groupe ensemble sous le nom de Laves. Quand elles sont très bulleuses, on les appelle Scories; on les désigne sous le nom de Lapilli, lorsqu'elles sont en petits fragments, et sous celui de Cendres quand elles sont en poussière fine.

Roches arénacées.

On donne le nom d'Arénacées aux roches formées par la réunion de fragments anguleux ou roulés cimentés entre eux par une pâte, en général de nature différente des fragments, et toujours postérieure.

Ces roches sont donc formées aux dépens de roches plus anciennement détruites, soit par les révolutions successives que le globe a éprouvées, soit par les causes qui agissent tous les jours: les roches arénacées prennent des noms différents

suivant la forme des fragments et suivant leur grosseur. On les appelle Brèches quand les fragments sont anguleux; Poudingues lorsque les fragments sont arrondis et qu'ils ont une certaine grosseur, enfin on leur donne le nom de Grès lorsque les fragments sont à l'état de petits grains.

Ces différentes roches arénacées contiennent des fragments durs résistants et toujours visibles; mais il en est d'autres dont les éléments sont tellement ternes qu'elles ont une apparence homogène, telles sont les argiles formées pour ainsi dire de vase solidifiée. L'origine de la plupart d'entre elles est donc analogue à celle des roches arénacées; il en est de même des schistes argileux qui présentent un passage à l'argile. Seulement des causes postérieures ont donné à ces roches la solidité qu'elles possèdent et la fossilité qui les distingue.

On doit mentionner à part, certaines roches arénacées que l'on désigne sous le nom de Conglomérats. Elles sont formées par l'action de roches en fusion qui ont passé à travers des roches fissurées. L'action du frottement détache des fragments qui l'arrondissent bientôt et sont ensuite empâtés par la masse ignée qui s'est refroidie. On donne à ces Conglomérats le nom impropre de Tufs, et suivant les roches qui les ont produits on les appelle Tufs trachytiques, Basaltiques ou Trappéens. La soudure de la roche avec les fragments étant souvent parfaite, on voit un passage insensible entre la pâte qui est Porphyrique, et les fragments; le Grès rouge, nous offre un exemple de cette disposition; le plus ordinairement dans les Conglomérats, la pâte et les fragments sont de même nature; dans le Cantal, par exemple, la plupart des Trachytes, sont à l'état de Conglomérat trachytique.

Les roches arénacées ayant une origine commune, il est naturel qu'elles aient toutes une certaine ressemblance, aussi trouve-t-on dans des terrains d'âges géologiques très éloignés des grès presque identiques; d'un autre côté les grès étant formés de roches très diverses on rencontre quelque fois dans la même formation des grès dont les caractères extérieurs sont très variables. Cette circonstance apporte une grande difficulté dans la classification de roches arénacées. Quelques Géologues ont essayé de les classer par la nature et la grosseur des Galets: nous préférons les indiquer suivant leur position géologique; cette méthode présente l'avantage de grouper ensemble les roches appartenant à un même terrain, et qui jouent le même rôle dans la nature.

Nous placerons en tête de cette énumération une roche dont la position géologique n'est pas connue, que les Marbriers appellent Brèche universelle.

Brèche universelle.

Elle est composée de fragments de roches anciennes, de Granite, de Porphyre, de... reliées par un ciment de Feldspath compacte ou Petro-silex; elle vient d'Egypte, et appartient probablement aux terrains de transition.

Grauwacke.

C'est la Roche arénacée des terrains de transition; elle est composée de fragments de roches anciennes et d'un ciment grisâtre composée tantôt de schiste argileux, tantôt d'argile. Dans quelques circonstances particulières ce ciment est de schiste micacé, de schiste talqueux et même d'une roche compacte analogue à du Feldspath. Dans ce cas, la Grauwacke a été soumise à quelques causes qui ont altéré ses caractères et ont communiqué à la pâte une texture cristalline. Les fragments contenus dans la Grauwacke sont ordinairement

De Granite, de Porphyre, de Schiste micacé, de Schiste argileux, de Quartz, &c.; quelque fois les fragments ou galets sont assez gros et forment par leur réunion un Boulingue; le plus ordinairement les galets sont très petits et la Grauwacke est dite à grains fins. Dans beaucoup de circonstances les fragments de Mica sont dominants, et comme ces fragments sont toujours à l'état de petites lamelles, ils se déposent sur leur face plate et donnent naissance à de petits lits de Mica qui communiquent à la roche la structure schisteuse, on la désigne alors sous le nom de Grauwacke schisteuse. Cette dernière roche passe par degrés insensibles à des Schistes argileux qui sont également le résultat d'un dépôt sédimentaire.

La Grauwacke est généralement grise, circonstance d'où elle tire son nom; cependant quelque fois elle est rouge, comme dans les terrains de transition de l'Angleterre. Les Géologues de ce pays ont même appelé vieux grès rouge, ces Grauwackes, par opposition au nouveau grès rouge qui est contemporain au grès bigarré. Il existe dans les Alpes des roches ayant tous les caractères extérieurs des Grauwackes; elles ont été décrites jusqu'à présent sous ce nom, mais comme elles appartiennent à des terrains plus modernes, on ne doit plus les réunir avec ces roches qui sont exclusives aux terrains de transition. M. d'Arbois dans son Traité de Géologie a substitué le mot de Craumate à celui de Grauwacke.

Il est formé aux dépens des roches anciennes et contient un grand nombre de Galets siliceux réunis par un ciment argileux, souvent très micacé. Dans certaines localités le Grès houilleux est composé en grande partie de fragments de Granite; on l'a appelé pour cela Granite recomposé; il contient beaucoup de Mica; cette substance y est fréquemment déposée par couches et donne au Grès une structure schisteuse; il ressemble alors à certains Schistes micacés; mais le Mica ne miroite que dans le sens de la stratification; tandis que dans les Schistes micacés, les lamelles de Mica, sont disposées dans toutes les directions: ce caractère suffit pour distinguer ces Roches arénacées des Schistes des terrains anciens.

Le Grès houilleux est analogue à la Grauwacke, seulement le ciment est moins solide et ne passe jamais au Schiste micacé ou argileux. Les Grès houilleux schisteux passent à des argiles schisteuses et à des Schistes bitumineux par des dégradations insensibles. Les Schistes et les Argiles du terrain houilleux sont des Grès à grains extrêmement fins.

Souvent confondu avec le Grès houilleux il est composé d'un ciment marneux et sablonneux coloré par de l'oxide rouge de fer, et de Galets de Quartz hyalin, et de Quartz Lydien: les Allemands l'ont appelé Rothe tôte liegende (base morte rouge). Les caractères extérieurs du Grès rouge l'ont fait confondre avec plusieurs autres Grès colorés en rouge par de l'oxide de fer; mais sa position est très distincte, il présente en outre une circonstance remarquable, c'est d'être presque constamment associé à des Porphyres qui se fondent dans la pâte, de sorte que souvent on pourrait dire que le Grès rouge est à pâte de Porphyre.

Le Grès bigarré est à grains fins renfermant des noyaux assez gros de Quartz; le ciment est sablonneux et

Grès houilleux.

Grès rouge.

Grès bigarré.

M. g. 29.

ferrugineux; la couleur plus ordinairement rouge est quelque fois verte; elle varie souvent dans le même échantillon: c'est à cette variation de couleur qu'est dû le nom de Grès bigarré.

Grès associé au Lias.

On placera ici un Grès associé au Lias, composé de petits grains siliceux et d'un ciment blanchâtre argileux: les Allemands le désignent sous le nom de Quadersand Stein parce qu'il est employé comme Pierre de taille.

Grès vert.

Est placé à la partie inférieure des formations crétacées et est remarquable par la grande quantité de points verts qu'il renferme: ces grains composés de silicate de fer ayant été par erreur assimilés à de la Chlorite, on a désigné ce Grès sous le nom de Craie Chlorite, actuellement synonyme de Grès vert: on lui donne aussi le nom de Cuffan ou de Craie Cuffan. Le Grès vert est composé de grains siliceux et de ciment calcaire ou marneux; quelque fois aussi il est tout à fait siliceux.

Les terrains tertiaires contiennent aussi des couches nombreuses de Grès. On en trouve à la partie inférieure de ces terrains, à la hauteur de l'Argile plastique et du calcaire grossier; ils sont composés de grains siliceux reliés par un ciment argileux: souvent ces Grès sont représentés par des couches de sable siliceux entièrement incohérent.

Grès de Fontainebleau.

Le Grès le plus important des terrains tertiaires est celui qui sépare les terrains tertiaires inférieurs des terrains tertiaires moyens, et qui dans le bassin de Paris est placé au dessus du Gypse et au dessous du Calcaire d'eau douce. La Forêt de Fontainebleau est composée de ce Grès, circonstance qui lui fait donner le nom de Grès de Fontainebleau. Cette roche est composée de grains siliceux et d'une pâte argileuse ou calcaire; quelque fois elle est siliceuse; dans ce dernier cas le Grès est très dur et ne peut servir au passage.

La roche appelée Molasse correspond à peu près au Grès de Fontainebleau; en Suisse, elle contient souvent des galets assez gros. La pâte de la Molasse étant peu solide, cette roche présente une série de pointes saillantes qui lui a fait donner le nom de Flagel flue, par sa comparaison avec une muraille garnie de clous.

À la suite des Grès nous devons mentionner les Sables siliceux qui forment des couches puissantes: souvent le Grès de Fontainebleau est à cet état; c'est à l'incohérence que présentent ces sables que sont dus les beaux mouvements de terrain de la Forêt de Fontainebleau; on trouve des couches de sables dans des formations très différentes, elles existent cependant principalement dans les terrains tertiaires.

Brèches calcaires.

Outre les différentes roches arenacées que nous venons d'énumérer on trouve fréquemment des Brèches calcaires. Elles existent dans toutes les formations depuis les terrains de transition jusques aux terrains tertiaires; ces Brèches sont ordinairement composées de fragments anguleux de calcaire reliés par un ciment calcaire: dans un grand nombre de circonstances les fragments calcaires appartiennent au terrain même qui renferme les Brèches; il en résulte que ces roches ont été formées sur place, ou par des causes qui ont

agi pendant que le terrain se déposait, ou qui postérieurement ont broyé et agglutiné presque en même temps les fragments qui se formaient.

On a donné ce nom à un Grès composé d'éléments de Feldspath et de Quartz, intercalés constamment à la séparation des terrains anciens et des terrains secondaires. Quelques Géologues ont annoncé que les Arkoses se trouvaient à la hauteur du Grès bigarré, mais on connaît de l'Arkose dans tous les terrains.

Arkose.

Des Argiles et des Marnes.

Les Argiles et les Marnes étant le produit de dépôts boueux, on conçoit que ces substances doivent exister dans presque tous les terrains; elles succèdent aux Grès dont elles sont toujours une conséquence. On distingue spécialement;

Les Marnes irisées qui alternent avec le Grès bigarré et sont comme cette roche caractérisées par une variété de couleurs.

Les Marnes du Liex en général très bitumineuses et fortement colorées en noir.

Les Marnes d'eau douce abondantes dans les terrains tertiaires alternent avec les calcaires d'eau douce.

Parmi les Argiles on doit indiquer l'Argile d'Oxford, l'Argile de Kimeridge et l'Argile Plastique. Les deux premières marquent la séparation des différentes assises des formations Jurassiques.

L'Argile Plastique placée à la séparation des terrains crétacés et des terrains tertiaires, a été désignée sous ce nom parce qu'elle fournit généralement une bonne terre pour la poterie. Cette dernière formation argileuse contient une grande quantité de lignites, quelquefois assez abondants pour être exploités.

Note sur la différence de formation des Roches.

Les Roches se présentent dans la nature avec des différences de gisement remarquables qui conduisent à attribuer leur origine à deux causes distinctes.

Les unes composées d'éléments cristallins, ne forment point de couches distinctes. Elles sont en masses considérables, produites d'un seul jet et par voie de cristallisation: l'absence complète de fossiles, jointe à plusieurs autres caractères, notamment leur analogie avec les roches volcaniques ont fait admettre généralement qu'elles étaient produites par le feu. On les désigne indifféremment sous les noms de roches anciennes, primitives, cristallisées et même ignées.

Les autres roches disposées par couches régulières, contiennent à la fois des fossiles végétaux et animaux, et alternent en outre avec des roches arénacées; elles ont été évidemment déposées sous l'eau, par une action lente et successive. Ces roches qui ont reçu le nom de Roches de sédiment formeraient une chaîne continue depuis les terrains les plus anciens, jusqu'aux terrains les plus modernes, si leurs dépôts n'avaient

par être interrompue par l'arrivée au jour des roches ignées, qui se sont introduites dans les terrains à des époques diverses.

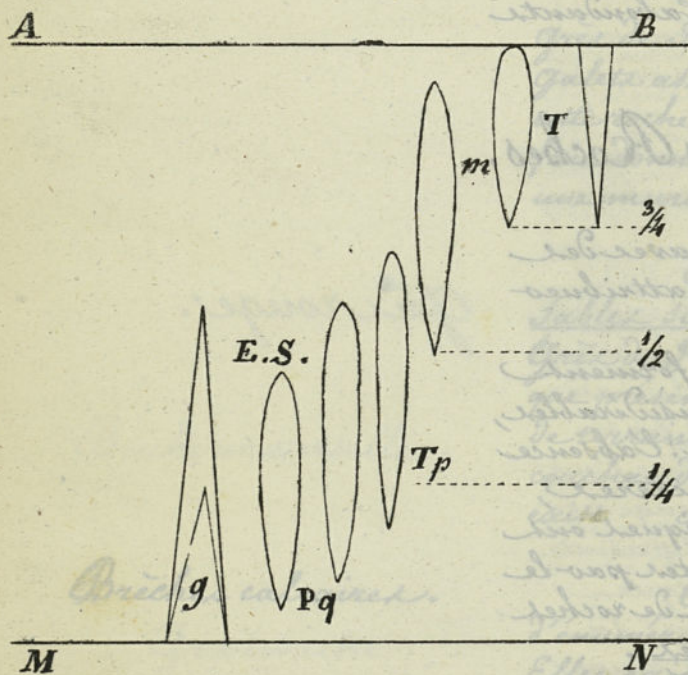
Les roches ignées quoique produites par la même cause sont arrivées au jour à des états différents, de sorte que leurs caractères extérieurs varient beaucoup et que les masses qu'elles composent affectent des formes et des dispositions différentes.

Les Granites et les Trachytes arrivés au jour à l'état pâteux, n'ont point coulé et ne sont point accompagnés de scories. Ils ne sont pas répandus au loin, de sorte que les filons qu'ils constituent n'ont qu'une faible étendue et sont toujours terminés en pointes obtuses. Ces deux roches ne se présentent pas tout-à-fait sous les mêmes formes. Les Trachytes constituent généralement des montagnes en dômes. Les Granites affectent quelque fois cette disposition, mais la plus ordinairement ils constituent des chaînes longues et étendues, comme les Alpes et les Pyrénées; le phénomène qui les a produits est donc plus général et s'est fait sentir sur des espaces plus considérables. Une grande différence entre les Trachytes et les Granites, c'est que ces dernières roches ne sont pas accompagnées de Conglomérats.

Les Trappes et les Basaltes plus fusibles que les roches précédentes, forment à la surface du sol des nappes minces et étendues; ils sont arrivés au jour par de simples feux et sont accompagnés de scories.

Les Porphyres Quartzifères forment des filons qui sont très étendus; ils ont par conséquent été très fluides; leur émission n'a pas été accompagnée de scories, mais elle a donné lieu à des Conglomérats abondants.

Ces roches ignées ont apparu au jour à des époques différentes; en général on peut dire que les roches avec excès de bases sont les plus modernes, et que celles qui contiennent de la silice en excès sont les plus anciennes.



On peut remarquer par la figure ci contre l'ancienneté de ces roches et la durée de leur émission. Soit AB une ligne correspondant à l'époque actuelle; M, N une autre indiquant l'époque la plus ancienne à laquelle les roches ignées se sont produites.

Le Basalte B a commencé environ vers le dernier quart des dépôts des terrains de sédiment, c'est-à-dire à la hauteur de la partie supérieure de la Craie, si l'on regarde les roches du Vicentin qui contiennent du Péridot comme Basaltiques. Dans tous les cas, les Basaltes sont fort rares à cette époque, ce qu'indique très bien la forme aigue de la figure qui les représente. Ils n'ont commencé à se produire avec abondance que vers la fin des terrains tertiaires, et il paraît qu'il s'en forme encore; nous indiquons cette circonstance en ouvrant l'angle qui se rapporte à la formation de cette roche.

Le Trachite T a commencé à peu près à la même époque que le Basalte, il a été surtout abondant aux dernières époques de la formation du globe; nous terminerons donc la figure qui le représente par une pointe obtuse.

Les Mélapshires M ont commencé plutôt que les Crachytes et ont fini un peu avant l'époque actuelle.

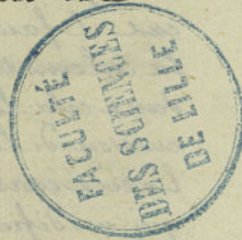
Les Crapps T₂ ont paru pour la première fois environ vers le premier quart des dépôts de sédiments, les terrains houillers sont traversés par ces roches qui ont été très abondantes vers l'époque du grès rouge, et ne paraissent pas s'être prolongés au delà. En effet les filons Crappésiens si abondants dans les terrains houillers, ne se retrouvent point dans le Calcaire magnésien. On voit en Angleterre ce calcaire recouvrir à la fois le terrain houiller en couches inclinées et les filons de Crapp. On ne connaît pas de Crapp dans les terrains tertiaires; on en a indiqué dans la Craie, c'est-à-dire vers le commencement du Basalte.

Les Serpentines et les Euphotides S.E sont encore un peu plus anciennes et se prolongent même loin dans l'échelle géologique.

Les Corphyres Quartzifères Pq ont commencé à paraître lors des dépôts des terrains de transition, principalement du terrain Silurien, et ils se sont prolongés à peu près jusqu'à l'époque des premières éruptions du Mélapshire.

Les Granites G très abondants aux premières époques de la formation du globe se sont prolongés assez avant dans le dépôt des terrains de sédiments; toute fois leur émission, considérable dans les premières périodes géologiques, a beaucoup diminué à mesure que les terrains de sédiments ont acquis de l'épaisseur; on a indiqué cette circonstance en donnant à la figure qui les représente la forme d'un cône allongé. On trouve cependant des granites intercalés dans des terrains beaucoup plus modernes que la figure ne semble l'indiquer, mais ils paraissent y avoir été introduits postérieurement à leur formation.

12^{ème} Leçon.



De la Cuisson de la Chaux. Des Fourneaux à chaux et des Fourneaux à préparer les Pouzzolanes artificielles.

La pierre à Chaux est un sous-carbonate de chaux plus ou moins mélangé de substances étrangères, qui quelque fois lui donnent des propriétés particulières; pour rendre cette pierre propre à la fabrication des mortiers, il faut la débarrasser de l'acide carbonique qu'elle contient, ce que l'on fait par la calcination.

Cette décomposition du calcaire a lieu à la chaleur rouge; elle serait assez prompte si la pierre était broyée en poudre, ou réduite à la grosseur d'une noisette; mais sa réduction en petits fragments étant presque toujours dispendieuse on soumet ordinairement à la calcination des fragments d'une certaine grosseur tels qu'ils proviennent des carrières. On conçoit alors qu'il faut que la température de l'intérieur des fourneaux soit supérieure à celle qu'exige la décomposition moléculaire.

m. g. 30.

Lorsque le Calcaire que l'on calcine est pur, le degré de cuisson est indifférent puisqu'il ne peut y avoir d'autre résultat que de chasser entièrement l'acide carbonique; mais si la pierre à chaux est mélangée de matières étrangères, telles que silice, Alumine, Oxyde de fer, Manganèse, &c... l'action du feu pourrait si la température est très élevée opérer une combinaison entre la chaux produite et ces différentes autres substances, par suite de laquelle la chaux éprouvera un commencement de fusion. Elle ne sera plus alors susceptible de fusion dans l'eau et aura perdu une partie de ses propriétés.

On doit donc varier la méthode employée pour la cuisson de la pierre à chaux suivant la nature et le tissu de la pierre qu'on a à sa disposition: plusieurs autres circonstances ont aussi une grande influence sur cette opération et peuvent l'accélérer; ainsi la présence de l'eau en vapeur favorise singulièrement le dégagement de l'acide carbonique, de sorte que de la pierre à chaux portée au rouge et qui ne laisse pas encore échapper une bulle d'acide carbonique, se décompose avec activité dès qu'on y projette dessus un courant de vapeur, et la décomposition s'arrête aussitôt qu'on cesse cette introduction de vapeur. Le résultat de cette action est un hydrate de chaux décomposable lui-même par la chaleur. M. Petot a mis cette propriété à profit dans les fours à chaux, qu'il a construits à Brest, et sur lesquels nous donnerons bientôt quelques détails.

Le contact de l'air n'est pas indispensable pour la cuisson de la chaux, il exerce cependant une influence utile pour la cuisson du calcaire argileux. Dans tous les cas il faut que les gaz qui s'échappent du calcaire par la calcination n'éprouvent pas d'obstacle dans leur mouvement, sans cela la décomposition en serait retardée. Lorsque la cuisson de la chaux n'est pas complète, c'est-à-dire que tout l'acide carbonique n'est point chassé, il se forme des incrustations qui modifient en partie les propriétés de la chaux grasse, et la rendent susceptible de faire prise avec l'eau. Une circonstance assez singulière que présentent les sous-carbonates produits par une cuisson imparfaite de la chaux, c'est d'être beaucoup plus difficiles à réduire complètement en chaux par une seconde calcination que les carbonates neutres; ce fait justifie l'opinion des Chauffourniers qu'il est impossible de transformer en chaux la pierre qui s'est refroidie avant le terme de la cuisson.

Des Four à chaux.

La Cuisson de la Chaux s'opère dans des fours de formes assez différentes suivant les pays et les combustibles que l'on emploie. Ces fours se divisent en deux classes distinctes;

- les fours à cuisson périodique,
- les fours à cuisson continue.

Fours à cuisson
périodique.

Dans les fours à cuisson périodique, le combustible et la pierre à chaux sont chargés séparément, et l'on met dans le fourneau toute la pierre qui doit être cuite dans une fournée; on ne retire la chaux que lorsque le feu est éteint et que le four est refroidi.

Les Fourneaux à cuisson continue se chargent indéfiniment ; on enlève par leur partie inférieure la chaux au feu et à mesure qu'elle est calcinée ; tandis qu'on ajoute à leur partie supérieure de la pierre à chaux. Ces fourneaux peuvent être chauffés indifféremment avec du bois ou de la houille ; dans ce dernier cas on stratifie le calcaire et la houille, de manière à former des couches successives de l'un et de l'autre.

Cette dernière méthode présente une assez grande économie, mais elle paraît nuisible à la qualité de la chaux dont elle altère les propriétés à cause du mélange des cendres de la houille. La cuisson à la houille est en outre sujette à quelques difficultés qui n'existent point lorsqu'on emploie du bois ou des fagots, surtout lorsque le calcaire que l'on calcine est argileux ; un léger changement dans la direction et l'intensité du vent retarde ou accélère le tirage et produit des mouvements irréguliers qui nuisent à la régularité de la cuisson.

L'emploi des fourneaux à cuisson continue apporte une assez grande économie dans la dépense en combustible, ce qui tient à ce qu'il n'est pas nécessaire de chauffer de nouveau à chaque opération toute la masse intérieure du four. Avec la houille, cet avantage est considérable, mais quand les fourneaux sont chauffés au bois, la combustion ayant ordinairement lieu dans un foyer particulier, il existe des inconvénients qui compensent en partie l'avantage produit par la continuité de l'opération.

Les fourneaux à chaux ont des formes très variables, ils sont ;

- 1°. en prismes rectangulaires droits ;
- 2°. cylindriques ;
- 3°. cylindriques dans leur partie inférieure surmontée d'un cône droit légèrement tronqué ;
- 4°. en tronc de cône droit renversé ;
- 5°. enfin ils présentent la forme d'un ellipsoïde de révolution tronqué à ses extrémités.

Nous n'entrerons pas dans des détails sur la construction des fourneaux ; nous dirons seulement quelques mots sur la différence de leur emploi.

Les fourneaux rectangulaires sont principalement en usage dans le midi de la France ; ils servent en même temps à la cuisson de la chaux et de la brique : le calcaire est placé à la partie inférieure, la brique occupe le dessus.

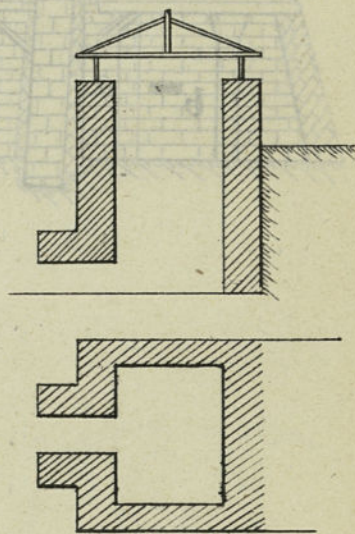
Les fourneaux cylindriques sont généralement employés sur les travaux qui consomment une grande quantité de chaux en peu de temps ; on les appelle fourneaux de campagne. Leur construction est expéditive et économique, mais précaire ; sur une voûte en ogive ou en cul de four, on élève, en forme de tour, un haut massif de pierre calcaire, qu'on enveloppe d'une chemise de terre battue, et maintient extérieurement par un clayonnage grossier, dans lequel on a soin de ménager une ouverture pour introduire le feu sous la voûte.

Les fourneaux de la troisième et de la cinquième forme sont spécialement destinés à la cuisson à la houille.

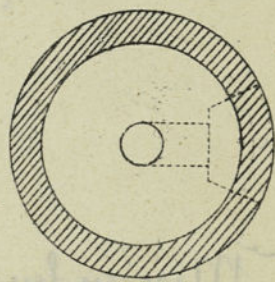
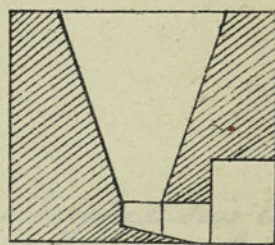
Dans la Mayenne on fait une grande consommation de chaux pour l'agriculture ; cette industrie y est portée à un assez haut degré de perfectionnement, ce qui m'engage à vous donner quelques détails circonstanciés sur les fourneaux employés dans ce pays. Ils sont tous à cuisson continue et construits à peu près d'après le même modèle. Leur

Fourneaux à cuisson continue.

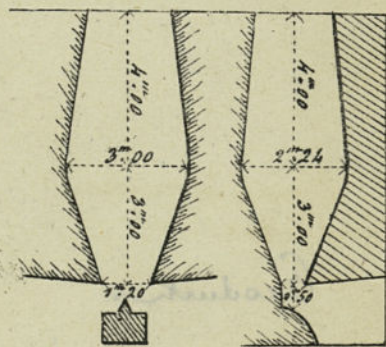
Fourneaux prismatique propre à la cuisson de la Chaux et de la Brique.

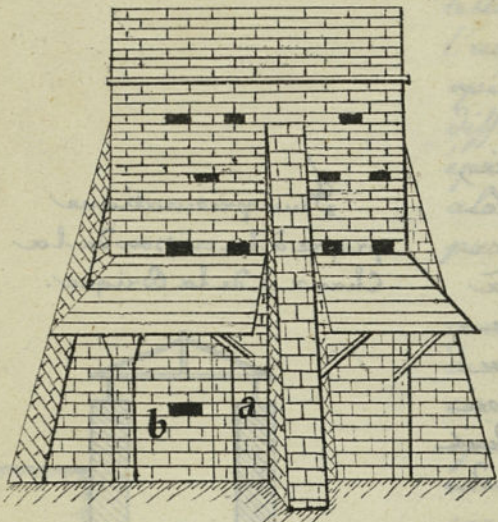


Fourneaux conique ordinaire à houille et à feu continu.



Fourneaux ovoïdes à houilles et à feu continu.



Four de S^t Berthevin.

forme extérieure ordinairement celle d'un tronc de cône, est quelque fois d'un tronc de pyramide quadrangulaire flanquée de trois contreforts. La cuve est un ovoïde tronqué aux deux bouts; elle communique à l'extérieur par trois canaux (a) qui débouchent dans les embrasures (b). On donne aux fours des dimensions variables suivant la quantité de chaux qu'ils doivent produire journellement.

À S^t Berthevin, les fours donnent par jour depuis 12 jusqu'à 50 pipes (la pipe contient 5 hectolitres). Les dimensions adoptées pour la plupart des fours, sont;

hauteur depuis le fond jusqu'à l'orifice supérieur	34 ^p à 38 ^p
Largeur, maximum du vuide au ventre	15 à 16
Quelquefois	8
Diamètre de la plate-forme, en y comprenant les murs	34 à 36

Dimensions des ambeaux de décharge 1^p 8^p sur 1^p 3^p.

Le dernier four construit à S^t Berthevin qui date de l'année 1838 a 34 pieds pour hauteur de la cuve sur 16 pieds de large au ventre. Les cinq autres fours existant dans la même localité, n'ont que 15 pieds au ventre; dans d'autres points, on a au contraire rétréci un peu la largeur de la cuve, mais toujours sans sortir des limites indiquées ci-dessus. Ces proportions n'ont pas été déterminées par des expériences comparatives; mais les Constructeurs de fours les regardent comme très favorables à une production économique.

Les fours sont toujours adossés à un escarpement; ils sont quelque fois séparés, mais le plus souvent groupés deux à deux: ils sont construits en pierre calcaire, sauf la chemise qui est ordinairement en schiste argileux. Un four de dimensions ordinaires coûte de 3 500 à 4 000 francs, et peut au moyen d'une légère réparation annuelle faite au massif, durer une quarantaine d'années. La chemise qui doit être renouvelée tous les 3 ou 4 ans coûte 300 francs.

Tous les fours, ceux mêmes récemment construits, sont très lézardés, ce qui tient, à ce que l'opération de la mise en feu, qui doit être renouvelée tous les ans (les fours ne fonctionnant pas toute l'année) n'est point conduite avec assez de ménagement; peut-être aussi les canaux qui sont pratiqués pour le dégagement de l'humidité ne sont point assez nombreux.

Mise en feu.

Pour mettre en feu, on remplit les fours jusqu'au milieu, d'un mélange de fagots, de gros bois et de charbon, on place par dessus des lits de charbon et de pierre de 1 pied à 1 pied $\frac{1}{2}$ d'épaisseur et on termine par un dernier lit de pierres de 6 pieds environ. On met le feu par le bas; le niveau de la charge ne tarde pas à s'abaisser à cause du tassement, et de la diminution du volume réel: on entretient le four plein en ajoutant du charbon et du calcaire: c'est ordinairement au bout de 36 heures qu'on commence à tirer de la pierre par le bas: Les premières pierres qu'on extrait n'ont subi qu'une calcination incomplète.

Produit.

Le produit journalier d'un four de capacité moyenne marchant régulièrement, varie de 15 à 30 pipes (75 à 150 hectolitres). Le Chauffournier peut, au reste, ralentir

l'opération à son gré, ou même l'interrompre tout-à-fait en empêchant l'accès de l'air : cette condition est indispensable, afin qu'il ne se forme pas d'incrusts. On rencontre quelquefois des fours étouffés ainsi depuis deux ou trois semaines.

Les Ouvriers Chauffourniers sont payés au mois, le maître à raison de 55 francs, et les deux Aides à raison de 45 francs.

Il est impossible d'indiquer exactement le rapport du charbon consommé à la chaux produite. La qualité du charbon de la Mayenne, qui est de l'Anthracite du terrain de transition varie beaucoup, par des mélanges de schiste. Il en résulte que la consommation du combustible, varie entre des limites bien larges; et en effet, tandis que dans certains fours la mesure contenant 200 hectolitres de charbon, cuit 130 pipes (650 hectolitres) de calcaire, dans d'autres elle n'en cuit que 90 pipes ou 450 hectolitres. Il est même impossible jusqu'à présent de fixer, pour un four en particulier, pour un calcaire et un combustible donnés les proportions relatives les plus convenables : les Chauffourniers étant forcés, par le peu de richesse de la plupart des exploitations d'Anthracite, de s'adresser tantôt à une mine, tantôt à une autre : réduite ainsi à changer fréquemment de combustible, ils ne peuvent faire des essais pour arriver au dosage le plus avantageux : c'est cependant une question capitale pour eux et pour les cultivateurs que celle d'une réduction de la consommation du combustible, dont le prix déjà fort élevé, prouve constamment un mouvement ascensionnel, par l'augmentation croissante de l'emploi de la chaux.

Le charbon de terre de bonne qualité vaut maintenant (Août 1838) moyennement 450 francs, ce qui revient à 2.25^e l'hectolitre, prix à peu près du charbon de S. Etienne pris sur le carreau des mines.

M. Petot, Ingénieur des Ponts et Ch^{ms}, attaché au service des constructions de Brest, a fait des expériences sur la forme à donner à l'intérieur des fours à chaux. Je vais vous indiquer les résultats principaux qu'il a consignés sur ce sujet dans un Ouvrage qu'il a publié sous le titre de Recherches sur la Chauffournerie faites au port de Brest ; j'ajouterai ensuite quelques détails sur la forme des fours que ces principes l'ont conduit à adopter. Je ferai connaître les fours indiqués par M. Vicat, pour rendre la cuisson plus uniforme.

Les recherches de M. Petot, s'étendent seulement à la construction des fours à chaux à feu discontinu, alimentés par du bois, ou par des fagots.

Il commence par remarquer que dans les fours à parois cylindriques la déperdition de chaleur est plus grande que dans ceux à parois rentrantes, attendu qu'il résulte de cette forme un superflu toujours croissant de section d'écoulement, superflu nuisible à l'uniformité du chauffage.

Après avoir admis en principe que les parois du four doivent être rentrantes depuis la base jusqu'à l'extrémité supérieure de la charge, il démontre que pour une section horizontale quelconque la forme circulaire est plus avantageuse;

Salaires.

Consommation.

Recherches sur la
Chauffournerie faites
au port de Brest.

m. g. 31.

car c'est celle qui renferme la plus grande surface dans les moindres limites et qui par conséquent perd le moins de chaleur pour une contenance donnée : c'est en outre cette forme qui présente le plus de résistance à la poussée du dehors au dedans, et peut être même le plus de chance pour l'égalité de répartition de la chaleur du moins dans les parties qui sont voisines du foyer et exposées au rayonnement.

Le principe que nous venons de poser détermine la forme à donner aux coupes horizontales des fours à chaux, examinons maintenant l'influence de la hauteur de la charge. L'effet utile du combustible augmente en même temps que la hauteur de la charge, il en résulterait donc que l'on ne craint point de donner aux fours une hauteur trop grande, mais d'un autre côté la flamme se refroidissant rapidement à mesure qu'elle s'élève, elle doit céder des quantités inégales de chaleur dans des espaces parcourus égaux ; d'où il résulte que la vitesse du chauffage diminue en raison de la distance au foyer, et par suite que la cuisson de la pierre est d'autant plus imparfaite que les fours sont plus élevés : on doit donc retrancher comme excédant au moins inutile toute la hauteur où la calcination n'est point encore terminée ; et cette hauteur dépend de la nature du calcaire. En effet lorsque le calcaire est pur on peut donner au bas du fourneau une température supérieure à celle nécessaire à la cuisson de la pierre à chaux, afin que la cuisson puisse s'opérer à une distance plus grande du foyer, mais lorsque la chaux est mélangée d'argile, elle se vitrifierait par une chaleur trop forte ; on peut donc poser en principe, que

- » moins la température finale doit être élevée, moins il
- » faut de hauteur de charge ; qu'il en faut d'autant
- » moins que les corps à échauffer sont plus fusibles,
- » moins pour une argile creuse que pour un calcaire
- » mélangé, moins pour celui-ci que pour le calcaire pur. »

L'inégale répartition de la chaleur dans le sens vertical présente donc des inconvénients très graves qu'il serait très utile de pouvoir corriger ; le premier moyen qui se présente à l'esprit consiste dans un triage de la pierre calcaire, de telle manière que les fragments les plus gros qui exigent plus de temps pour la cuisson soient placés au bas du four tandis que les petits forment la partie supérieure de la charge. Mais l'avantage que cette disposition présente est très borné, car il faut éviter d'une part les blocs trop volumineux, ceux par exemple, qui dépassent 0^m.20 d'épaisseur parce que leur surface serait surcalcinée avant que le centre eût atteint le degré convenable de chaleur ; et d'autre part, les fragments trop menus parce que leur cassage exige une main-d'œuvre très dispendieuse.

Un second moyen consiste à modérer la grande chaleur qui se manifeste jusqu'à une certaine distance du foyer, en introduisant de la vapeur d'eau ; et ce moyen devient admissible si l'on constate que l'action chimique développée sur le carbonate de chaux compense ce qu'un abaissement de température fait perdre en effet utile.

Mais le moyen préférable, c'est d'employer un système de fours à compartiments ; c'est-à-dire d'établir un premier four avec une hauteur de charge ordinaire ; puis un second sur le prolongement des mêmes parois, muni également d'un foyer ; de telle sorte que le feu devant cesser d'une part, on puisse le continuer de l'autre et achever ainsi la calcination.

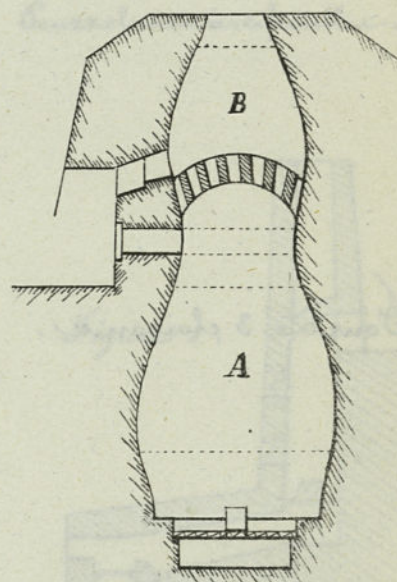
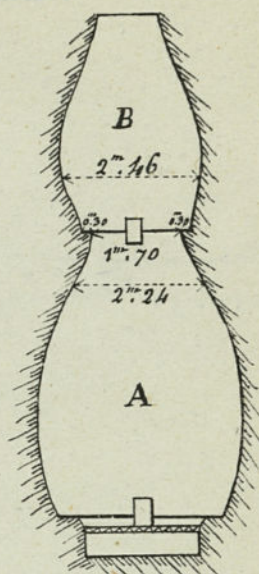
D'après les différentes considérations que nous venons d'énoncer, et après de nombreuses expériences faites sur plusieurs fours, M^r Petot a adopté comme la forme la plus convenable pour les fours à chaux à feu discontinu la disposition représentée dans la figure ci-contre. Elle consiste dans deux fours A, et B placés l'un sur l'autre, de manière que leurs axes soient communs; la section horizontale de ces deux fours est circulaire, quant à la section circulaire, elle présente la forme d'une courbe évasée au centre, mais dont la courbure n'est pas symétrique, de sorte que le four inférieur présente un rétrécissement prononcé à sa partie supérieure.

Le mode de transition d'un compartiment à l'autre présente des difficultés qui résultent du tirage inégal qui a lieu à l'étranglement du four inférieur et à l'évasement de celui supérieur; on ne peut point donner a priori ces dimensions, elles dépendent du rapport entre la hauteur des fours et leur largeur; et ce rapport varie lui-même avec la nature du calcaire qui peut supporter une chaleur plus ou moins grande sans être vitrifié. J'ai coté sur la figure les proportions adoptées par M^r Petot pour le calcaire de Brest.

Le combustible qui doit alimenter le four inférieur est placé sur une grille; quant à celui qui chauffe le four qui lui est supérieur il repose sur la pierre à chaux même du four inférieur. La difficulté de la transition d'un compartiment à l'autre disparaît totalement quand les circonstances permettent de cuire tout à la fois de la brique et de la chaux, ainsi que cela a lieu à Brest: M^r Petot donne alors à ses fours la forme ci-contre, dans laquelle au rétrécissement du four inférieur ne succède pas un élargissement brusque; la coupe verticale des deux fourneaux A et B présente une courbe continue dans laquelle seulement un rétrécissement prononcé mais successif sépare les deux fours: une voûte en brique, à claire-voie est placée immédiatement au dessus de la séparation des deux fours, elle est destinée à supporter la charge des briques: tant que ce dernier compartiment ne sert qu'à la cuisson de la brique, on peut à la rigueur se dispenser de faire du feu dans le second foyer; mais pour cuire de la chaux il faudrait au moins 15 ou 16 heures de feu dans cette partie du four et alors la voûte à claire-voie prend du retrait et devient bientôt hors de service.

M^r Petot introduit la vapeur d'eau dans le fourneau lorsque l'incandescence s'est prolongée jusque dans le compartiment supérieur, ce qui a lieu au bout de 20 à 24 heures de feu. La vapeur doit arriver toute formée avant de traverser la grille, et sa quantité doit être telle qu'elle ne puisse point par son introduction abaisser la température du four, au dessous de celle nécessaire pour la cuisson de la pierre à chaux. L'eau qui doit fournir la vapeur est placée dans la cuvette ménagée en avant du cendrier; on a soin de la tenir pleine pour que la quantité de vapeur soit constamment la même.

Pour faire apprécier l'avantage produit par les fourneaux de M^r Petot, nous allons citer les résultats obtenus dans les différents fours du port de Brest sur lesquels cet Ingén^r a fait ses expériences.



Four.	Durée de la calcination pour 1 ^m de pierre.	Dépense en combustible pour la même quantité
1.....	3 ^h , 56'	1087
2.....	2, 75	1039
3.....	4, 42	1053
6 à 2 compartiments	2, 22	799
7..... us.....	2, 15	777

Ces résultats montrent que les deux derniers fours qui sont composés de deux compartiments ont un grand avantage sur les autres.

Des expériences directes entreprises dans le but de déterminer l'influence de la vapeur d'eau dans la cuisson de la chaux ont prouvé que la dépense en combustible est sensiblement la même avec ou sans addition de vapeur, mais dans le dernier cas il y a beaucoup de chaux surcalcinée et même vitrifiée, ce qui engage M^r Petot à persévérer dans l'emploi de la vapeur, quoiqu'il résulte de ces expériences qu'il n'y a pas d'économie réelle de combustible par ce procédé. Toutefois elles montrent que la vapeur d'eau favorise la décomposition du carbonate de chaux, puisqu'il en faut une certaine quantité pour volatiliser l'eau introduite dans le fourneau.

M^r Vicat a depuis longtemps signalé l'inconvénient que présente la plupart des fours à chaux, de donner une chaux surcalcinée à leur partie inférieure, tandis que celle provenant du haut de la fournaie n'est pas complètement cuite. Pour obvier à cette inégalité de cuisson, M^r Vicat a proposé depuis longtemps (2^m Edition de..... page...) d'employer des fours à plusieurs cloisons.

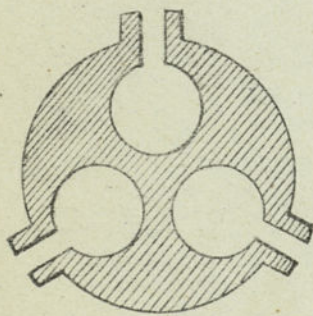
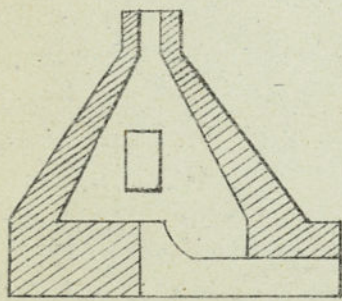
La capacité intérieure de ces fours est composée d'un cylindre de 2^m de haut dont la base circulaire ou elliptique est surmontée d'un tronc de cône de 5^m de haut; l'angle du cône est tel que l'issue circulaire, ou gueulard, par laquelle sort la fumée, a 0^m,60 de diamètre.

La capacité intérieure est divisée par des cloisons, en deux ou trois chambres, suivant la fusibilité de la pierre à chaux que l'on calcine. Ces cloisons s'élèvent jusqu'à 2^m,50 à 3^m; chacune de ces cloisons est garnie d'une porte, de manière qu'on peut mettre à volonté le feu dans une seule, ou dans plusieurs à la fois.

Si l'on a donc chargé le four en calcaire susceptible de se fritter, on mettra le feu dans le foyer correspondant à une seule de ces cloisons, les deux autres étant fermées: on le maintiendra pendant deux jours, alors on débouchera l'entrée du second foyer et on y allumera le feu: dès qu'il commencera à tirer, on ralentira le feu qui est dans le premier foyer et lorsqu'il sera tombé on fermera ce foyer. Au bout du quatrième jour on commencera de même le feu dans le troisième foyer, et on éteindra le second en ayant soin de boucher exactement les portes. Par ce moyen la pierre à chaux qui occupe la partie basse du four n'a que 18 heures de feu, tandis que celle qui se trouve au centre du four et à la partie supérieure y est exposée pendant 144 heures.

Le nombre de cloisons, leur hauteur et la durée du feu doivent varier suivant la nature de la pierre à chaux que l'on calcine, et suivant la chaleur produite par le combustible; une ou deux expériences suffisent pour déterminer ces inconnues.

Fours à 3 cloisons.



Le temps nécessaire à une bonne cuisson et la quantité de combustible consommé, varient suivant une foule de circonstances locales et imprévues.

M^r Vicat annonce que dans un four de 60 à 75 mètres cubes de capacité, le feu dure moyennement de 100 à 150 heures: chaque mètre cube de chaux consomme moyennement 1 stère 66 de bois de cordes * 22 stères de fagots, ou 30 stères de fascines de Genets et de Bruyères.

Les variations sont encore plus grandes dans les fours alimentés par la houille ** ce qui tient à la descente inégale du charbon qui est stratifié avec la chaux et à la nature du combustible. Lorsque le charbon est de bonne qualité, on consomme moyennement un mètre cube de charbon pour obtenir trois mètres cubes de chaux. Dans certaines localités, comme aux environs d'Angers, le charbon étant très mélangé de schiste, la consommation en charbon est presque égale au produit de la chaux.

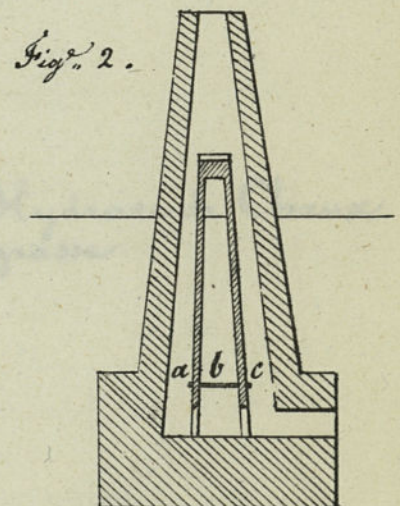
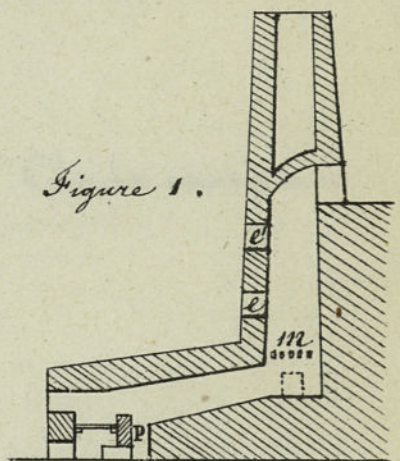
Dans les environs de Paris on emploie dans plusieurs localités du charbon de tourbe, à Crouy on en consomme 11 stères 50; le prix est moitié de celui du bois.

Les fours employés pour la fabrication des Couzzolanes artificielles sont des fours à reverber sur la sole desquels on place la matière à calciner; leur forme et leurs dimensions sont très variables; on les charge ordinairement par des portes placées sur les longs côtés, c'est aussi par ces portes qu'on remue la matière pour aider la torréfaction. M^r Petot a construit à Brest un four à reverber qui paraît lui avoir donné des résultats avantageux et économiques.

La différence principale entre les fourneaux ordinaires et celui de M^r Petot consiste dans la disposition de la cheminée laquelle est divisée dans une grande partie de sa longueur en trois compartiments a, b, c, Fig^{re} 2, au moyen de 2 cloisons un peu incurvées, formées de briques posées à plat et sans mortier pour faciliter la transmission de la chaleur, mais coincées très fortement; c'est dans le compartiment du milieu b débouchant au niveau d'une plate-forme, qu'on jette le sable au fur et à mesure des besoins; les deux autres compartiments servent d'issue à la fumée. Au moyen de cette disposition le sable s'échauffe avant d'arriver à la base de la cheminée, cependant quand il est mouillé par la pluie, il s'agglutine, adhère aux cloisons, et reste suspendu comme une masse solide; il faut alors détruire cette adhérence, et on y parvient aisément, en ménageant un ou deux regards e, e' dans le mur de la cheminée et introduisant par ces ouvertures un ringard en fer ou même un simple bâton de bois; pour empêcher qu'il ne tombe à l'arrière de la sole du four en trop grande quantité à la fois, et n'obstrue les passages latéraux, on n'a laissé libre qu'une partie de la base du compartiment moyen, le reste est

Consommation pour obtenir 1 mètre cube de Chaux.

Des fours employés pour la fabrication des Couzzolanes artificielles.



* A Nevers, on consomme 1,64 par mètre cube de chaux,
à Souillac 1,70
au Canal de Mondieur 22 stères de fagots,
à S^t. Brioux 30 stères de genets,
à Contravert 30 stères de genets.

** à S^t. Etienne 0,34 de houille par m. c. de chaux,
à Cahors 0,33 de houille de l'Alveyron,
à Doué (Maine et Loire) 0,36

garni de barreaux en fer M comme une grille: parvenu à ce point, le même sable est tiré à l'aide d'un ringard qu'on introduit par l'autre extrémité du four; on le répand sur la sole en zones ondulées de 0,04 à 0,08 d'épaisseur. Quand il est suffisamment torréfié on le ramasse dans le puisard P qui avoisine le foyer; on le retire pendant qu'on fait une autre fournée.

Fourneau à réverbère
le ciment par M. Lefroy.

La Compagnie qui exploite le Ciment de Bouilly, en possédait une grande quantité qui s'était détériorée dans les magasins. M. Lefroy, a pensé qu'il pourrait rendre à ce ciment sa vertu primitive par une nouvelle calcination convenablement ménagée. Ce ciment étant en poudre fine, il a craint qu'une partie assez considérable fût enlevée par le courant d'air violent qui existe toujours dans les fourneaux à réverbère qui servent ordinairement à la calcination des Bouxrolanes: il a donné au fourneau qu'il a employé la forme d'un moufle M, M' chauffée de tous côtés par les canaux c, c', c"; ee, e'e'; g, g'; de sorte qu'elle est entourée sur les 4 faces d'un courant de flamme.

Les trois canaux c, c' et c" qui sont au dessus de la sole viennent aboutir à la chauffe ainsi qu'on le voit Fig. 1; un obstacle b espace de brise vent force la flamme à se partager à peu près également dans les trois compartiments: des registres r, Fig. 2 servent à régulariser le tirage dans chacun de ces compartiments.

Quoique dans ce fourneau la flamme ne soit point en contact avec les substances à calciner, cependant la température est très élevée et elle est supérieure à celle nécessaire pour la calcination du Ciment Romain et de la pierre à chaux; des expériences ont prouvé que l'emploi de ce fourneau est économique: on calcinait dans chaque opération de 3 heures un demi-mètre cube de ciment. La dépense en houille a été de $\frac{1}{36}$ en volume, ou de $\frac{1}{50}$ en poids; malgré cette faible dépense, si le ciment n'était pas en poudre, au lieu de construire un moufle complet, il faudrait seulement faire traverser la flamme dans les conduits c, c' et c" placés au dessous de la sole, et la faire revenir ensuite sur la surface de la matière à torréfier comme dans tous les fourneaux à réverbère: cette méthode de chauffer ainsi le dessous de la sole apporte une certaine économie dans la dépense de combustible. Le fourneau inventé par M. Lefroy, présente en outre une économie considérable par suite de la forme de la chauffe qui a la propriété de rendre le fourneau entièrement fumivore et de mettre à profit toute la partie combustible de la fumée.

Cette chauffe extérieure au massif du fourneau est rectangulaire; sa largeur est déterminée par la largeur du fourneau; les coupes Fig. 5 et 6 et la projection verticale Fig. 7 donnent une idée de cette chauffe. La fumée au sortir du foyer passe dans une partie resserrée a avant de se rendre dans la cheminée. Cette disposition a été faite pour obliger la fumée à éprouver un retard dans sa marche ascensionnelle qui donne un mouvement de remou semblable à celui qu'éprouve un courant d'eau qui trouve un obstacle sur son chemin: trois petites ouvertures o, o' et o" sont pratiquées sur le dessus du fourneau et sur les deux faces latérales; ces deux dernières se projettent en o' elles sont recouvertes par des registres en tôle qui s'ouvrent au moyen d'un système de tiges de fer g d h j: immédiatement après avoir chargé le charbon on tire les registres de manière que les trois petites

ouvertures 0, 0' et 0" laissent introduire trois lames d'air dans la chauffe; cet air se porte sur la fumée qui est gênée dans sa marche et brûle instantanément; on ne doit pas laisser les registres ouverts plus de 8 ou 10 secondes: suivant qu'on ouvre les registres en faisant chaque charge ou qu'on les tient fermés, on brûle toute la fumée ou on la laisse dégager.

Les dimensions des ouvertures, et de la chauffe dépendent de la quantité de houille que le fourneau doit consommer; (Voir pour plus de détails le Mémoire de M^r Lefroy, Annales des Mines, 3^e Série, Tome 3^e.)

13^{ème} Leçon.

Des diverses espèces de Chaux et des circonstances auxquelles elles doivent leurs propriétés.

La Chaux suivant qu'elle est pure ou mélangée possède des propriétés différentes, ce qui a fait distinguer les chaux en plusieurs espèces.

Lorsque la chaux provient de la calcination d'un marbre blanc, ou d'un calcaire qui s'en rapproche par sa pureté, elle a la propriété de foisonner, c'est-à-dire d'augmenter considérablement de volume; il peut être doublé et au delà par l'extinction pratiquée à la manière ordinaire. On l'appelle Chaux grasse.

Chaux grasse.

Si au contraire elle est mélangée de matières étrangères, quelle que soit leur nature, la chaux ne foisonne point; on la désigne alors, par opposition, sous le nom de Chaux maigre.

Chaux maigre.

La chaux grasse réduite en pâte molle et mise ensuite dans un bassin imperméable à l'air, peut rester un assez grand nombre d'années dans cet état: sa consistance n'augmente pas, et au bout de plusieurs années, elle est à peu près la même qu'au premier jour; cette chaux se dissout jusqu'à la dernière parcelle dans une eau pure fréquemment renouvelée. Mais si, avec cette pâte, on fait des petits solides et qu'on les expose à l'air, ces solides contractent par la dessiccation et par l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère, une dureté assez considérable, et deviennent susceptibles d'acquies du poli.

L'Hydrate de chaux se durcit promptement par sa transformation en carbonate; ce fait naturel, puis que cette action reproduit la pierre à chaux résulte d'expériences de M^r John dans lesquelles des boules d'hydrate de chaux exposées à l'action de l'acide carbonique sont parvenues en peu de jours, à une dureté plus considérable que d'autres boules faites depuis plus d'un an avec le même hydrate, et exposées seulement à l'action de l'air.

Hydrate de Chaux grasse.

Les Hydrates de chaux maigres présentent souvent des caractères variables: c'est-à-dire que parmi les solides formés avec de la pâte de chaux maigre et mis sous l'eau, les uns durcissent très promptement, tandis

Hydrate de Chaux maigre.

que d'autres. n'acquiescent qu'une consistance crayeuse et ne deviennent jamais susceptibles de recevoir le poli.

De là naît une division dans cette espèce de chaux.

Les Chaux maigres qui jouissent de la propriété de se durcir sous l'eau forment une classe particulière désignée sous le nom de Chaux hydraulique, et l'expression de chaux maigre est appliquée spécialement à celles qui ne foisonnent pas et qui n'acquiescent point de consistance par leur immersion.

La cause de la solidification de la chaux hydraulique sous l'eau paraît tenir à ce que les éléments qui entrent dans sa composition tendent à s'unir plus intimement par l'intermédiaire d'une certaine quantité d'eau qui passe à l'état solide.

Différence entre
l'intensité des chaux
hydrauliques.

Les chaux ne possèdent pas toutes le même degré d'hydraulicité: M. Vicat les distingue en trois classes qui sont;

1°. Les Chaux moyennement hydrauliques faisant prise après 15 ou 20 jours d'immersion et continuant à durcir. Mais les progrès de leur durcissement deviennent de plus en plus lents, surtout après le 6^e ou 8^e mois. Après un an leur dureté est comparable à celle du savon sec: elles se dissolvent encore dans une eau pure, mais avec beaucoup de difficulté. Leur foisonnement est variable; il atteint souvent le terme de celui des chaux maigres sans s'élever jusqu'à celui des chaux grasses.

2°. Les Chaux hydrauliques, qui font prise après 6 ou 8 jours d'immersion et continuent à durcir. Les progrès de cette solidification peuvent s'étendre jusqu'au 12^e mois, quoique la plus grande partie de la dureté soit acquise au bout de six. A cette époque, déjà la dureté de la chaux est comparable à celle de la pierre très tendre et l'eau ne l'attaque plus. Son foisonnement est constamment faible comme celui des chaux maigres.

3°. Les Chaux éminemment hydrauliques, qui font prise du 2^e au 4^e jour d'immersion, après un mois sont déjà dures et tout-à-fait insolubles: au 6^e mois, elles se comportent comme les pierres calcaires absorbantes; elles donnent des éclats par le choc, et présentent une cassure écailleuse: leur foisonnement est constamment faible comme celui des chaux maigres.

Les chaux grasses, les chaux maigres et les chaux hydrauliques de tous les degrés, peuvent être blanches, grises, fauves, rousses, &c...

On dit que la chaux fait prise lorsqu'elle résiste au doigt poussé avec la force moyenne du bras, et qu'elle ne peut plus changer de forme sans se briser. M. Vicat indique, comme ayant fait prise la chaux qui supporte sans dépression une aiguille à tricoter de 0,0012 de diamètre, limée quarrément à son extrémité et chargée d'un poids de 0^k,30.

Composition des
Chaux hydrauliques.

La question de savoir quelles sont les substances qui communiquent à la chaux la propriété de se durcir sous l'eau, est de la plus haute importance, puisqu'elle conduit à la théorie des chaux hydrauliques artificielles; à une certaine époque on a attribué la propriété hydraulique à l'oxide de fer, et à l'oxide de manganèse, mais des analyses nombreuses ont prouvé que des chaux hydrauliques à un très haut degré, ne contenaient ni l'un ni l'autre de ces éléments.

La silice et l'Alumine paraissent au contraire très essentielles; du moins les chaux hydrauliques en contiennent constamment; et la propriété hydraulique varie avec les proportions de ces éléments. Citons quelques analyses pour démontrer ces vérités.

Analyses de Chaux grasses.

	Chaux de Chateaux-Sandon.	Calcaire grossier de Nauvirard.	Marbre de Carrare.	Incrustation de l'Aqueduc du Gard.
Chaux	96,40	97,20	100,00	99,25
Magnésie	1,80	0,00	" "	0,00
Argile	1,80	2,80	" "	0,75
	100,00	100,00	100,00	100,00

de Chaux maigres non hydrauliques.

	Calcaire des environs de Paris remis à l'Ecole des Mines, par M. Girard.	Calcaire de Villefranche, (Aveyron).	Calcaire de Calviac, (Dordogne).
Chaux	78,00	60,00	70,00
Magnésie	20,00	26,20	" "
Argile	2,00	" "	3,25
Oxide de fer	" "	13,80	" "
Sable disséminé	" "	" "	24,75
	100,00	100,00	98,00

de Chaux moyennement hydrauliques.

	Calcaire de St. Germain (Ain) avec lequel on a fait à Lyon des cons- tructions sous l'eau.	Calcaire de Charmay près Mâcon.	Calcaire de Digna, (Jura).	Calcaire à Gyppites de Dongy, (Nièvre).	Dolomie de Robach, (Sogez).
Chaux	83,00	84,00	82,00	88,00	43,00
Magnésie	" "	2,50	1,50	" "	32,00
Argile { silice	10,00	13,00	16,50	6,85	Silice gélatineuse... 5,80
{ Alumine				4,00	Oxide de fer et Alum. 3,00
Oxide de fer	1,00	" "	" "	1,15	Sable... 4,20
" "	" "	" "	" "	" "	perda par calcination 12,00
	94,00	99,50	100,00	100,00	100,00
Temps de la prise				15 jours	

m. g. 33.

Analyses de Chaux hydrauliques.

	Calcaire de Nîmes.	Calcaire de Champvert (Nièvre).	Calcaire de Compiègne (Ile et Vilaine).	Dolomie de Lardin.
Chaux	82,50	82,63	75,83	50,60
Magnésie	4,40	" "	9,00	42,00
Alumine	5,00	6,00	4,00	2,00
Silice	8,40	11,00	9,50	5,00
Oxide de fer	" "	0,37	1,67	0,40
	100,00	100,00	100,00	100,00
Temps de la prise	4 jours	3 jours	4 jours	5 jours

Chaux éminemment hydrauliques.

	Calcaire de Metz.	Calcaire de Senonches près Orléans, (Eure et Loir).	Ciment Romain des Anglais	Plâtre-ciment de Boulogne.
Chaux	68,30	70,00	55,40	54,00
Magnésie	2,00	1,00	" "	" "
Argile	24,00	29,00	36,00	31,00
Oxide de fer	5,70	" "	8,60	15,00
	100,00	100,00	100,00	100,00

En comparant ces Analyses, on voit ;

- 1°. Que les chaux grasses sont sensiblement pures ;
- 2°. Que les chaux maigres non hydrauliques doivent cette propriété à une quantité assez considérable de sable ou de Magnésie qu'elles contiennent ;
- 3°. Que les chaux moyennement hydrauliques contiennent de 10 à 15 d'Argile, c'est-à-dire une combinaison de silice et d'Alumine.

Quelques-unes comme les chaux de Robach et du Lardin contiennent une grande proportion de Magnésie. Ces chaux renferment il est vrai encore une forte proportion de silice gélatineuse. Ce mélange de silice avec la magnésie, ne permet pas de connaître exactement la cause de l'hydraulicité des pierres de Robach et du Lardin, et cette circonstance a donné lieu à une discussion que nous ferons connaître bientôt.

4°. Que la silice seule peut former avec la chaux une combinaison très hydraulique, (Analyse de la chaux de Senonches) ;

5°. Que les Chaux éminemment hydrauliques contiennent une proportion d'argile très considérable et qui s'élève jusqu'à 36 p/100 dans le Ciment Romain, et à 31 dans le plâtre-ciment de Boulogne.

À mesure que la quantité d'argile augmente, la propriété de se solidifier sous l'eau devient plus énergique. Les deux dernières chaux indiquées, le Ciment Romain et le Plâtre-ciment de Boulogne, se solidifient presque instantanément, comme le plâtre, sans qu'on soit obligé de faire aucune addition ; elles acquièrent promptement une solidité analogue à celle des calcaires.

M. Petot en adoptant entièrement les principes que nous venons de poser, établit dans le Tableau suivant la série continue des combinaisons que peuvent former la chaux pure, qu'il distingue en trois classes de produits, les chaux, les Plâtres-ciments, les Pouzzolanes calcaires.

Chaux	Argile	Produits résultants	Caractères distinctifs des produits.
100	0	Chaux grasse	incapable de durcir sous l'eau
90	10	Chaux un peu hydraulique	Pouvant fuser comme la chaux pure au terme de la calcination ordinaire et de plus durcir sous l'eau, seule.
80	20	— — bien hydraulique	
70	30	— — éminemment hydraulique	
60	40	Plâtre-ciment	Ne pouvant fuser quelque soit le degré de calcination, mais pouvant se solidifier seule sous l'eau.
50	50	— id	
40	60	— id	
30	70	Pouzzolane calcaire (suivant M. Bruyère)	Ne pouvant se solidifier sous l'eau sans addition de chaux grasse ou hydraulique.
20	80	— id	
10	90	— id	
0	100	Pouzzolane d'Argile pure	idem.

Nous venons de conclure de la composition de chaux de diverses espèces de chaux communes quelles sont les substances qui donnent à la chaux la propriété hydraulique. M. Berthier a cherché également à déterminer ces substances par des expériences inverses; il a dans ce but combiné directement de la chaux avec différentes substances; nous allons faire connaître les expériences principales qu'il a faites sur ce sujet intéressant.

Combinaisons directes de la chaux avec d'autres substances.

1°. La chaux et l'argile, chacune calcinée à part, et mélangées ensuite, ces deux éléments ont produit une chaux maigre et non hydraulique. Cette circonstance prouve que la chaux hydraulique n'est pas un simple mélange d'argile et de chaux. Il faut que la silice et la chaux soient combinées ensemble et forment un silicate. La manière différente dont se comportent avec les acides une pierre à chaux hydraulique, et la chaux qui provient de la calcination de cette même pierre, montre qu'effectivement dans l'opération de la cuisson, la chaux s'est combinée avec la silice; en effet lorsqu'on traite par les acides une pierre à chaux hydraulique, la chaux seule se dissout, et l'argile qui entre dans la composition forme un dépôt qui reste au fond du vase; si au contraire on soumet à l'action des acides une chaux hydraulique, elle est complètement dissoute; cette différence de manière d'être de la silice dans la pierre à chaux et dans la chaux provenant de cette même pierre tient donc évidemment à une combinaison qui a été formée par la calcination.

Chaux et Argile.

2°. 10 grammes de Craie calcinée avec 4 grammes de silice récemment précipitée, ont donné une chaux hydraulique très bonne; cette chaux exposée à une grande quantité d'eau a été dissoute en partie; il est resté une combinaison de chaux et de silice composée de 35 de chaux et de silice 65, composition analogue au silicate de chaux neutre de la chimie. Cette expérience semble prouver que l'action de

Chaux et Silice.

la silice sur la chaux, est de former un silicate neutre, et que la chaux qui ne se combine pas avec la silice reste à l'état de chaux grasse; les chaux hydrauliques seraient donc d'après ce résultat des mélanges de silicate de chaux et de chaux grasse, dont l'énergie dépendrait de la proportion de ces deux éléments différents; l'excédent de chaux empêche que la combinaison ne devienne dure presque instantanément et permet de l'employer dans les constructions.

Chaux et Alumine.

3°. De la Craie calcinée avec de l'Alumine a donné une chaux qui mélangée avec de l'eau, s'est éteinte promptement et avec une chaleur considérable: des solides faits avec cette chaux n'ont pas durci sous l'eau. Cette combinaison étant soluble dans les acides, il est naturel de penser que la chaux et l'alumine se sont combinées par la voie sèche, mais que l'Aluminote qui en est résulté a été décomposé par l'eau.

Chaux et Magnésie.

4°. De la chaux calcinée avec du carbonate de Magnésie, a donné une chaux maigre non hydraulique: M. Berthier conclut de cette expérience que la Magnésie agit comme matière inerte par son mélange avec la chaux: cette opinion de M. Berthier adoptée pendant longtemps est maintenant mise en doute par plusieurs Constructeurs. M. Berthaud du Creux annonce en effet que certaines Dolomies sont hydrauliques; il ne croit pas que la magnésie seule puisse communiquer à la chaux la propriété hydraulique, mais il est disposé à penser qu'elle peut jusqu'à un certain point remplacer la silice; ainsi une chaux contenant 10 p/o de silice serait moins hydraulique qu'une chaux qui serait composée de 10 p/o de silice, 10 de magnésie et 80 de chaux. Les Chaux de Robach et du Lardin en seraient des exemples.

M. Vicat avait depuis longtemps supposé que la magnésie est favorable à la propriété hydraulique de la chaux; mais depuis quelques années il admet même que cette terre suffit pour rendre une chaux hydraulique et il suppose que toutes les Dolomies jouissent de cette propriété par elles-mêmes. Nous citerons l'expérience suivante qui l'a conduit principalement à adopter cette opinion.

» J'ai pris dit M. Vicat * du marbre blanc du Val
» Senestre dans le Dép. de l'Isère contenant sur 100
» parties;

» Silice	0,068	} 100,00 ,
» carbonate de Magnésie	0,020	
» — — — de Chaux	99,912	
» et du Carbonate de magnésie des pharmaciens composé		
» De Magnésie	46,00	} 100,00 .
» Acide carbonique	51,60	
» eau	2,40	

» La silice comme on le voit n'intervient que pour 1/1000
» dans le calcaire du Val Senestre et son influence est
» par conséquent nulle.

J'ai calciné jusqu'à expulsion presque complète de l'acide carbonique plusieurs morceaux de ce calcaire; j'ai obtenu de la chaux pure à moins d'un millième près. J'ai pesé également 80 parties de carbonate magnésien

* Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1^{er} semestre de 1837, page 82.

contenant 38,68 de Magnésie Anhydre, la chaux a été réduite en laitance par l'extinction et mélangée avec le carbonate de magnésie pulvérisée et passée au tamis de soie. Après une trituration prolongée et une dessiccation préalable, on a fait des boulettes de ce mélange, on les a soumises dans le moufle d'un fourneau de Compelle à la chaleur rouge pendant quatre heures.

La chaux factice, ainsi obtenue a fusé promptement et avec une vive effervescence dans l'eau; réduite en pâte, de bonne consistance, placée ensuite au fond d'un vase et recouverte d'eau, elle a fait prise en moins de huit jours; la neuvième sa surface mouillée portait sans dépression sensible une aiguille à tricots ordinaire chargée de 300 grammes.

Cette expérience confirme ce que j'avais annoncé sur les propriétés hydrauliques de la magnésie; elle explique parfaitement l'hydraulicité des chaux naturelles du Lardin composée de

Silice	5,00	} 100,00.
Alumine	2,00	
Oxide de fer	0,40	
Magnésie	42,00	
Chaux	50,60	

En effet si la Magnésie se comportait comme une matière inerte, comme un sable fin par exemple, la chaux du Lardin contenant la chaux pure et la silice dans la proportion de 100 : 10 ne serait que moyennement hydraulique, tandis que ses qualités bien constatées, la placent au rang des bonnes chaux hydrauliques.

Les Dolomies, ajoute M^r Vicat, ne doivent donc pas être rejetées, il ne suffit donc plus de rechercher si une pierre calcaire laisse un faible résidu dans les acides; il faut s'assurer en outre si elle contient une forte proportion de magnésie, ce que l'on préjuge par la faiblesse de l'effervescence, et dont on s'assure par les moyens chimiques.

M^r Fuchs s'est également occupé de l'hydraulicité de la magnésie. Des expériences nombreuses lui ont prouvé qu'avec une Bouzolane qui produit un effet médiocre par l'emploi de la chaux grasse donne avec la chaux magnésienne un mortier d'excellente qualité.

5°. De la Craie calcinée avec diverses proportions d'oxide de fer ou d'oxide de Manganèse, n'a produit que des chaux sans consistance, qui se sont comportées comme des chaux grasses mélangées de matières inertes.

Il résulte des expériences précédentes que la silice jouit au plus haut degré de la faculté de rendre les chaux hydrauliques; la magnésie paraît posséder également cette propriété, mais aucun autre corps combiné avec la chaux ne donnerait de produit pouvant faire prise sous l'eau.

Il restait encore une question à examiner, et que M^r Berthier a également cherché à résoudre par la synthèse; c'est de savoir si les corps tels que l'Alumine, les oxides de fer et de Manganèse misent par leur combinaison aux propriétés des chaux hydrauliques.

Pour s'en assurer, M^r Berthier a d'abord calciné 10 grammes de calcaire magnésien de Paris, dont la composition est indiquée plus haut, avec 2 grammes de silice

Chaux, Fer et Manganèse.

May. argil. chaux magn. m. g. 34.
 May. silic. Chaux Hyd.
 May. alumi. Chaux m. Hyd.
 May. May. May. May.

gélatinieuse : il a obtenu une chaux qui s'est éteinte avec peu de chaleur et un léger gonflement, et qui est devenue très dure au bout de très peu de temps d'immersion dans l'eau. Cette chaux était composée de

Chaux	56,00	} 100,00 .
Magnésie	16,60	
Silice	27,40	

Plusieurs essais faits avec des proportions différentes de silice et de Magnésie, ont également donné pour résultat des chaux très bonnes.

Chaux, silice,
Alumine.

La plupart des chaux hydrauliques étant des composés de Chaux, silice et Alumine, il était presque inutile d'essayer si cette dernière terre était nuisible aux propriétés de la chaux hydraulique : cependant M. Berthier a fait des essais qui le portent à conclure que, lorsque la quantité d'Alumine égale celle de la silice, on obtient des chaux hydrauliques très énergiques ; en effet une chaux composée de

Chaux	74,50	} 98,50
Alumine	12,50	
Silice	13,50	

lui a donné une chaux hydraulique de première qualité. Cette composition est analogue à celle de beaucoup de chaux hydraulique naturelle.

Chaux, silice,
Oxide de fer.

De la chaux préparée en grand avec 4 parties de Craie et une d'ocre jaune et qui contenait

Chaux	74,50	} 98,30
Alumine	5,50	
Oxide de fer	7,00	
Silice	11,30	

n'a pris qu'une très faible consistance, même longtemps après avoir été immergée : on doit attribuer à l'oxide de fer cette mauvaise qualité, puisque s'il avait été supprimé, la chaux restante aurait eu la propriété hydraulique,

Chaux, silice, Oxide
de Manganèse.

10 grammes de Craie, 27,50 de carbonate de manganèse et 2 gr, 50 de silice gélatinieuse calcinés ensemble ont donné une chaux qui s'est éteinte avec chaleur, et n'a pris aucune consistance sous l'eau ; si on avait supprimé le manganèse, on aurait obtenu une chaux hydraulique : il n'est donc pas douteux que cette substance est nuisible à la qualité de la chaux.

Ces expériences prouvent que la silice seule donne d'excellentes chaux hydrauliques ; que des mélanges de chaux, silice et magnésie ; et de chaux, silice et Alumine en produisent également de bonnes ; que la magnésie communique également à la chaux la propriété de faire prise sous l'eau ; enfin que la présence de l'oxide de fer et de l'oxide de manganèse paraît nuisible.

La température à laquelle, on cuit la pierre calcaire, paraît avoir également une certaine influence sur les propriétés hydrauliques des chaux.

Depuis longtemps M. Minard a énoncé ce fait important ; il a été conduit par des expériences à supposer qu'avec une calcination convenablement ménagée on pourrait donner à tous les calcaires la propriété de faire prise sous l'eau.

M. Lacordaire

M^r Lacordaire de son côté a reconnu qu'un calcaire à chaux peu hydraulique, et contenant encore une certaine proportion d'acide carbonique, fournit un véritable ciment; il a mis à profit cette observation pour les travaux du canal de Bourgogne dont il a été chargé. Le procédé qu'il a employé consiste simplement à réduire à trois jours la durée du feu, qui est communément de 6 à 8; du reste il n'a aucunement changé la marche de l'opération, et il s'est servi des fours à chaux habituels dans le pays. Seulement après avoir ensuite éteint la chaux par immersion, et il en séparait les parties sous-carbonatées, qu'il incorporait dans le mortier après les avoir réduites mécaniquement en poudre.

Si une calcination imparfaite peut dans certains cas donner à la chaux la propriété de prendre sous l'eau, il paraît aussi d'après M^r Petot qu'une surcalcination produit en partie le même effet; ainsi il a annoncé que M^r Avril a découvert que le calcaire à chaux hydraulique de Pouilly convenablement surcalciné jouit des mêmes propriétés qu'à l'état de carbonate.

M^r Petot ajoute que des essais directs sur quelques fragments de calcaire à chaux hydraulique du Compiègne (Ile de France) et de Doué (Maine-et-Loire) le portent à conclure que ces propriétés sont communes à toutes les pierres de composition analogue.

Cette double circonstance que présentent certaines chaux d'acquies soit par défaut, soit par excès de calcination la propriété de faire prise sous l'eau, lui fait dire que les chaux présentent deux maxima d'énergie, propriété qu'il a constatée et découverte pour les plâtres-ciments, et sur laquelle nous donnerons quelques détails dans une autre Leçon.

14^{ème} Leçon.

De la fabrication des Chaux hydrauliques artificielles, et des procédés employés pour éteindre la Chaux.

C'est à M^r Vicat qu'est due l'importante découverte de la Chaux hydraulique artificielle; avant ses travaux, plusieurs personnes avaient vainement essayé de donner à la chaux la propriété de durcir sous l'eau au moyen de mélanges. Ainsi M^r Guyton de Morveau, avait annoncé qu'en ajoutant 4 parties d'argile et 6 d'oxide noir de Manganèse ou de la Mine de fer blanche (fer spathique), on obtenait de la chaux hydraulique de bonne qualité; l'expérience a prouvé que ce mélange ne donnait qu'une chaux faiblement hydraulique et dont la fabrication est très dispendieuse.

D'après les expériences synthétiques que nous avons exposées dans la précédente Leçon il résulte que la silice et la silice combinée à l'Alumine communiquent à la chaux la propriété hydraulique à un très haut degré. La silice dans son état ordinaire ne peut se combiner avec la chaux, et comme l'aggrégation des substances siliceuses est difficile

à détruire, il est impossible de faire des chaux hydrauliques avec de la silice seule.

Les combinaisons de silice et d'Alumine très fréquentes dans la nature et qui constituent presque toutes les argiles, offrent par leur abondance un moyen économique de fabriquer de la chaux hydraulique artificielle. Le simple mélange de la pierre à chaux avec de l'argile ne suffit point pour produire de la chaux hydraulique : il faut qu'il y ait une combinaison entre la chaux et la silice, ce qui ne peut avoir lieu que lorsque les deux éléments eux-mêmes ont été calcinés ensemble.

Les chaux hydrauliques se fabriquent par deux procédés, le plus parfait mais aussi le plus dispendieux, consiste à mêler de la chaux grasse, et cuite d'une manière quelconque, avec une certaine proportion d'argile, et à faire cuire de nouveau le mélange ; la chaux que l'on obtient ainsi, est appelée chaux artificielle de double cuisson.

Dans le second procédé, on substitue des calcaires ayant peu d'adhérence, de la Craie, par exemple, à la chaux : il est nécessaire que ces calcaires soient très tendres, pour qu'on puisse les broyer et les réduire en pâte avec de l'eau. Ce second procédé est plus économique, mais aussi la chaux fabriquée par ce moyen est probablement de qualité inférieure à celle qui provient du premier procédé. Il est en effet difficile de rendre dans ce dernier cas le mélange d'argile et de chaux aussi intime que dans le premier. Les chaux hydrauliques que l'on obtient par ce procédé, sont néanmoins fort bonnes, et il est employé, toutes les fois que la nature du calcaire le permet.

Suivant les proportions du mélange d'argile et de calcaire, on obtient des chaux plus ou moins hydrauliques. M^r Vicat indique que lorsque la chaux est très grasse, il convient de mélanger 20 p^r 100 d'argile sèche avec 80 p^r 100 de chaux ou 140 de carbonaté : si la chaux ou la pierre à chaux est déjà mélangée d'une certaine quantité d'argile, 15 p^r 100 de cette dernière substance suffiront. Du reste, pour obtenir des résultats propres aux emplois que l'on veut faire de la chaux, il est nécessaire de déterminer exactement les composants de la chaux et ceux de l'argile ; ayant ces données, on fait des mélanges certains.

M. M^{rs} Brian et de S^r Léger ont élevé à Meudon près Paris une fabrique de chaux hydraulique artificielle sous les auspices de M^r Vicat ; les matières employées, sont ; la Craie du pays, et l'Argile de Sanguirard : ces substances, après avoir été divisées en fragments de la grosseur du poing, sont réduites en bouillie claire sous une meule verticale agissant dans un bassin circulaire de deux mètres de rayon ; des herses et des râteaux, mis en mouvement en même temps que la meule, ramènent constamment la matière sous celle-ci, de manière que le mélange soit très homogène. Un robinet amène de l'eau dans ce bassin. Après une heure et demie environ que la matière est soumise à l'action de la meule, on la regarde comme suffisamment mélangée : elle est alors réduite à l'état de bouillie claire ; on l'évacue dans une fosse de dépôt : plusieurs fosses communiquent ainsi les unes dans les autres par des trop pleins pratiqués à leur partie supérieure et forment ce qu'on appelle un labyrinthe.

Lorsque la matière est déposée, on fait écouler les eaux surnageantes, soit par des boudes, soit en les enlevant avec des pompes, de... ; quand la matière a acquis assez de consistance pour être moulée, on l'entève par prismes

D'une forme irrégulière au moyen de baches. Ce travail s'effectue avec rapidité : on compte qu'un mouleur à la tâche fait moyennement cinq mille prismes par jour, lesquels cubent ensemble 6 mètres. On sèche ces prismes, et quand ils sont suffisamment desséchés, opération qui peut se faire soit par l'action solaire, soit par une dessiccation artificielle, on les cuit à la manière ordinaire : la dessiccation ne doit point être poussée trop loin; car alors les briquettes tomberaient en poudre.

La pierre calcaire de Meudon est très pure; M^r de S^t Léger, mêle quatre parties en volume de Craie de Meudon et une partie d'Argile de Cassy; cette chaux est de très bonne qualité; elle foisonne de 0,65 de son volume par l'extinction ordinaire lorsqu'on sépare avec soin les morceaux qui échappent à la calcination; cette chaux contient,

Chaux	74,60	} 100 .
Silice	16,00	
Argile	7,80	
Oxide de fer	1,60	

La chaux hydraulique de Meudon est employée à Paris dans la plupart des constructions qui réclament cette qualité de chaux; on en a fait une grande consommation pour le Canal S^t Martin. Elle est supérieure à la chaux de Senonches; elle durcit plus vite que cette dernière et acquiert un degré de dureté beaucoup plus considérable; elle est meilleur marché, et coûte environ 20 p. % de moins.

Le prix de fabrication de chaux hydraulique varie suivant les localités; pour montrer que cette fabrication est peu coûteuse, je transcris les détails du prix de revient auquel M^r Vicar a obtenu la chaux hydraulique qu'il a employée pour la construction du pont de Souillac.

Les fours employés pour cette opération avaient une forme conique et contenaient 59 mètres cubes de matériaux; on y cuisait à la fois de la pierre à chaux qui devait être dans la fournée suivante mélangée avec de l'argile pour former de la chaux hydraulique et les briquettes de cette dernière chaux; la pierre à chaux était placée à la partie inférieure du four, dont elle formait entièrement la voûte; la fournée se composait de 17 mètres cubes de pierre à chaux non calcinée, et de 42 mètres cubes de briquettes formées d'un mélange de chaux et d'argile: la chaux grasse produite par chaque fournée donne ainsi qu'on vient de le dire celle nécessaire pour la chaux factice de la fournée suivante.

La chaux artificielle employée à Souillac était composée de 100 parties de chaux éteinte à l'air et de 20 parties d'argile, une partie de chaux vive correspond à 3 parties $\frac{1}{3}$ de chaux éteinte; les dépenses de fabrication de cette chaux sont

1 ^o	17 mètres cubes de pierre calcaire Domnant	
	de la chaux grasse à 2 ^{fr} le mètre	34,00
2 ^o	8 ^{m.c} ,40 d'argile assez pure pour qu'on ne soit point obligé de la laver à 3 ^{fr} le mètre	25,20
3 ^o	Facon des 42 ^{m.c} de briquettes de chaux et d'argile à 12 ^{fr} le mètre	504,00
		<hr/>
	à reporter	563,20 ^{fr}

m. g. 35.

Composition de la
Chaux hydraulique
de M^r de S^t Léger.

Prix de la fabrication
de la Chaux hydraulique
de Souillac.

	f	A reporter... 563,20 ^f
4°	50 Stères de bois à 10 " _____	500,00
5°	Charge et Décharge du four, main-d'œuvre, 11 journées doubles à cause du temps de la cuisson, à 6 " _____	66,00
6°	68 journées de main-d'œuvre à 2 " _____	136,00
	Prix d'une fournée _____	1265,20
	1/5 pour faux frais et bénéfice _____	213,04
	<u>Total... 1478,24^f</u>	

Pour obtenir 10 fournées consécutives comme celle dont nous venons d'indiquer les dépenses, il a fallu en faire onze; la première donnant la chaux nécessaire pour la seconde fournée, &c.... Les dix fournées ont produit 420 mètres cubes de chaux hydraulique et ont coûté la somme de 14782.40^f, ce qui établit le mètre cube à 35,20^f.

On doit observer que cette chaux foisonnant très peu, un mètre cube ne correspond à 0^{m.c.}60 de chaux grasse.

Au pont de Mélysey, le mètre cube de chaux hydraulique artificielle, de double cuisson comme la précédente en y comprenant 1/5 pour faux frais est revenu à 38,00 prix au four.

En résumé on peut dire que les chaux hydrauliques reviennent en province à 40,00 prix moyen le mètre cube lorsqu'il y a double cuisson et ne saurait coûter au delà de 30,00 lorsqu'elles résultent du simple mélange de la Craie et de l'argile.

Extinction de la Chaux.

Extinction par immersion.

Il existe trois procédés pour éteindre la chaux. Le plus usité consiste à jeter sur la chaux prise en sortant du four une quantité d'eau convenable; on appelle cette méthode Extinction par immersion.

La chaux par cette opération se fend avec bruit, se boursouffle, produit un dégagement considérable de vapeurs brûlantes légèrement caustiques et se fond en une bouillie épaisse.

La chaux dans cet état est dite fondue, coulée ou amortie.

Si on ajoute trop d'eau, la chaux est noyée et perd de ses qualités.

Il faut dans ce procédé d'immersion ajouter toute l'eau nécessaire en une seule fois. Si l'eau n'est point en assez grande quantité, la chaux décrépité à sec, et, quand on ajoute de nouvelle eau, il se produit un sifflement considérable, la chaux étonnée se divise fort mal et souvent reste grenue.

Eteinte en bouillie très épaisse la chaux grasse donne deux à trois volumes pour un, les chaux maigres et les chaux hydrauliques ne donnent qu'un volume 1/4 ou un volume 1/2 au plus.

Extinction spontanée.

Le second procédé consiste à plonger la chaux vive dans l'eau, pendant quelques secondes, et à la retirer avant la fusion; elle siffle, éclate avec bruit, répand des vapeurs

brûlantes et tombe en poudre; on peut conserver longtemps la chaux dans cet état, pourvu toutes fois qu'on la mette à l'abri de l'humidité: elle ne s'échauffe plus quand on la détrempe.

100 parties de chaux grasse éteinte ne retiennent que 18 p. % d'eau, tandis que les chaux hydrauliques en retiennent de 20 à 25.

Dans ce procédé il faut pour les chaux grasses avoir soin de concasser en fragments de la grosseur d'une grosse noix; sans cette précaution l'inconvénient signalé ci-dessus se reproduit. La chaux, lorsque la détrempe devient grenue se fond difficilement en une masse liquide. On évite cet inconvénient en renfermant la chaux dans une futaille; par cette précaution l'eau qui se serait vaporisée réagit sur la matière et l'éteint lentement.

Un volume de chaux grasse vive, mesurée en poudre, ne donne que 1^{vol},50 à 1^{vol},70 en chaux éteinte. La chaux hydraulique 1^{vol},80 à 2^{vol},18.

Le troisième procédé consiste à exposer la chaux à l'air; elle s'y réduit en poudre fine, avec un léger dégagement de chaleur et sans vapeurs. Par cette méthode, les chaux grasses augmentent des $\frac{2}{5}$ de leur poids et rendent en volume jusqu'à 3^{vol},50. Les chaux hydrauliques augmentent d'un $\frac{1}{8}$ de leur poids et rendent en volume de 1^{vol},75 à 2^{vol},55.

Exposition à l'air.

L'extinction ordinaire est celle des trois méthodes qui divise le mieux les chaux grasses et les chaux hydrauliques de tous les degrés, et qui, par conséquent, en porte le foisonnement au plus haut terme; en deuxième ligne et sous le même rapport l'extinction spontanée convient mieux aux chaux grasses qu'aux chaux hydrauliques.

De ces différences il résulte que trois volumes égaux d'une chaux quelconque en pâte, d'égale consistance, mais éteinte par des procédés différents, ne contiennent ni la même quantité de chaux, ni la même quantité d'eau.

15^{ème}. Leçon.

Des différentes substances qu'on ajoute à la chaux pour former des mortiers et des Bétons.

En parcourant les différentes chaux hydrauliques, nous avons remarqué que quelques-unes telles que le Plâtre ciment de Boulogne, le Ciment-Romain, le Ciment de Pouilly, pourraient être employées seules et qu'elles prendraient immédiatement. Le plus ordinairement on ajoute à la chaux, soit grasse, soit hydraulique réduite à l'état de bouillie épaisse, différentes substances qui en accélèrent la prise, et forment ce que l'on appelle des Bétons; ces mélanges ont pour but;

- 1^o. De diminuer la consommation de la chaux;
- 2^o. De régulariser son retrait en le modérant et en le rendant uniforme; ce qui empêche qu'il ne se forme des gerçures dans la maçonnerie.

3°. De faciliter la dessiccation et la régénération du carbonate de chaux, et par conséquent d'accélérer la prise.

4°. Enfin d'augmenter la solidité des mortiers.

La quantité de substances que l'on mélange varie suivant leur énergie; la personne appelée à employer la chaux, peut seule déterminer ces proportions: quant au choix des substances, il dépend des localités; plusieurs sont également bonnes; quelques unes de qualité supérieure sont fort chères, et ne doivent être employées que lorsque la solidité des travaux l'exige d'une manière impérieuse.

Les substances que l'on ajoute à la chaux, sont, des sables, des ciments et des Pouzzolanes que l'on distingue en Pouzzolanes naturelles et en Pouzzolanes artificielles.

Des Sables.

Les sables sont la substance que l'on emploie le plus habituellement; il n'est presque aucune localité où il n'en existe. Les lits des rivières en produisent beaucoup; ces sables sont presque toujours analogues aux roches qui constituent le sol, et sont en général le produit de leur désaggrégation.

Suivant la position, où l'on recueille les sables, ils sont purs, ou mélangés de parties végétales ou animales qui les rendent limoneux. Dans les terrains anciens, les rivières charrient ordinairement des sables quartzeux mélangés de quelques parties feldspathiques et micacées: dans les terrains volcaniques, ils sont le résultat de la destruction des laves, de...: rarement ces sables sont calcaires; cela tient, à ce que la pierre calcaire étant très tendre, elle se réduit en boue plutôt qu'en sable. La Marne, par ex^{te}, qui prend naissance dans les montagnes calcaires des environs de Langres, et qui coule presque constamment sur un sol de même nature, quoique cependant elle traverse des formations très différentes, ne transporte qu'un limon vaseux.

Outre les sables que l'on trouve dans le lit des rivières, on rencontre aussi dans beaucoup d'endroits, d'immenses dépôts de sables fossiles qui attestent les révolutions que le globe a subies à des époques très reculées, et dont ces sables sont les produits. Il est nécessaire de distinguer ces sables de ceux qui sont le résultat de causes actuellement agissantes, et qui existent au pied de certaines montagnes, et principalement des montagnes granitiques: ces sables que l'on peut appeler vierges, ont des propriétés différentes; on les classe à part sous le nom d'Arènes, nom adopté dans plusieurs pays pour distinguer ces détritifs.

Action des acides sur les sables.

Les sables purs lorsqu'ils sont quartzeux, ne sont attaquables par aucun acide quelque soit son degré de concentration. Lorsque les sables sont mélangés de parties feldspathiques, l'acide sulfurique a fréquemment une légère action sur eux; cependant souvent encore ils sont entièrement inattaquables. Lorsqu'ils contiennent des fragments de roches volcaniques, les acides produisent sur eux une action lente et très bornée.

Action nulle de la chaux sur les sables.

La chaux n'a également aucune action sur les sables quartzeux ou calcaires: des expériences nombreuses ont constaté ce fait important, pour la théorie de la solidification des mortiers, autant que pour le choix des matériaux que l'on doit mêler à la chaux.

Nous citons, à l'appui du fait que nous venons de signaler, deux expériences de M^r Pécot insérées dans la note 34 de son dernier ouvrage.

1^o Il a mélangé du sable de mine, parfaitement lavé et presque entièrement quartzeux _____ parties 896, 00.

et de la chaux hydraulique vive, sortant du four 300, 00.

Ces matières réduites en mortier, à la manière ordinaire, dans un vase de verre ont absorbé une quantité d'eau représentée par _____ 647, 00.

Le poids total du mortier a été de parties 1,813, 00.

Deux ans après la fabrication de ce mortier, M^r Pécot l'a désagrégé par l'action de l'acide hydro-chlorique, il en a retiré 892 parties de sable quartzeux dont la surface n'était pas altérée; la perte de 0, 004 que le sable a présentée, est trop considérable pour qu'elle ne soit pas attribuée au lavage.

2^o Une autre expérience faite sur un sable granitique mêlé de Basalte, lui a donné des résultats qui ont été semblables:

Il avait mélangé de ce sable, parties _____ 896, 00.

et de la chaux hydraulique _____ 300, 00.

il y a eu eau absorbée par le mortier _____ 612, 50.

parties 1808, 50.

Après deux ans, ce mortier, également désagrégé par l'acide muriatique, a donné 883 parties de sable; il y a donc dans cette seconde expérience une de 1^{re} 45 ou 1^{re} 63^{re}. cette perte étant notablement plus grande que dans la première, M^r Pécot s'en assure, en faisant digérer 500 parties de ce sable dans l'acide muriatique qu'elle n'est pas due à l'action de la chaux; en effet le sable a perdu par cette opération 7^{me} sur 500 ou 1^{re} 41, résultat très approché de la perte éprouvée dans le premier cas.

Les expériences précédentes de M^r Pécot prouvent seulement que les sables quartzeux ne sont pas attaqués par la chaux, mais il en est une autre question fort importante qui a été examinée par M^r Berlaud, l'addition de sable aux pâtes de chaux hydraulique ou grasse augmente-t-elle, ou diminue-t-elle la quantité de chaux dissoute dans un temps donné par une même quantité d'eau distillée?

Pour résoudre cette question, M^r Berlaud a fait quatre séries d'expériences, en variant la nature de la chaux et sa proportion.

La plupart des sables contiennent des hydro-silicates terreux qui peuvent avoir quelque influence sur les résultats, cet Ingénieur s'en est servi dans ses expériences de quartze hyalin pulvérisé.

La première série d'expériences a été faite sur de la chaux hydraulique éteinte en pâte formée à l'eau distillée, mise en consistance aussi égale que possible.

Il a pris deux pesées de 22 grammes chacune, l'une a été placée au fond d'un verre et recouverte de 150 grammes d'eau distillée. La seconde a été gâchée avec un volume

de sable égal à une fois $\frac{1}{2}$ le sien, placée au fond d'un pareil verre, et enfin recouverte de 150 grammes d'eau

Les deux vases ont été mis à l'abri du contact de l'air et à diverses époques, M Bertaud a pris dans chacun d'eux avec un siphon 50 grammes de liquide, en ayant soin de remplacer l'eau qu'il enlevait, à chaque opération, par une égale quantité d'eau nouvelle: il a cherché ensuite la chaux que contenaient ces eaux enlevées successivement de dessus le mortier.

Les résultats de ces essais sont consignés dans le tableau suivant.

Nombre de jours écoulés entre les épreuves	Nombre de Centigrammes de Chaux Dissoute par cent grammes d'eau.	
	dans les mortiers de Chaux seules	dans les mortiers de Chaux et sables
2.	3, 91.	3, 85.
4.	7, 48.	8, 05.
8.	6, 98.	5, 78.
4.	8, 49.	8, 97.
8.	8, 99.	8, 03.
12.	5, 54.	11, 55.
20.	15, 17.	12, 04.
Cotaux	55, 96.	58, 29.
Moyenne	7, 99.	8, 33.
Surface du mortier	0 ^m 0028.	0 ^m 0028.
hauteur du mortier	0, 008.	0, 010.
hauteur d'eau	0, 046.	0, 048.

Si la saturation eût été complète, on aurait dû trouver dans chaque essai environ 10 centigrammes de chaux.

Deuxième série. M Bertaud a essayé dans cette série de la chaux hydraulique plus énergique que les 1^{ères} et dont la prise cependant n'est complète qu'au bout de 40 jours. Il a fait 7 pesées chacune de 10 grammes. 4 ont été essayées sans addition de sable, 3 avec addition de 1 fois $\frac{1}{2}$ le volume de sable qui immergées aussitôt et soustraites au contact de l'air.

Un groupe a été placé dans des éprouvettes étroites ayant chacune 100 grammes d'eau d'immersion;

Un second dans des verres plus larges avec 100 grammes d'eau;

Un troisième également dans des verres mais avec 150 grammes d'eau;

Les 7^{es} pesées mise dans un tube de verre étroit couvertes de 100 grammes d'eau;

Cette série a donné les résultats indiqués dans les tableaux suivants.

Nombre de jours écoulés entre les épreuves	Nombre de centigrammes de Chaux dissoute par 50 grammes d'eau, dans le Mortier de						
	Chaux seule	Chaux et sable	Chaux seule	Chaux et sable	Chaux seule	Chaux et sable	Chaux seule
2	2 ^o 97.	1 ^o 83.	3 ^o 63.	1 ^o 27.	1 ^o 17.	1 ^o 62.	1 ^o 65.
4	1, 09.	2, 03.	2, 67.	2, 77.	1, 74.	2, 64.	1, 44.
8	1, 98.	2, 67.	5, 05.	6, 05.	2, 24.	2, 43.	2, 47.
13	2, 99.	2, 98.	5, 81.	5, 50.	2, 17.	2, 40.	0, 81.
26	0, 22.	1, 94.	9, 51.	8, 43.	2, 01.	3, 98.	0, 07.
Cotaux.....	8, 36	11, 45	26, 67	24, 00	10, 30.	13, 07.	6, 44.
Moyenne.....	1, 67.	2, 29.	5, 33.	4 80.	2, 06.	2, 61.	1, 29.
Surface du Mortier...	0 ^m , 00057.	0 ^m , 00057.	0 ^m , 00228.	0 ^m , 00229.	.....	.....	.....
hauteur du Mortier...	0, 029.	0, 032.	0, 008.	0, 008	.....	.....	.....
hauteur d'eau.....	0, 142.	0, 128.	0, 003.	0, 039.	.....	.....	.....

Si la saturation est été complète, on aurait dû trouver 10 centigrammes de chaux dans chaque essai.

Dans la troisième série, on n'a immergé le mortier que 12 heures après le gâchage: on a employé dans ces expériences 70 grammes de mortier et 150 d'eau; la chaux dissoute dans cette série a été beaucoup moins grande que dans les deux qui précèdent, ce qui est peut-être dû à ce que l'immersion a été retardée, et à la plus grande quantité de matière relativement à l'eau d'immersion.

Le Tableau suivant en le résumé de ces expériences

Nombre de jours écoulés entre chaque épreuve	Nombre de centigrammes de chaux dissoute dans 50 grammes d'eau		
	dans le mortier de chaux seule	dans le mortier de chaux et sable	dans le mortier de chaux seule
2.	0 ^o 78.	0 ^o 36.	0 ^o 84.
5.	1, 86.	3, 93.	0, 66.
10.	0, 65.	0, 42.	1, 27.
20.	0, 78.	3, 36.	0, 06.
Cotaux.....	4, 07	8, 07.	2, 83.
Moyenne.....	1, 02.	2, 02.	0, 71.

Une quatrième série a été faite avec de la chaux grasse, on a employé 65 grammes de chaux; cette dernière série d'expériences nous apprend: 1^o qu'il faut d'un temps assez long, de 10 jours par exemple, l'eau en repos sous la chaux ne sera pas complètement saturée; 2^o que la durée du contact, loin d'établir une solubilité proportionnelle à son étendue peut offrir dans un temps plus long une quantité moindre, ainsi qu'il résulte du Tableau ci-après;

Nombre de jours écoulés entre chaque épreuve	Nombre de centigrammes de chaux dissoute par 50 grammes d'eau.		
	dans le mortier de chaux seule	dans le mortier de Chaux et sable	dans le mortier de chaux seule
4.	9 ^o 15.	9 ^o 27.	6 ^o 06.
10.	10, 11.	10, 02.	7, 13.
20.	8, 22.	8, 28.	7, 87.
Cotaux.....	27, 48.	27, 57.	24, 06.
Moyenne.....	9, 16.	9, 19.	7, 02.

Si la saturation eût été complète, on aurait dû trouver 10 centigrammes dans chaque série.

Des Arènes.

Les Arènes sous des sables formés sur place par la destruction des terrains anciens; ils sont accumulés même au pied des montagnes au-dessous desquelles ils sont formés; ils sont très-abondants à la limite des terrains anciens et des terrains secondaires, comme dans le Périgord, le Rouergue, la Bourgogne, &c. Ces sables présentent une réunion de grains siliceux et de parties argileuses qui leur donnent la propriété de faire avec de la chaux grasse des mortiers hydrauliques. M. Girard de Landenberg, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à l'époque où il était chargé d'une partie de la canalisation de l'île a fait sous les arènes de la Dordogne des expériences nombreuses, dans le but de chercher la cause de leur vertu pouzzolanique, présumant qu'elle était due à l'argile qui entre dans leur composition. A cet effet il sépara par des lavages, les argiles et les sables qui formaient par leur réunion des arènes. Sous il connaissait l'énergie; il soumit à des expériences comparatives des argiles pures, plus ou moins creuses, telles qu'on en rencontre dans presque tous les pays, et des sables reconnus comme substances inertes.

2^{èmes} Expériences,
en desséchant les Argiles.

Dans les premières expériences, il a mélangé les argiles simplement séchées à l'air et réduites en poussière, avec moitié de son volume d'hydrate de chaux grasse; il les a ensuite immergées pour constater leurs propriétés hydrauliques: cette première série d'expériences a conduit M. Girard à diviser les argiles en trois classes suivant leur plus ou moins d'énergie.

Les mortiers fabriqués avec les premières, au bout de 10 ou 15 jours au plus, résistent à la pression du doigt sans en avoir l'empreinte, et ils ne prouvent aucune dépression sensible, par l'action d'une tige de fer de 0^m 0005 de surface chargée d'un poids de 2 lbs 10 grs: il a donné à ces premières argiles le nom d'Argiles bonnes pouzzolanes.

Les argiles de la seconde classe, ou argiles moyennes pouzzolanes, exigent un moindres doses de semblables résultats.

Enfin il réunit dans la troisième classe, sous le nom d'Argiles pouzzolanes nulles celles dont les mortiers qui restent moins indéfiniment et que le doigt traverse avec facilité.

Les argiles extraites des arènes, appartiennent généralement à la première classe; parmi les argiles naturelles beaucoup sont très-énergiques; les argiles nulles sont en général fortement creuses.

2^{èmes} Expériences
en calcinant les argiles.

Après ces essais qui avaient pour but de connaître les propriétés des argiles dans leur état naturel, M. Girard en a fait une seconde série sur les mêmes argiles calcinées au rouge brun, pendant 15 minutes; durant cette calcination qui a été faite dans un creuset ouvert, les argiles des deux premières classes ont subi une sorte d'ébullition, et leur couleur en devenant rouge brun foncé: ces argiles avaient perdu des quantités variables de leur poids, dues à l'eau qui s'était échappée.

Les argiles de la 3^{ème} classe, celles qui n'ont aucune propriété hydraulique, ne changent pas sensiblement de couleur par la calcination et éprouvent une très-faible perte.

En formant des mortiers avec ces argiles calcinées, dans les mêmes proportions et avec les mêmes chaux que précédemment, M^r Girard a trouvé ;

1^o. Que les Argiles de la première classe étaient toutes devenues, sans exception, d'excellentes Pouzzolanes ; c'est-à-dire que les mortiers fabriqués avec ces argiles avaient acquis au bout de deux jours assez de consistance pour résister entièrement à la pression du doigt : ils présentaient en outre, au bout de 15 jours, la même résistance à une pointe que ceux d'argiles crues âgés de 4 mois : en suivant cette comparaison jusqu'à des termes plus éloignés, les progrès des argiles calcinées devenaient plus lents que ceux des argiles crues ; et au bout d'une année il n'y avait plus de différence.

2^o. Les Argiles de la deuxième classe ont présenté à peu près les mêmes phénomènes, avec cette différence que les Pouzzolanes obtenues par la calcination, étaient généralement moins énergiques et donnaient des mortiers moins durs que les précédents. Il y avait d'ailleurs une différence beaucoup plus grande entre ces mortiers et ceux d'argiles crues, que pour les argiles de la première classe. Il fallut plus de huit mois aux mortiers d'argile crue, pour atteindre le degré de dureté que les autres obtenaient au bout de 15 jours.

3^o. Enfin les Argiles de la 3^{ème} classe ne paraissaient avoir presque rien gagné par la calcination, et les mortiers fabriqués avec elles étaient constamment mous sous l'eau.

La composition chimique des argiles n'indiquant aucune différence positive entre elles, M^r Girard sépara par l'acide hydrochlorique la partie soluble de celle qui résistait à l'action des acides et essaya de faire séparément des mortiers avec ces deux éléments différents. La liqueur contenait de l'Alumine et de l'oxide de fer, le résidu était composé de silice en gelée, et de silice et d'Alumine combinées ; après avoir précipité les substances dissoutes au moyen de l'Ammoniaque, il fit sécher les produits au soleil en ayant soin de ne point les calciner, ce qui aurait changé leur état ; et il les mélangea par portions égales avec de l'hydrate de chaux grasse.

Ces expériences lui donnèrent les résultats suivants.

1^o. Tous les mortiers formés avec la silice des argiles de la première classe avaient fait corps au bout de 36 heures, de manière à ce que la plus forte pression du doigt ne faisait point disparaître les inégalités qui existaient à la surface du mortier. Par l'essai avec une pointe, leur résistance était supérieure à celle des mortiers d'argiles calcinées âgés de 15 jours.

2^o. Les mortiers formés avec la silice extraite des argiles de la 2^{ème} classe, acquéraient une dureté moins considérable que les précédents.

3^o. Enfin ceux obtenus avec la silice extraite des argiles de la 3^{ème} classe, restaient mous indéfiniment.

4^o. Les mortiers formés dans chaque classe, avec le composé d'Alumine et d'oxide de fer séché légèrement, et qui par conséquent retenaient une quantité d'eau assez considérable, avaient fait corps après 12 à 15 heures d'immersion complète.

5^o. Enfin les mortiers formés par tous les éléments réunis à la fois, offrent à peu près les mêmes résultats que ceux de la silice pour les deux premières classes.

3^{ème} Expériences,
en décomposant les argiles.

m. g. 37.

Ces résultats conduisent à penser que les argiles diffèrent essentiellement les unes des autres par l'état dans lequel est la silice; dans les premières cette substance est faiblement combinée avec des oxides qui permettent la formation du silicate de chaux, tandis que dans les argiles de la troisième classe, la silice n'agit que comme matière inerte. Il faut remarquer en outre que la calcination a augmenté l'énergie des argiles les plus pouzzolaniques, ainsi il est toujours utile de les soumettre à cette opération, lorsqu'on veut en fabriquer des mortiers.

Des Grès.

La plupart des roches arénacées formées par l'agglomération de fragments roulés de roches anciennes, fournissent des substances propres à être mélangées avec la chaux. Une condition essentielle que doivent présenter ces roches, est de se désaggréger facilement. Les grès qui possèdent cette propriété ont fréquemment un ciment argileux, ils rentrent alors dans la classe des arènes, et leur énergie dépend de l'abondance du ciment et de la nature de l'argile qui les forme; ils sont alors solubles en partie dans les acides. Il est une certaine classe de grès très favorable à cet usage; ce sont les grès qui se rapprochent par leur âge, de la formation connue sous le nom de Grès bigarré, et qui ont été désignées plus spécialement depuis quelques années sous le celui d'Arkose; ce sont principalement les Arkoses à pâte argileuse, dont nous parlons.

Quelques Grauwackes, formées de la réunion de grains de Quartz, de Schiste, de Feldspath et de parcelles de Mica, agglutinées par un ciment argileux et ferrugineux fournissent aussi quelque fois par leur mélange avec de la chaux grasse, des mortiers hydrauliques assez bons. Ces Grauwackes ont été d'une très grande utilité pour les travaux du Canal de Nantes à Brest, ligne sur laquelle on avait désespéré de trouver des ressources locales. C'est M^r Avril, Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé de la partie des travaux de ce canal qui traverse le Finistère, auquel on doit cette découverte, dont les résultats ont été fort importants. Suivant la description, que M^r Avril a donnée de ces Grauwackes, lorsqu'elles sont en parties décomposées, (état sous lequel on peut seulement les employer) elles ont une couleur jaune rougeâtre, sont assez tendres pour se pulvériser sous les doigts, mais elles se durcissent à l'air et au feu, ce qui permet d'en former des voûtes à la manière de la pierre calcaire pour en exécuter la cuisson; ces roches donnent un ciment de qualité médiocre après 10 heures de cuisson dans un four à chaux. Ces Grauwackes sont en partie solubles dans les acides: traitées par l'acide hydro-chlorique, plusieurs échantillons ont donné pour la proportion moyenne des principes solubles

Alumine 5,20

Oxide de fer 8,80

Le mortier employé par M^r Avril était composé de chaux grasse mesurée en pâte 1 partie
Osamanite calciné et pulvérisé 3 parties;
le temps de la prise a été de 17 jours: la tige d'épreuve s'est enfoncée de 10,20 millimètres sur du mortier qui avait un an d'immersion.

Il existe plusieurs autres grès qui donnent des Pouzzolanes de bonne qualité, nous citerons particulièrement un grès appartenant au terrain tertiaire, découvert par M^r Minard à l'époque où il était chargé d'une partie de

L'exécution du canal S^t Quentin et auquel il a donné le nom de grès Pouxolanique. Nous transcrivons ici les principales propriétés de ce grès, ainsi que les expériences faites par M^r Minard.

„ Je l'ai trouvé dans les environs de La Fère * dit M^r Minard, en bancs continus d'une grande étendue, de 2 à 5 mètres d'épaisseur et posés immédiatement sur la craie: elle est de couleur grise ou jaunâtre: elle se présente sous la forme de sable, de grès friable ou de grès moyennement dur qu'on emploie dans les constructions. Sa consistance varie entre ces trois états. »

„ Le sable composé de grains noirs et blancs est excessivement fin; il est aggloméré dans le grès par une gangue argileuse dans laquelle réside la vertu pouxolanique, de même que dans les arènes du Périgord. »

„ Cette substance fait rarement une très faible effervescence avec les acides; elle contient quelquefois de petits morceaux de silex noir, de quartz et des veines d'argile ocreuse. »

„ Pulvérisée et triturée avec la chaux non hydraulique du pays, elle donne, comme je l'ai dit, des mortiers qui s'endurcissent promptement sous l'eau. »

„ Les meilleures proportions du mélange paraissent être de trois parties de grès en poudre, sur une partie de chaux en pâte. »

„ Ces mortiers étant argileux et très-gras, ont besoin d'être triturés plus longtemps que les mortiers ordinaires; cette opération doit être faite à deux reprises et à 12 heures environ d'intervalle, afin de donner à l'argile le temps de s'humecter et de s'attendrir. »

„ La propriété pouxolanique semble être en raison de l'adhérence des parties. Les grès moyennement durs donnent des résultats égaux à ceux des pouxolaniques d'Italie; les grès friables peuvent être mis sur la même ligne que les bons ciments de briques du pays, mais les sables n'ont qu'une faible qualité pouxolanique. »

„ Tel est le résultat général où m'ont conduit les nombreuses expériences que j'ai faites sur cette substance depuis deux ans, et dont quelques unes composent le tableau qui est à la fin de cette notice. »

„ Les grès friables sont si tendres que la dépense de leur pulvérisation ne peut être évaluée. Elle se réduit à celle du criblage. Il est essentiel de n'employer que des parties très-fines; celles qui seraient trop grosses, ne se combindraient point intérieurement avec la chaux, conserveraient leur faible consistance et nuiraient beaucoup à celle du mortier. »

„ Les grès pouxolaniques reviennent à la carrière à 1,60 le mètre cube, et sur les bords du Canal Crozat, près la Fère, à 3,00. On pourra donc les avoir à 5,00 sur les rives du canal S^t Quentin, du canal du Duc d'Angoulême et de l'Oise, où le ciment coûte maintenant 14^{fr} et où la chaux hydraulique naturelle ou artificielle revient à 30,00 le mètre cube: il en résultera une grande économie dans les bétons. »

„ Si on voulait employer les grès pouxolaniques jusqu'à égalité de dureté de la brique, on aurait encore

* Il en existe aussi quelques bancs sur les bords mêmes du canal Crozat.

- » une pouzzolane moins chère que le ciment et plus énergique.
- » Le grès fiable contient en volume environ 30 p^o de gangue argileuse jaunâtre, mesurée en poudre desséchée au soleil.
- » Le sable se sépare de la gangue par la pulvérisation, le lavage et la décantation; cette opération est très longue et difficile: la séparation n'est jamais complète, à cause de l'extrême ténuité du sable.
- » Celui-ci isolé de la gangue est de couleur grise et donne des mortiers dont la prise est très lente; peut-être n'aurait-elle jamais lieu s'il était possible d'enlever les dernières parties d'argile.
- » La gangue seule des mortiers très hydrauliques.
- » Le grès naturel qui n'est autre chose que le mélange du sable et de la gangue donne cependant des mortiers qui suivent de très près ceux de la gangue seule. Ainsi l'action pouzzolanique de cette argile est très peu affaiblie par la présence du sable, résultat analogue à celui qu'offrent les mortiers de pouzzolanes volcaniques dont l'effet est peu altéré par le mélange d'une portion notable de sable quartzeux.*
- » Exposé pendant quelques heures sur des charbons de bois ou dans des fours à chaux, le grès pouzzolanique fiable change de couleur, devient plus grenu, exige plus de chaux dans la composition du mortier et paraît plutôt perdre qu'acquies de la qualité pouzzolanique: mais chauffé en poudre sur une plaque de fer, jusqu'au rouge brun, et pendant une demi-heure, il donne des mortiers aussi actifs que la pouzzolane d'Italie. J'ignore encore s'ils conserveront cette supériorité au bout d'une année, ou si à cette époque ils seront égalés par les grès non torréfiés ainsi que cela arrive aux arènes du Périgord.
- » M^r Vicat ayant annoncé que les pouzzolanes décomposaient l'eau de chaux et que leur action sur cette dissolution était en quelque façon proportionnelle à leur énergie respective, j'ai dû comparer sous ce rapport le grès pouzzolanique avec d'autres pouzzolanes connues.
- » J'ai trouvé que du grès dur torréfié avait plus d'action sur l'eau de chaux que la Pouzzolane d'Italie. Une partie pondérale de grès décompose une partie et demie d'eau de chaux en dix heures, tandis que dans les mêmes proportions, la pouzzolane d'Italie, plus énergique que ce grès, n'avait pas encore décomposé l'eau de chaux au bout de trois mois.
- » Une partie de Grès fiable en décompose une partie d'eau de chaux en moins d'une demi-heure, et une partie d'argile séparée par lavage en décompose huit dans le même espace de temps.
- » Quoique les grès pouzzolaniques paraissent être aussi énergiques que les bonnes pouzzolanes, cependant plusieurs échantillons ont montré à leur surface l'amolissement signalé par M^r Vicat pour les bétons de chaux grasses et de pouzzolanes faibles; cette marche, en apparence rétrograde, a été observée sur les mortiers d'Arènes par M^r Girard, qui

* M^r Girard a remarqué que les arènes du Périgord, mélange d'argile pouzzolanique et d'un sable qui ne l'est pas, donnaient des mortiers hydrauliques plus résistants que la gangue seule.

» a trouvé qu'elle n'était que superficielle, et que la solidification
 » du centre augmentait toujours. * C'est aussi ce que j'ai
 » observé dans mes échantillons : l'amolissement devait être
 » d'autant plus marqué chez eux, qu'il était favorisé par une
 » trop forte dose de chaux, n'ayant pas comme dans le commen-
 » cement de mes expériences, la meilleure proportion (le tiers
 » de chaux) à donner au mélange. »

» Ainsi, dans les ouvrages de quelque importance et
 » jusqu'à ce qu'on soit plus éclairé par l'expérience, on devra
 » préserver les mortiers de grès pouzzolaniques et chaux
 » grasse du contact immédiat de l'eau, soit par des jointoi-
 » ments, soit par des parements où l'on emploiera une
 » chaux hydraulique.

» Il paraît d'ailleurs que l'action moléculaire des
 » bétons de grès pouzzolaniques ou leur combinaison com-
 » plète avec la chaux ne s'achève qu'au bout d'un temps
 » très long : plusieurs de mes échantillons n'ont éprouvé qu'a-
 » près 11 mois d'immersion cette dilatation qui souvent
 » rompt les verres contenant les bétons. L'un d'eux ne s'est
 » dilaté qu'au bout de vingt trois mois, et un autre au bout
 » de deux ans. Si la dissolution de la chaux a lieu jusqu'à
 » cette époque, on conçoit l'altération qui en peut résulter
 » dans la compacité du béton.

» Un à une chaux hydraulique moyenne, le grès
 » pouzzolanique a donné des bétons encore plus énergiques
 » qu'avec la chaux de Craie, et comparé au ciment ordinaire
 » uni à la même chaux hydraulique, il n'a pas été trouvé
 » inférieur.

» Les mortiers hydrauliques étant le but particulier
 » de mes recherches, je n'ai point examiné comment se com-
 » portaient les mortiers de grès pouzzolaniques exposés
 » à l'air cependant je les crois, dans ce cas inférieurs aux
 » mortiers de ciment et surtout de pouzzolane.

» J'ai comparé les grès pouzzolaniques avec les
 » psammites et les arènes dont M. M^{rs} Avril et Girard ont
 » bien voulu m'envoyer les échantillons, et d'après quelques
 » expériences que j'ai faites sur ces substances, j'ai reconnu
 » que la nouvelle pouzzolane de Picardie ne le cédait en
 » rien à celles de Basse-Bretagne et de Périgord, si même
 » elle ne leur est supérieure ; ainsi l'on doit attendre
 » d'elle les mêmes services et les mêmes avantages.

* J'ai eu lieu de remarquer accidentellement la marche rétro-
 » grade dans des bétons de chaux très-hydraulique, et même dans le
 » ciment Parker. Elle était accompagnée de l'existence de zones
 » superficielles de couleur plus foncée. Je n'ai pu l'expliquer que
 » par l'action d'une substance saline qui se forme avec une grande
 » facilité sur les bords des verres qui contiennent les bétons, lorsqu'on
 » néglige de renouveler l'eau assez souvent et de tenir les verres
 » propres. On jugea par la saveur, ce sel devait du nitrate de
 » potasse.

m. g. 38.

Tableaux de quelques-unes des expériences faites sur les mortiers de Grès pourzolaniques.

N ^o	Indication des échantillons.	Temps pour porter sans dépression une tige chargée			Enfoncement d'une tige pointue, pesant d'un poids constant, tombant de 0 ^m .10 de haut.				
		de 0 ^k .3	de 0 ^k .77	de 1 ^k .26	1 mois	3 mois	6 mois	12 mois	24 mois
		jours	jours	jours	mill.	mill.	mill.	mill.	mill.
Grès de moyenne dureté.									
1	Grès gris	1	1	2	6.2	6.4	6.7	5.4	5.2
2	Grès gris	1	2	3	6.3	6.0	7.3	6.5	4.5
3	Grès gris et chaux fusée à l'air	2	4	5	7.1	7.0	7.8	7.1	6.0
4	Grès gris débarrassé par lavage des parties fines	4	"	8	6.2	7.0	6.3	6.7	7.0 ⁽⁶²⁾
5	Les parties fines des précédentes recueillies sur le filtre	3	5	8	6.7	5.8	5.7	6.0	4.5
6	Grès gris	2	4	5	6.3	5.5	6.5	5.2	5.6
7	Grès jaune	4	6	8	6.1	6.1	6.5	5.9	5.3
8	Grès du N ^o 6 pulvérisé et lavé à grande eau qui a emporté les parties fines	5	"	7	"	7.0	8.0	6.4	7.0
9	Grès gris, chaux 1/3	1	"	2	6.0	6.1	5.9	5.0	4.5
Grès friables.									
10	Grès gris	3	4	5	6.5	6.8	7.0	5.5	6.4 ⁽⁶¹⁾
11	Grès gris	3	6	8	6.2	6.3	7.4	6.8	7.0 ⁽⁶⁹⁾
12	Le même que le précédent	3	6	8	"	"	"	7.3	6.5
13	Grès N ^o 11, chaux 1/3	4	"	7	6.7	5.7	"	"	"
14	Grès gris et chaux 1/3	6	9	"	11.0	"	8.9	7.2	"
15	Grès gris	13	17	"	"	10.5	11.5 ⁽⁹⁾	8.9	"
16	Grès jaune	13	21	"	"	12.4	11.0	9.5	"
17	Grès gris	8	13	20	"	10.5	8.6	6.6	"
Sables.									
18	Sable gris, entre deux bancs de grès	16	30	"	"	"	"	13.0	"
19	Sable gris, entre grès et terre	77	227	"	"	"	"	15.0 ⁽¹²³⁾	"
Autres Pourzolanes naturelles et artificielles, à comparer.									
20	Pourzolane d'Italie	1	4	5	6.3	5.9	"	5.4	4.0
21	Ciment ordinaire de briques	5	"	"	"	11.5	9.4	9.0	6.7
22	Ciment ordinaire moins cuit	9	"	14	"	"	9.5	7.8	"
23	Banquette crue de Basse-Bretagne, envoyée par M ^r Avril	10	18	"	"	"	"	"	"
24	Banquette cuite, idem	6	11	27	"	"	10.2	6.2	"
25	Arène envoyée par M ^r Girard, en chaux 2/5	9	23	90	"	"	"	11.0	"

Observations.

Les enfoncements qui sont entre parenthèses, sont ceux qu'on a trouvés après avoir enlevé une couche supérieure de quelques millimètres.

Excepté les fois que la proportion de chaux n'est pas spécifiée, elle est d'une partie de chaux en pâte sur deux de grès et d'autres pourzolanes en poudre de même finesse.

La chaux employée est faite avec de la Craie; elle donne avec le sable pour un mortier qui recouvre l'eau après la trituration, est aussi mou au bout d'un an qu'au moment de l'immersion.

La tige de pression qui a servi à constater la prise, est celle de M^r Vicat; elle a 0^m.0012 de diamètre quand elle est chargée de 0^k.3, elle est pour la même surface environ sept fois plus pesante que celle qui est indiquée pour la première prise de M^r Girard, dans sa Notice sur les Arènes.

La machine qui a servi à déterminer la résistance au bout d'une ou deux années, a été faite sur le premier modèle indiqué par M^r Vicat; elle donne des enfoncements qui sont généralement plus grands de 0^m.0015 que ceux de la machine de M^r Vigoureux, dont parle M^r Girard, dans l'ouvrage précité. Les enfoncements dans la briques bien cuites sont de 3, 5, et dans le plomb fondu de 2, 5.

En parlant des Ciments, nous avons déjà indiqué les principales propriétés des argiles employées pour la fabrication des mortiers. Les argiles sont essentiellement composées de silice et d'Alumine; souvent les argiles présentent des mélanges qui changent leurs propriétés. Les argiles hydratées, c'est-à-dire, celles qui contiennent de l'eau en combinaison sont beaucoup plus favorables à la fabrication des mortiers que les autres. Il est rare de se servir des Argiles comme elles sortent du sein de la terre; on les calcine ordinairement pour les transformer en Pouzzolanes artificielles, ainsi que nous le dirons plus tard.

Les Briques pilées, connues plus particulièrement sous le nom de Ciment, produisent le même effet que les argiles calcinées; seulement la calcination a été poussée trop loin, et souvent même il y a eu un commencement de vitrification qui change quelquefois en une matière inerte une argile qui aurait donné une bonne Pouzzolane, si elle avait été cuite à un degré convenable.

16^{ème} Leçon.

Des Pouzzolanes.

On désigne sous le nom de Pouzzolanes des substances qui mélangées avec de la chaux jouissent de la propriété de donner des mortiers qui font prise sous l'eau.

Les Pouzzolanes sont naturelles ou artificielles; naturelles quand on les emploie telles qu'elles sortent du sein de la terre; artificielles lorsque les substances qui les fournissent, les argiles par exemple, subissent une préparation avant d'être mélangées à la chaux.

Les Pouzzolanes suivant leur nature ont des propriétés hydrauliques plus ou moins prononcées, on les désigne alors par les mots très énergiques, peu énergiques, ou inertes: ces mots n'ont pas besoin d'explication; cependant M. Vicat y a attaché une signification presque mathématique, en désignant par ces expressions des mortiers qui font prise en un certain nombre de jours: il dit qu'une Pouzzolane est très énergique, quand, mêlée dans une certaine proportion avec de la chaux grasse éteinte par le procédé ordinaire, elle produit un mortier capable;

- 1^o De faire corps du 1^{er} au 3^e jour après l'immersion;
- 2^o D'acquies après un an la dureté de la brique;
- 3^o De donner une poussière sèche sous la scie à ressort;

Une pouzzolane est énergique, quand, mêlée dans une certaine proportion de chaux grasse éteinte par le procédé ordinaire, elle donne un mortier qui,

- 1^o fait prise du 4^e au 8^e jour;
- 2^o Acquies après un an d'immersion la dureté de la pierre très tendre;

3^o Donne une poussière humide sous la scie à ressort.

Une Pouzzolane peu énergique est celle qui, dans les mêmes circonstances, donne un mortier capable;

- 1^o De faire prise du 10^e au 20^e jour;
- 2^o D'acquies, après un an d'immersion la dureté du savon;
- 3^o D'empêcher la scie.

Enfin

Enfin les Pouzzolanes inertes sont les matières qui, mises en proportion convenable avec de la chaux grasse en pâte, ne changent rien à la manière dont cette chaux immergée se comporte dans l'eau.

Des Pouzzolanes naturelles.

On désigne sous ce nom des matières volcaniques pulvérulentes, produites en général par la désagrégation des roches volcaniques modernes; les terrains volcaniques brûlants et les terrains volcaniques à cratères présentent également des couches assez puissantes de Pouzzolanes, souvent ces fragments forment de petites couches interposées entre les coulées, fréquemment aussi, ils se trouvent au pied des courants de lave: quelquefois on emploie comme Pouzzolane des laves poreuses que l'on réduit en fragments par le cassage. Ces substances très abondantes à Pouzzole, près Naples, ont d'abord été employées en Italie, pour les constructions sous l'eau; leurs propriétés les ayant fait rechercher, on les a fait venir à grands frais de Pouzzole, et il y a 50 ans au plus, les pouzzolanes étaient employés quand on avait besoin d'un ciment hydraulique fort énergique. On a donné par comparaison le nom de Pouzzolane artificielle aux différentes substances qu'on a reconnues depuis pour servir à donner des ciments faisant prise sous l'eau avec des chaux ordinaires.

Nature des Pouzzolanes.

Ces substances sont cavernueuses, scoriacées et portent l'empreinte du feu dont l'action a été plus ou moins vive; elles sont sèches au toucher, dures, rayent le verre, très résistantes au choc du marteau dont souvent elles prennent l'empreinte. La couleur des Pouzzolanes est généralement le brun; elles passent au gris, au noir, au jaune et même au rouge suivant la quantité d'oxide de fer qu'elles contiennent.

Les Pouzzolanes sont essentiellement composées de silice et d'alumine combinées avec un peu de chaux, de potasse, de soude, de Magnésie et de fer: cette dernière substance est en outre très fréquemment à l'état de mélange dans les Pouzzolanes.

Action des Acides.

Les Pouzzolanes se comportent très diversement avec les acides; quelques-unes sont entièrement inattaquables par ces agents; d'autres au contraire, y sont solubles en partie; l'acide sulfurique concentré exerce une action plus ou moins active sur la plupart des Pouzzolanes; leur surface se couvre de sulfate d'alumine due à la décomposition de la pierre; cette action qui se manifeste quelquefois assez promptement, est dans quelques cas plusieurs mois avant de se développer.

Action de l'eau de Chaux.

D'après des expériences de M. Vicat, les pouzzolanes, à l'état pulvérulent, mises dans de l'eau de chaux l'impide, la dépouillent plus ou moins; elle lui rendent même toute sa pureté quand elles sont en quantité suffisante.

Des Pouzzolanes artificielles.

On désigne sous ce nom les substances qui convenablement calcinées, sont susceptibles de donner des mortiers hydrauliques par leur mélange avec la chaux.

La plupart des substances que nous avons indiquées, les Arènes, les sables, les argiles, les Psammites donnent des Pouzzolanes artificielles; quelques autres que nous n'avons pas citées, telles que les roches anciennes altérées, les Granites, les Gneiss, certains schistes argileux possèdent également la

propriété Pouzzolanique à un assez haut degré. Pour que ces roches soient susceptibles de donner une Pouzzolane artificielle, il paraît nécessaire qu'elles ayent éprouvé un commencement de décomposition, et qu'une partie du Feldspath soit devenu soluble dans les acides. L'énergie de ces Pouzzolanes artificielles est d'autant plus grande qu'il y a eu plus de feldspath attaqué, résultat entièrement analogue à ce que nous avons vu pour les Crènes.

Les Pouzzolanes artificielles se comportent avec les acides et avec l'eau de chaux comme les Pouzzolanes naturelles: cette action est augmentée par la calcination à la température du rouge brun; c'est à M^{rs} Vicat qu'est due la démonstration de ce fait important; jusques alors on avait pensé que les argiles à l'état naturel étaient plus facilement attaquables qu'après avoir été calcinées: cette erreur rendait tout-à-fait improbable une action chimique quelconque dans la solidification des mortiers.

La fabrication des Pouzzolanes artificielles se réduit presque toujours à un simple calcination, mais elle doit être faite de manière;

- 1^o. Que les matières acquièrent assez de consistance pour ne plus faire pâte avec l'eau;
- 2^o. Qu'elles atteignent le minimum de pesanteur spécifique;
- 3^o. Qu'elles deviennent plus facilement attaquables par les agents chimiques.

On remplit ces conditions à l'aide d'une cuisson modérée, et tellement dirigée d'ailleurs qu'il soit possible à l'air d'atteindre toutes les parties de la matière en incandescence. La supériorité des Pouzzolanes faites à l'air libre sur celles en vases clos est incontestable. Cette supériorité paraît due d'après les expériences de M^{rs} Betot à la difficulté matérielle de faire une calcination homogène dans des vases clos; ainsi en opérant dans des creusets, une faible partie de la pouzzolane est calcinée d'une manière convenable; tandis que les parties en contact avec le creuset ayant déjà éprouvées un commencement de vitrification, ont dépassé le maximum d'énergie, et que la Pouzzolane placée au centre ne l'a pas encore atteint.

Une question intéressante est de connaître le degré de torréfaction qui donne aux Pouzzolanes la plus grande énergie. Cette température n'est pas absolue, elle est en rapport avec la nature des substances ainsi qu'il résulte des expériences suivantes dues à M^{rs} Betot.

Cet Ingénieur a fait à la fois des expériences sur le Grès décomposé employé dans les constructions hydrauliques de Brest, et sur des argiles creuses. Il a calciné ces deux espèces d'éléments sur des plaques de tôle placées sur une petite forge chauffée par un feu de charbon de bois: pour avoir un terme de comparaison, il a calciné sur ces plaques, concurremment avec ces Pouzzolanes 100 grammes de poudre de pierre à chaux hydraulique, laquelle d'après la composition de cette pierre contenait 33 grammes d'acide carbonique.

Cette pierre à chaux au bout de

10 minutes de torréfaction, a perdu	8, 33
15' ————— is ————— is	30, 00
20' ————— is ————— is	32, 85
45' ————— is ————— is	33, 00

m. g. 39.

Conditions de la fabrication des Pouzzolanes artificielles.



Les échantillons obtenus dans les trois dernières expériences ont foisonné et fusé comme la chaux hydraulique ordinaire, à sa sortie du four; ainsi la température que l'on a obtenue et la durée correspondait à peu près au temps nécessaire pour la cuisson des chaux hydrauliques.

Le sable de Gneiss et l'argile exposés sur les mêmes plaques ont donné les résultats consignés dans les deux tableaux suivants;

1°. pour le sable de Gneiss;

Durée de torréfaction.....	0 ^{min}	3 ¹ / ₂	5 ¹	7 ¹ / ₂	10 ¹	15 ¹	20 ¹	40 ¹	60 ¹	120 ¹
Perte de poids sur 100 gr ^{es}	11 ²	6 ² / ₂₀	6 ² / ₃₀	11 ²	7 ² / ₃₀	.....	7 ² / ₁₅	.....	.....	.....
Ordre dans lequel a eu lieu la vitesse de prise des mortiers.....	4 ¹	3 ¹	1 ¹	1 ¹	1 ¹	2 ¹	3 ¹	4 ¹	5 ¹	5 ¹
Durété après deux mois.....		400 ²	800 ²	800 ²	800 ²	500 ²	500 ²	300 ²	250 ²	150 ²

Nota. Il n'a pas toujours été possible d'évaluer la perte à cause de l'adhérence aux plaques.

La durété a été éprouvée par une tige de fil de fer de 0^m,0012 de diamètre.

2°. Argile ocreuse;

Durée de torréfaction.....	5 ^{min}	7 ¹	10 ¹	15 ¹	20 ¹	25 ¹	30 ¹	40 ¹	60 ¹	120 ¹
Perte de poids.....	11 ²	11 ²	9 ² / ₅₀	9 ² / ₆₅	11 ² / ₆₀	11 ²	12 ² / ₂₀	12 ² / ₅₀	11 ²	11 ²
Ordre dans lequel a eu lieu la vitesse de prise des mortiers.....	4 ¹	3 ¹	3 ¹	2 ¹	1 ¹	1 ¹	2 ¹	4 ¹	5 ¹	6 ¹
Durété après deux mois.....	900 ²	1000 ²	1000 ²	1100 ²	1500 ²	1500 ²	1200 ²	600 ²	500 ²	200 ²

Toutes ces Pouzzolanes étaient d'un rouge très prononcé, sauf celle obtenue dans la première expérience; elle avait encore la couleur naturelle du sable.

Il résulte de ces tableaux que le degré de chaleur nécessaire pour convertir l'argile ocreuse en bonne pouzzolane diffère peu de celui qui correspond à la cuisson complète de la chaux et par conséquent correspond à la température propre à la cuisson de la bonne brique, tandis que pour le sable de Gneiss cette température doit être moindre, le maximum dans le dernier cas ayant correspondu à 10, tandis que dans le second il a eu lieu à 25¹.

Des expériences en grand ont donné des résultats qui sont semblables.

M. Petot, a calciné la même argile dans le fourneau à reverberé dont il se sert pour le Gneiss

pendant { 42 minutes,
2 heures,
3 heures.

La Pouzzolane obtenue après 42 minutes de calcination a fait une prise imparfaite.

La seconde a fait prise en 20 jours, après 15 mois les mortiers fabriqués avec cette Pouzzolane ont offert une résistance correspondante à 1^{kilo}/₄₄.

La troisième a fait prise en 11 jours; sa résistance à la rupture après 15 mois était de 3^k/₁₂.

La même

La même argile cuite en briques a fait prise en 7 jours, et sa résistance à la rupture après 8 mois était de 8^h 50; tandis que pour de la Pouzzolane d'Italie, la vitesse de prise a été de 7 jours, et sa résistance à la rupture après 8 mois de 7^h 43.

Il résulte donc de ces expériences que le fourneau à reverbère employé n'était pas susceptible de produire une chaleur assez grande pour donner à la Pouzzolane son maximum d'énergie.

Lorsque la torréfaction approche de la vitrification, l'énergie pouzzolanique diminue dans une très grande progression; le sable de Queiss précède ainsi que les argiles calcinées en vases clos jusqu'à ce qu'elles portent des traces de vitrification on donne des Pouzzolanes qui au bout de quinze jours n'avaient point fait prise avec l'eau et n'annonçaient qu'une matière inerte.

Moyens différents de calciner les Pouzzolanes artificielles.

On peut employer plusieurs méthodes différentes pour la fabrication des Pouzzolanes artificielles. La première et la meilleure consiste à pulvériser préalablement l'argile ou toute autre substance dont on a fait choix: on l'étend ensuite en couches de 0,01^m au plus d'épaisseur sur une plaque de fer chauffée à un degré compris entre le rouge cerise et le rouge à étirer; on l'y laisse ensuite rougir au même point pendant un temps qui varie, suivant les matières, de 5 à 25 minutes. On a soin de remuer continuellement la poussière avec un petit ringard, afin que toutes les parties en soient bien uniformément calcinées. Les Argiles ou psammites ocreuses, d'un rouge brun ou orange ou sanguin très prononcé, exigent un coup de feu plus élevé et plus longtem. soutenu que les autres; 20 minutes et une incandescence plus voisine du rouge à étirer que du rouge cerise, paraissent être les termes qui leur conviennent. Les tâtonnements sont du reste très faciles, et fournissent la règle la plus sûre que l'on puisse donner. Le mode de cuisson que nous venons d'emprunter textuellement à l'ouvrage de M. Vicat, n'a pas encore été appliqué en grand; il offre des difficultés.

1^{re} Méthode.

La seconde méthode consiste à rendre la matière extrêmement poreuse et perméable à l'air si elle ne l'est pas déjà, et à la cuire ensuite à la manière de la brique; mais dans les régions les plus élevées des fours à chaux, point où la chaleur n'est jamais assez forte, non seulement pour vitrifier, mais même pour donner à la brique fusible le degré de cuisson exigé par le Commerce.

2^{ème} Méthode.

On rend la matière poreuse en la pétrissant avec un égal volume de sable quartzeux; après quoi, on la divise en pains ou prismes qu'on laisse sécher et durcir convenablement. Ce moyen convient surtout aux argiles fusibles et compactes; mais ces Pouzzolanes ont l'inconvénient d'être sableuses. On pourrait l'éviter en substituant au sable des substances combustibles très divisées comme de la sciure de bois, de la paille hachée, &c...

M. Bruyère Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, s'est beaucoup occupé des moyens de donner de la porosité aux Pouzzolanes artificielles, il a employé les différentes substances que nous venons d'indiquer; il a fait en outre des mélanges

chaux, qui ont donné des résultats avantageux. Mons^r de J^r Léger a répété ces expériences en grand; et il a reconnu que le mélange de trois parties d'argile en poudre avec une chaux grasse en pâte était celui que l'on devrait préférer. Les pouzzolanes qui résultent de ce mélange, donnent par une cuisson modérée des ciments très actifs. Sous la prise se décide en quelques heures; mais ces mortiers ne parviennent dans la suite qu'à un médiocre degré de dureté.

Calcination ordinaire.

Cette troisième méthode, la seule employée en grand, consiste à faire cuire, telle que la nature la donne, la matière que l'on veut transformer en Pouzzolane: il convient seulement de la réduire en fragments gros au plus comme un œuf, et de la tenir pendant quelques temps à la température du rouge obscur.

Les fours à chaux ordinaire suffisent pour cette opération simple: on se sert aussi avantageusement pour cet usage de différents fourneaux que nous avons fait connaître, en parlant des fours à chaux.

Produits d'arts pouvant servir comme Pouzzolanes.

Les Arts nous fournissent plusieurs Pouzzolanes artificielles: les premières sont les fragments de tuiles que j'ai déjà eu occasion de citer: les cendres de tourbe et de houille donnent des pouzzolanes énergiques, les laitiers de hauts fourneaux, les crasses de forges, &c..., sont ordinairement peu énergiques.

Le Ciment particulier connu sous le nom de Ciment d'eau forte, formé d'une combinaison d'argile et de potasse, résultant de la calcination de l'argile et du Nitre dans les chambres de plomb est très énergique mais d'un prix fort élevé.

Mélange convenable de chaux et de Pouzzolanes.

Les substances employées comme Pouzzolanes, doivent suivant leur énergie être mélangées avec des chaux de nature variable, de manière que leurs propriétés soient compensées; ces mélanges doivent aussi varier suivant l'usage qu'on se propose d'en faire.

1^o Pour les constructions sous l'eau.

Lorsque les mortiers doivent être constamment sous l'eau, ou exposés à l'humidité; ils doivent pour acquies une grande dureté, être composés de la manière suivante; on doit associer

- » 1^o Avec les chaux grasses; les Pouzzolanes naturelles ou artificielles très énergiques; »
- » 2^o Avec les chaux moyennement hydrauliques; les Pouzzolanes naturelles ou artificielles simplement énergiques: — les Arènes et les Psammites énergiques: — les Pouzzolanes très énergiques, mélangées de moitié de sable. »
- » 3^o Avec les chaux hydrauliques; les Pouzzolanes naturelles ou artificielles peu énergiques, ou énergiques, mélangées de moitié de sable: — les Arènes et les Psammites peu énergiques. »

* Ouvrage de M^r Vicat, page 36.

« 4^e Avec les chaux éminemment hydrauliques; les
 « matières inertes, telles que sables, laitiers &c. »

Dans la fabrication des mortiers et ciments qui doivent
 être constamment exposés aux intempéries de l'atmosphère;
 on doit associer

1^o Pour les Constructions
 à l'air.

« 1^o Avec les chaux hydrauliques; les sables purs; — les
 « poussières quartzenses; — les poussières calcaires.

« 2^o Avec les chaux éminemment hydrauliques; les sables
 « purs; — les poussières quartzenses; — les poussières
 « calcaires, &c. »

« Avec les chaux grasses, aucune substance ne peut
 « donner un bon résultat; il en est de même avec les chaux
 « moyennement hydrauliques »

D'après ces indications qui résultent de nombreuses
 expériences, on voit qu'il faut combiner les chaux grasses très
 caustiques avec les substances très énergiques; et vice versa,
 les chaux hydrauliques et peu caustiques avec les
 substances inertes

Proportions du mélange.

Les proportions dans lesquelles on doit mélanger la chaux
 et les substances qu'on y ajoute, sont également très
 importantes à connaître.

Pour les mortiers destinés aux constructions sous l'eau, on
 admet généralement les proportions suivantes: avec les arènes, les
 psammites et les argiles qui paraissent peu avides de chaux,
 on met moyennement 1 partie en volume de poudre sèche d'une
 part, et de l'autre 0,15 à 0,20 de chaux grasse éteinte en
 pâte forte par le procédé ordinaire, ou 0,20 à 0,25 de
 chaux moyennement hydraulique, ou enfin 0,25 à 0,30 de
 chaux hydraulique.

1^o Dans les Constructions
 sous l'eau.

Les Pouzzolanes énergiques et très énergiques demandent
 dans les mêmes circonstances 0,30 à 0,50 de chaux grasse, ou
 0,40 à 0,60 de chaux moyennement hydraulique.

Les sables quartzens ou calcaires demandent, en chaux
 hydraulique, ou éminemment hydraulique de 0,50 à 0,66.

On peut dire qu'il vaut mieux graver par défaut que
 par excès de chaux, dans le cas de chaux grasse et de
 Pouzzolane quelconque; et vice versa, quand il s'agit de
 chaux hydraulique ou éminemment hydraulique mêlée avec
 les sables quartzens ou calcaires.

Pour les mortiers constamment exposés à l'air; la
 résistance de ceux qui renferment de la chaux très grasse, éteinte
 par le procédé ordinaire, croît à partir de 50 à 200 parties de
 sables sur 100 de chaux, et décroît au delà.

2^o Dans les Constructions
 extérieures.

Quand la chaux a été éteinte par immersion, ou spontanée-
 ment, la résistance croît depuis 50 parties de sable jusqu'à
 220 et décroît indéfiniment au delà.

Quant aux mortiers qui renferment de la chaux simple-
 ment hydraulique; lorsqu'elle est éteinte par le procédé
 ordinaire, la résistance croît à partir de 0, jusqu'à 180 parties
 de sables pour 100 de chaux, puis décroît indéfiniment.

Lorsque cette chaux est éteinte par immersion, la résistance croît à partir de 0 jusqu'à 170 parties de sable pour 100 parties de chaux en pâte forte, puis décroît infiniment au delà.

Les proportions que nous indiquons sous le nom d'être absolues; on voit que les procédés d'immersion apporte quelques différences sur les résultats; mais il est d'autres circonstances, telles que la grosseur du sable, &c... qui influent beaucoup sur les proportions.

17^{ème} et 18^{ème} Leçons.

Théorie de la solidification des Mortiers. —
Analyse des pierres à chaux et des Poursolanes.
Essais des pierres gelives.

Théorie de la solidification des Mortiers

La cause de la solidification des chaux hydrauliques, est parfaitement connue mais il n'en est pas de même de la théorie de la solidification des Mortiers. Nous allons indiquer les principales hypothèses qui ont été mises en avant sur ce sujet.

Dans son premier Ouvrage sur les Mortiers, M. D'Arcy, regardait la solidification des mortiers, comme entièrement due à l'action chimique de la chaux sur les substances employées. Cette hypothèse était difficile à concevoir attendu que la chaux caustique n'attaque ni le quartz, ni aucune substance pierreuse; la potasse caustique elle-même dont l'action est beaucoup plus forte que celle de la chaux, ne dépolir pas les morceaux de quartz avec lesquels elle est mise en contact.

En outre les chaux grasses mélangées avec de l'argile légèrement calcinée donnent des mortiers qui prennent bien sous leau, tandis qu'exposés à l'air, ces mortiers perdent insensiblement de leur dureté et tombent en poussière; si l'y avait réellement combinaison entre la chaux et l'argile, ce dernier effet n'aurait pas lieu.

L'action chimique proprement dite paraît donc être presque nulle dans la solidification des mortiers, si elle n'est aidée d'une autre force. Plusieurs personnes et notamment M. Berthier pensent que cette seconde force, qui agit peut être seule, est purement mécanique. C'est les molécules des substances que l'on mêle à la chaux contracteraient avec les molécules de la chaux une adhérence plus ou moins forte. Si cette adhérence est moins grande que celle qui lie les molécules de la chaux entre elles, le mortier ne sera pas plus solide que ne l'aurait été l'hydrate pur; seulement il coûtera moins cher, il prendra plus vite, et ne pourra pas se gercer en se desséchant. Si la force de cohésion de la chaux est moindre que la force qui la fait adhérer à la substance mélangée, on conçoit que le mortier devra acquies plus de tenacité que n'en aurait eu l'hydrate pur. Nous avons beaucoup d'exemples de cette force d'adhésion. Coulez plaqer nous présentons ce phénomène; dans plusieurs d'entre eux l'adhésion est telle qu'il est impossible de séparer la

laine qu'on applique du corps sur lequel elle est appliquée; il ne s'est fait cependant aucune combinaison entre les deux corps ainsi qu'on peut s'en assurer facilement. Les peintures sur bois, sur émail, &c., en sont autant d'exemples différents.

M. Berthier croit aussi que dans certains cas les Puzzolanes favorisent la reproduction du carbonate de chaux par la propriété que possèdent les substances poreuses d'absorber et de rendre rapidement une grande quantité de gaz; il se prononce alors que ces Puzzolanes absorbent une quantité considérable d'acide carbonique, et qu'ils accélèrent ainsi la régénération du carbonate de chaux, vers laquelle tend toujours la chaux grasse: Du reste cette action doit être toujours trop faible pour lui accorder une grande part dans la solidification des mortiers.

M. Piat, depuis les observations que j'eus d'indiquer, a cherché à expliquer la solidification des mortiers par des expériences nouvelles. Une d'elles, très intéressante, et que j'ai déjà eu l'occasion de vous citer, a de nouveau conduit ce savant Ingénieur à admettre que l'action chimique a une certaine influence: c'est celle où il a constaté que le lait de chaux est troublé par l'immersion des Puzzolanes naturelles et artificielles, cette action qui peut être prolongée jusqu'à ce que toute la chaux soit précipitée.

M. Vitet admet en outre avec M. Berthier que la solidification des mortiers est due en partie à l'adhérence, mais elle ne lui paraît pas bornée à un effet superficiel ou de contact; elle augmente la cohésion propre à la gangue sous une certaine étendue.

Les limites de cette étendue sont d'autant plus grandes que l'alliage se trouve placé dans des circonstances plus favorables à la persévérance du mouvement moléculaire qui a lieu dans la gangue.

Enfin il suppose que l'augmentation de cohésion de cette gangue est en raison inverse de la distance des parties au corps aggrégé qui lui sert de noyau.

À l'appui de cette supposition, M. Piat fait observer que, dans la plupart des murailles calcaires attachées aux parois des cavernes et surtout des aqueducs antiques, on remarque que la densité des couches décroît à mesure que les couches s'éloignent de la partie murée. Ce mouvement moléculaire paraît constant dans les corps solides. M. Orago a cité des exemples dans le changement d'élasticité des ressorts d'acier qui paraissent dans les répliques. Il est donc possible que l'hydrate de chaux qui paraît d'abord d'une grande force de cristallisation éprouve de ces mouvements intérieurs. Dans ce cas on pourrait supposer que la couche de chaux, en adhérence contre un corps dur, devient elle-même corps dur par rapport à la couche suivante, et que de proche en proche les couches doivent finir par adhérer les unes aux autres avec une force qui s'ajoute à la cohésion qui leur est propre.

M. Berthault, Ingénieur des Ponts et Chaussées, s'est également occupé de la théorie de la solidification des mortiers; quelques expériences qu'il a faites à cette occasion me paraissent jeter du jour sur cette question intéressante; je vais les indiquer ainsi que les conséquences qu'il en a déduites.

M. Berthault a pris de la silice récemment précipitée des dissolutions acides ou alcalines et il l'a calcinée; cette silice qu'il désigne sous le nom d'acide silicique gâchée avec de la

chaux grasse donne du mortier qui n'est pas soluble dans l'eau si on l'immerge plusieurs jours après le gâchage.

Si au lieu de gâcher l'acide silicique avec de la chaux grasse, on le mélange seulement avec de la chaux vive, et qu'on immerge ce mélange après plusieurs jours d'exposition à l'air, les propriétés de la chaux sous pour ainsi dire encore paralysées et la chaux est également devenue insoluble dans l'eau.

Lors qu'on opère l'immersion des agrégats d'acide silicique et de pâte de chaux grasse ou d'acide silicique et de chaux vive immédiatement après le mélange, la chaux reste soluble et les mortiers ne la solidifient pas. Le temps au bout duquel la chaux perd sa solubilité varie suivant la grosseur des grains de l'acide silicique; lorsqu'il a été broyé en poudre impalpable et traité de manière à donner un agrégat dense et compact, l'immersion peut se faire au bout de très peu de temps: il faut au contraire plus d'un mois lorsque l'agrégat est lâche et poreux, et qu'il a été fait avec des grains grossiers.

Des Pouzzolanes réduites en poudre très fine, et gâchées avec de la pâte de chaux grasse ont donné des résultats analogues qui nous ont varié que dans l'intensité des effets, encore lorsque les Pouzzolanes sont très énergiques la différence en-elle peu considérable.

Les mortiers obtenus dans ces différentes expériences et soumis à l'analyse ont donné exactement la quantité d'acide silicique qui avait été ajoutée à la chaux. M. Berthault dit même qu'il a eul la patience de compter les grains d'acide silicique qui étaient entrés dans la composition de ces mortiers, et que ces expériences lui ont prouvé que la chaux n'avait exercé aucune action chimique sur l'acide silicique; de même qu'on s'avait quelle n'avait aucune action sur les grains de quartz les plus tenus.

Ces expériences prouvent donc que si la chaux n'a formé aucune combinaison avec l'acide silicique, ou avec la poussière des Pouzzolanes, ce corps ont cependant exercé une certaine action sur la chaux puisqu'une de ses principales propriétés a été paralysée.

M. Berthault compare cette action à celle qu'exerce le fluide électrique; il serait possible, dit-il, " que dans cette circonstance les grains de chaque espèce se soient polarisés • ainsi que cela arrive dans toute combinaison, et que • l'intensité de polarisation qui n'est pas assez grande • pour résister à des agents puissants le soient assez pour • résister à l'action dissolvante de l'eau.

Cette supposition rend très bien compte de l'action des Pouzzolanes sur la chaux et fournit une explication plausible de la solidification des mortiers. Cette théorie se rapproche beaucoup de la supposition de l'adhérence à distance admise par M. Vitet.

Caractères extérieurs pour reconnaître les différentes pierres calcaires.

L'aspect extérieur suffit presque toujours pour reconnaître les pierres qui donnent de la chaux grasse, la chaux carbonatée lamellaire, la chaux carbonatée fibreuse et saccharoïde sous presque toujours pures et produisent par la cuisson une chaux très grasse. Quant à la chaux carbonatée compacte elle fournit suivant sa composition, de la chaux grasse,

maigres ou hydrauliques. Lorsque la pierre à chaux est compacte, très esquilleuse, d'une couleur jaune clair, il est probable que la chaux qu'elle produira sera grasse : quand le calcaire est gris, terne, qu'il donne une odeur argileuse en l'exposant à l'action de l'huile, la pierre calcaire est mélangée d'argile et la chaux qui résultera de sa cuisson sera probablement hydraulique. Les calcaires magnésiens ou Dolomies, qui fournissent une chaux maigre, ont la propriété de s'égrener sous les doigts, circonstance qui suffit pour les faire reconnaître. Les caractères extérieurs que nous venons d'indiquer sont loin de donner une connaissance certaine de la qualité de la chaux produite par un calcaire ; il est néanmoins utile de les consulter afin de se guider dans les recherches à entreprendre pour s'assurer avec quelque certitude des propriétés hydrauliques des pierres à chaux, il faut faire des essais en grand, ou rechercher les composants par l'analyse chimique.

Essai des Pierres à Chaux.

Les essais en grand peuvent s'exécuter dans un four à chaux, soit en faisant une fournée entière, soit en plaçant une certaine quantité de la pierre à essayer dans une fournée ordinaire. Dans ce cas on met avec la pierre à chaux des substances qui ne puissent ni se fondre ni se brûler pour annoncer, quand on défourne, les parties que l'on a soumises à l'essai. Cette chaux éteinte à la manière ordinaire, sera mise en pâte et placée au fond d'un vase rempli d'eau. Si au bout de 8 ou 15 jours la pâte a pris de la consistance, c'est une preuve que la pierre est propre à donner une chaux hydraulique.

On peut aussi faire des essais dans une forge de maréchal ; seulement dans ce cas il faut cuire la pierre à chaux avec du charbon de bois, parce que le charbon de terre par son mélange et son contact pourrait en changer les propriétés, soit en la frittant, soit en modifiant sa composition.

Analyse des Pierres à chaux.

L'Analyse chimique qui peut paraître moins concluante au premier abord pour les différents éléments des pierres à chaux, est également très bonne et indique parfaitement la qualité que la chaux doit posséder. Nous allons faire connaître les procédés usités.

Essai par la calcination.

Si la pierre que l'on se propose d'essayer ne contient que du carbonate de chaux et des matières terreuses la calcination suffit ; la perte obtenue représente alors la quantité d'acide carbonique qui s'est dégagée, et par le calcul on conclut la proportion de carbonate de chaux qui existait dans la pierre essayée ; il faut effectuer cette calcination à une température élevée parce que les sous-carbonates qui se forment par la décomposition d'une partie du calcaire sont difficiles à décomposer.

m. g. 41.

Essai par les Acides.

Lorsque les calcaires sont purs, ils se dissolvent complètement dans les acides hydro-chloriques, nitriques, et acétiques : l'acide carbonique se dégage sous forme de gaz et la chaux se combine avec l'acide qui sert de dissolvant ; on la précipite de la liqueur à l'état d'oxalate de chaux par l'addition d'une certaine quantité d'oxalate d'ammoniaque. On filtre ce précipité et en calcinant l'oxalate de chaux obtenu on a la chaux que contenait la pierre. On peut passer à volonté, la chaux à l'état de carbonate ou de chaux caustique, suivant la chaleur à laquelle on calcine l'oxalate de chaux. Cette opération exige quelques précautions.

Le précipité, composé d'oxalate calcique, ne se dépose que lentement, et passe trouble à travers le filtre, lorsqu'on n'a pas soin, avant de procéder à la filtration, de chauffer la liqueur et de donner au précipité le temps de se réunir complètement. En général, on ne doit pas se hâter de filtrer, parce que la chaux n'est totalement précipitée qu'au bout d'un assez long espace de temps. Il est bon, avant de jeter la liqueur sur un filtre, de la laisser reposer douze heures, ou même davantage, dans un endroit chaud. L'oxalate calcique est bien absolument insoluble dans l'eau, mais il est soluble dans les acides, et même dans l'acide oxalique. C'est pourquoi il faut veiller à ce qu'après sa précipitation la liqueur soit un peu alcaline ou du moins neutre. Après la filtration, on lave bien l'oxalate calcique, puis on le fait sécher, et on le rougit dans un creuset de platine. Il se manifeste, pendant l'opération, une faible flamme bleue, due à du gaz oxide carbonique qui s'est produit : la masse prend une teinte grisâtre, cependant elle redevient presque blanche lorsqu'on la fait rougir plus fortement. L'oxalate calcique se trouve alors converti en carbonate calcique qui, si l'on n'a point employé une chaleur trop forte, n'a pas perdu d'acide carbonique. Mais comme il se peut aisément faire que la chaleur ait été assez intense pour dégager un peu d'acide carbonique, il faut, après la calcination peser le carbonate calcique, puis l'humecter uniformément, dans le creuset de platine, avec quelques gouttes d'une dissolution concentrée de carbonate ammoniacal, le sécher ensuite, et le peser de nouveau, après l'avoir fait rougir très faiblement. Si les deux pesées s'accordent ensemble, il ne s'est point dégagé d'acide carbonique pendant la première calcination ; si à la seconde pesée, on trouve que le poids a augmenté, il est très probable que cet excès de poids provient d'acide carbonique qui s'est ajouté à la combinaison ; cependant il peut dépendre aussi de ce que, pendant la seconde calcination faible qu'on a fait subir à cette dernière, l'opération ait été conduite avec trop de rapidité pour permettre à l'eau de la dissolution du carbonate ammoniacal de se dissiper en totalité. C'est pourquoi il est bon, après la seconde pesée, de chauffer encore une fois le carbonate calcique, et de peser ensuite. Si la seconde et la troisième pesées s'accordent l'une avec l'autre, on peut être certain d'avoir le poids exact du carbonate calcique. Le poids du carbonate calcique ainsi obtenu sert à calculer la quantité de la chaux.

Une autre méthode de précipiter la chaux est celle-ci ; on ajoute à la dissolution étendue de cette terre du carbonate ammoniacal, qui précipite du carbonate calcique. Avant de
faire servir

faire servir la dissolution du carbonate ammoniacal à cet usage, il faut la mêler avec un peu d'ammoniaque pure. Après la précipitation, on laisse le tout digérer, pendant un laps de temps assez long, dans un endroit chaud, et on ne filtre que quand le précipité s'est complètement déposé. Après avoir séché le carbonate calcaire ainsi obtenu, on le fait rougir très faiblement, ou seulement on se contente de le chauffer avec force, pour le débarrasser de toute humidité, et on le pèse.

Si le calcaire est mélangé d'argile, c'est-à-dire de silice et d'Alumine, on peut connaître les proportions de ces éléments par une simple opération; il suffit dans ce cas de dissoudre la pierre à chaux dans un acide; la silice et l'Alumine forment un résidu qu'on pèse; connaissant le poids de cette argile, celui du carbonate de chaux est égal au poids de la matière soumise à l'analyse, moins celui de l'argile.

Cette dissolution doit se faire avec soin; il faut,

- 1° pulvériser la pierre;
- 2° la dissoudre peu à peu avec un acide faible pour qu'il n'y ait pas une effervescence trop vive;
- 3° filtrer et évaporer les premières eaux;
- 4° laver à l'eau chaude le résidu qui est resté sur le

filtre afin d'en séparer l'acide et les sels solubles; attendre toujours que le filtre soit vide pour faire un nouveau lavage: on doit laver jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus troublées par le nitrate d'argent, la plus légère proportion d'acide hydro-chlorique étant sensible à ce réactif: on sèche alors le filtre, en ayant soin de détacher la plus grande partie de la matière qui est dessus, puis on calcine le filtre; le poids de cette calcination fait connaître le poids de l'Alumine et de la silice qui n'avaient pas été détachées du filtre, après en avoir défalqué le poids des cendres du filtre.

Pour connaître la quantité de chaux contenue dans le calcaire, on précipite la liqueur acide à laquelle on joint les eaux de lavage par l'oxalate d'ammoniaque; on filtre ensuite la liqueur, et on lave avec soin l'oxalate de chaux; enfin on le calcine de manière à le convertir en chaux, ou simplement en carbonate calcaire.

Déparation de la silice et de l'Alumine.

Pour séparer la silice de l'Alumine que contient l'argile, on la fond avec trois fois son poids de potasse ou de soude caustique, ou cinq à six fois son poids de carbonate: Lorsqu'on se sert d'alcali caustique l'opération s'exécute dans un creuset d'argent; on peut opérer dans un creuset de platine, lorsque le fondant qu'on ajoute est du carbonate de soude, ou de potasse: Dans le premier cas, il faut apporter quelques précautions dans cette opération; d'abord on doit chauffer légèrement en commençant par chasser l'eau que contient la potasse; il se fait une fusion dite aqueuse, bientôt la matière se sèche, on ne craint plus d'effervescence qui pourrait occasionner des pertes. On augmente alors la température, graduellement jusqu'au rouge cerise. Il faut surveiller constamment le feu, prendre garde qu'il ne devienne trop vif, sans cette précaution on pourrait fondre le creuset: la matière fond ordinairement à cette température: on la laisse dans cet état pendant un quart d'heure environ, puis ensuite on retire le creuset. Quand il est refroidi, on détache la matière avec de l'eau et on la dissout dans l'acide hydro-chlorique; on



obtient ainsi une liqueur limpide sans précipité. Pour obtenir la silice on évapore la liqueur jusqu'à siccité, mais lentem^t, pour ne pas décomposer l'hydro-chlorate d'Alumine, (si on craint qu'il ne s'en soit décomposé une partie, on ajoute un peu d'acide), on reprend par l'eau qui dissoudra l'hydro-chlorate d'Alumine; on filtre pour séparer la silice, on précipite ensuite l'Alumine en versant de l'Ammoniaque dans la liqueur.

Analyse d'un Calcaire magnésien.

Lorsque le Calcaire, outre la chaux et l'argile contient de la Magnésie, on en est averti par l'effervescence qui est très lente. On peut employer plusieurs moyens pour analyser ces sortes de calcaire.

1^o. La liqueur étant acide, on commence par la saturer par de l'Ammoniaque. Cet Alkali, ne produit pas de précipité quand il y a assez de sels ammoniacaux; s'il s'en produit un, par défaut d'une quantité suffisante de sels ammoniacaux, on le dissout à l'aide d'un acide, par exemple, de l'acide hydro-chlorique et l'on sur-sature de nouveau la liqueur avec de l'Ammoniaque, dont l'addition ne détermine plus alors de précipité, cela fait, on précipite la chaux de la liqueur par l'oxalate d'Ammoniaque, avec les précautions indiquées ci-dessus. La magnésie n'est point précipitée, attendu la présence des sels ammoniacaux qui s'y oppose, quoique l'oxalate magnésique soit par lui-même à peu près insoluble dans l'eau. Après avoir séparé l'oxalate de chaux par la filtration, on obtient la magnésie qui est restée dans la liqueur en y versant un sous-carbonate de potasse; il est nécessaire de faire bouillir la liqueur pendant un certain temps pour que toute la magnésie se précipite: et si les sels ammoniacaux sont abondants, il faut évaporer à siccité pour les décomposer complètement.

2^o. Le second procédé consiste à dissoudre le calcaire dans l'acide nitrique, à précipiter la chaux par l'oxalate d'Ammoniaque; après avoir séparé la chaux on évapore la liqueur à siccité; l'acide nitrique est entièrement décomposé et il reste de la magnésie. Ce procédé est excellent, mais il exige de grandes précautions pour qu'il n'y ait pas de déflagration, et par suite de pertes considérables.

Pour favoriser la décomposition de l'acide nitrique, il faut à la fin de l'opération ajouter du carbonate d'Ammoniaque sec.

3^o. Un autre moyen, consiste à faire deux analyses, l'une pour obtenir la chaux, l'autre pour la magnésie. Après avoir dissout le calcaire dans l'acide nitrique; on partage la liqueur en deux parties égales: dans l'une des moitiés, on verse de l'oxalate d'Ammoniaque qui en précipite la chaux: on évapore à siccité l'autre moitié pour en chasser l'excès d'acide, et, on y précipite la magnésie par l'eau de chaux; il faut filtrer peu de temps après que le précipité est formé, car l'influence de l'air donnerait lieu à la formation d'un peu de carbonate de chaux qui augmenterait le poids de la magnésie.

Analyse

Analyse d'un Calcaire magnésien mélangé de fer et de Manganèse.

Lorsque le Calcaire contient outre les éléments précédents de l'oxide de fer et de l'oxide de Manganèse, l'analyse se fait de la manière suivante: On dissout la pierre à chaux dans l'acide hydrochlorique mélangé d'un peu d'acide nitrique pour faire passer le fer au maximum d'oxidation: on évapore pour chasser l'excès d'acide. On verse dans la liqueur de l'Ammoniaque qui précipite les oxides de fer et de manganèse, et il y reste alors la magnésie et la chaux comme ci-dessus. On redissout pour un acide les oxides de fer et de manganèse, on chasse l'excès d'acide et on précipite par un carbonate alcalin que l'on verse goutte par goutte. Le fer se précipite d'abord, et le manganèse ensuite; ce qui est assez facile à reconnaître, la couleur des précipités étant différente. On filtre avant que la précipitation du manganèse ait lieu. Il arrive presque toujours que par ce procédé la séparation des deux oxides est incomplète. On l'achève avec de l'acide acétique; pour cela on redissout l'oxide de fer dans cet acide, et on évapore à siccité, à une douce température: l'acétate de fer est décomposé, tandis que celui de manganèse ne l'est pas. On reprend par l'eau et on filtre, opération qui donne l'oxide de fer. Pour obtenir l'oxide de manganèse, on décompose son acétate par l'Ammoniaque.

Analyse d'une Pouxolane.

Les Pouxolanes n'étant qu'en partie solubles dans les acides, il faut pour en faire l'analyse complète les fondre soit avec de la potasse ou de la soude caustique, soit avec des carbonates de ces alcalis; l'opération s'exécute comme nous l'avons indiqué ci-dessus, en indiquant le procédé pour séparer l'alumine de la silice.

La liqueur potassée étant saturée par l'acide hydrochlorique, on séparera successivement

la silice,

l'Alumine,

la chaux, le fer et le manganèse,

la Magnésie,

par les procédés que nous venons d'indiquer.

Si la Pouxolane contient un alcali, on en sera averti par la perte que donnera l'analyse; pour rechercher cet alcali, on peut employer plusieurs moyens: Bergmann fondait les pierres alcalines avec de la Baryte caustique; Berzelius enlève la silice par l'intermédiaire de l'acide fluorique; M. Berthier transforme la substance en un verre plombé, en la fondant avec une certaine quantité de matières plombées; ce dernier procédé est d'une exécution plus facile que les deux premiers.

Attaque par le plomb.

On ajoute aux Pouxolanes deux parties de nitrate de plomb et une de carbonate. On fond ce mélange dans un creuset de fer, de platine, ou de terre. Quand on se sert du

M. g. 42.

creuses de platine, il est utile d'en mettre dans l'un dans l'autre pour empêcher le contact des matières plombeuses avec les vapeurs charbonneuses qui réduiraient une certaine proportion d'oxide de plomb. On chauffe au rouge, et lorsque toute la matière est fondue, ce qui a lieu au bout de vingt minutes environ, l'attaque est terminée; on verse alors la matière liquide dans de l'eau pour l'obtenir en petits fragments. On dissout le verre plombeux dans de l'acide nitrique, cette opération est longue quand on laisse le verre plombeux en fragments; mais si on le porphyrise sa dissolution est presque immédiate: il faut seulement passer le verre plombeux avant et après l'avoir porphyrisé, et constater la perte produite dans cette opération; et comme, le verre plombeux est homogène, il en résulte seulement qu'on opère sur une quantité un peu moindre. Quand le verre est entièrement attaqué, on évapore l'excès d'acide, en ayant soin de reprendre par l'eau à plusieurs reprises, on obtient alors la silice en dépôt, ou la fibre et on la lave soigneusement.

On précipite ensuite le plomb par l'acide sulfurique, puis on ajoute de l'acide hydrosulfurique, pour s'assurer que la précipitation est complète.

On sépare l'Alumine, le fer et le manganèse par l'ammoniaque; la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, la magnésie reste dans la liqueur.

On évapore la liqueur à siccité à une température assez élevée pour chasser l'eau d'acide sulfurique. Si la Boussolane contient de la magnésie, on en obtient une certaine quantité par cette opération, le sulfate de magnésie étant en partie décomposé.

Il reste donc encore dans la liqueur un peu de sulfate de magnésie, et les sulfates alcalins; on cherche l'acide sulfurique, et les alcalis séparément: Pour y parvenir on change les sulfates en acétates au moyen de l'acétate de baryte: L'acide sulfurique des alcalis est alors précipité sous forme de sulfate de baryte que l'on recueille et que l'on pèse après l'avoir convenablement séché. La Baryte en excès que contient la liqueur acétique est enlevée par le carbonate d'ammoniaque.

On évapore à siccité, on calcine; les acétates se décomposent et on obtient alors, des carbonates alcalins, et la magnésie, le carbonate de magnésie ayant été décomposé.

Supposons que l'analyse ait donné,

Sulfate de potasse	}	1 ^{re} , 656
— de soude		
— de magnésie		
— de baryte	2 ^{de} , 582	
carbonate de potasse	}	1 ^{re} , 105
— de soude		
Magnésie		
Magnésie		0 ^{re} , 105,

D'où

carbonate de soude	}	1 ^{re} , 000.
— de potasse		

Les 2^{de}, 582 de sulfate de baryte correspondent à 0,887 d'acide sulfurique, les 0,105 de magnésie exigent 0,203 d'acide sulfurique et forment par conséquent un poids de 0,308 de sulfate de magnésie.

Il s'ensuit que l'acide sulfurique qui appartient aux sulfates alcalins pèse 0,684 et que le poids des sulfates alcalins est de 1^{re}, 348. Connaissant la quantité d'acide sulfurique

qui entre dans la composition des sulfates et le poids des sulfates, on peut facilement déterminer par le calcul la quantité de sulfate de potasse et de sulfate de soude.

Soit x le poids du sulfate de potasse, y le poids de sulfate de soude, on a $x + y = 1^{\text{r}} 348$.

Si z exprime la quantité d'acide du sulfate de potasse, 100 de ce sulfate de potasse contenant 45,93 d'acide on aura la proportion

$$100 : 45,93 :: x : z \quad \text{D'où} \quad z = \frac{45,93}{100} x$$

De même z' exprimant la quantité d'acide du sulfate de soude on aura

$$z' = \frac{56,18}{100} y$$

mais la somme de ces deux quantités d'acide étant égale à $0^{\text{r}} 684$ on a

$$z + z' = \frac{45,93}{100} x + \frac{56,18}{100} y = 0^{\text{r}} 684$$

équation qui combinée avec la précédente $x + y = 1^{\text{r}} 348$ donne

$$x = 0^{\text{r}} 713, \quad y = 0^{\text{r}} 635$$

quantités qui correspondent à

$$\begin{array}{l} \text{potasse} \text{ ————— } 0^{\text{r}} 386 \\ \text{acide sulfurique} \text{ — } 0,327 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{potasse} \\ \text{acide sulfurique} \end{array}} \right\} 0^{\text{r}} 713$$

$$\begin{array}{l} \text{soude} \text{ ————— } 0,278 \\ \text{acide sulfurique} \text{ — } 0,357 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{soude} \\ \text{acide sulfurique} \end{array}} \right\} 0,635.$$

En cherchant à quelles quantités de carbonate correspondent les proportions de potasse et de soude on trouve qu'il faut

$$\begin{array}{l} \text{carbonate de potasse} \text{ — } 0^{\text{r}} 566 \\ \text{carbonate de soude} \text{ — } 0,462 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{carbonate de potasse} \\ \text{carbonate de soude} \end{array}} \right\} 1^{\text{r}} 028$$

on a trouvé directement $1^{\text{r}} 00$ qui diffère très peu de $1^{\text{r}} 028$.

Comme moyen de vérification on peut transformer les carbonates en muriates et précipiter ensuite la potasse à l'état de muriate double de potasse et de platine; on en conclut la potasse.

Moyen de reconnaître les pierres gélives.

Certaines pierres éprouvent par l'action de la gelée des dégradations plus ou moins fortes; quelques unes se réduisent en fragments, d'autres se fendillent dans différents sens, et leur emploi dans les constructions serait dangereux. Il serait donc très utile de pouvoir s'assurer à l'avance de la qualité des matériaux que l'on doit employer; c'est le but que s'est proposé M. Brard dans les essais que nous allons indiquer; mais avant, nous devons dire quelques mots sur des expériences que M. Minard a faites pour rechercher l'action de la gelée sur les pierres.

On suppose généralement que les pierres gélives contiennent des fissures encore remplies d'eau de carrière, ou dans lesquelles l'eau s'introduit facilement, et que cette eau venant à geler, sépare quelques parties de la pierre par l'augmentation de volume qu'accompagne la formation de la glace; séparation qui n'a lieu toutes fois qu'au dégel à cause de l'adhérence de la glace avec la pierre et avec elle-même.

Si les conditions que suppose cette explication étaient les seules qui exerçassent de l'influence sur les pierres gélives, on concevrait difficilement pourquoi des pierres qui ont résisté à des hivers où le froid s'est abaissé de 10 à 12° au dessous de zéro éprouvent des dégradations par un hiver subséquent, et cependant beaucoup moins rigoureux. M. Minard

suppose que la formation de la glace dans les pierres n'est pas le résultat immédiat de l'abaissement de la température de l'air; elle n'a lieu que lorsque la température de la pierre ou des massifs de maçonnerie est elle-même au dessous de zéro, et que le temps devient humide; alors l'eau de l'atmosphère est absorbée par les pierres et se solidifie dans les fissures qu'elles contiennent par le refroidissement que lui fait éprouver le contact du massif de maçonnerie: il résulte de cette supposition, que quelle que soit l'intensité du froid, il faut d'abord qu'il ait été assez continu pour que le massif de maçonnerie ait eu le temps de prendre une température au dessous de zéro, puis qu'un temps humide succède à la gelée.

M^r. Minard fonde cette explication sur les expériences suivantes qui prouvent que les pierres humides perdent l'eau qu'elles contiennent par une température au dessous de zéro, comme par un temps chaud, et qu'elles en absorbent également lorsqu'elles sont soumises à l'action de la gelée, ou lorsqu'elles sont exposées à de l'air chargé d'humidité; le froid extérieur ne peut donc que refroidir les pierres, et non les faire geler puisqu'elles se dessèchent par son action.

Nous citerons les deux expériences suivantes qui confirment l'hypothèse de M^r. Minard: Dans la première, il a pris un morceau de Craie Euffau, desséché fortement, du poids de 116 grammes; il l'a saturé d'eau à la température de zéro par une immersion lente; ce morceau de craie avait absorbé 20 grammes de ce liquide: M^r. Minard a ensuite exposé cette craie imbibée d'eau pendant 8 jours à un froid qui a varié de 7° à 12° au dessous de zéro, et par cette exposition elle a perdu 57,80 d'eau.

Dans des expériences ayant pour but de s'assurer si les pierres pourraient se charger d'humidité, M^r. Minard a obtenu le résultat suivant; un morceau de craie séché et exposé à un froid de 8° pendant 2 jours, mis en contact avec de la neige à 9°, a absorbé une certaine quantité d'eau.

Les pierres poreuses peuvent donc d'après ces expériences absorber de l'eau d'imbibition ou la laisser se dégager en partie, quelque soit le degré de froid auquel elles seront soumises.

Les essais pour reconnaître les pierres gélives sont dus à M^r. Brard; ils consistent à soumettre les pierres à une action semblable à celle de la gelée, en faisant cristalliser dans les cavités qu'elles renferment différents sels. M^r. Brard, a fait des expériences comparatives avec le nitrate de soude, le sulfate de magnésie, le carbonate et le sulfate de soude, l'alun et le sulfate de fer, sels qui s'effleurissent assez généralement à la surface des rochers qui les contiennent, les réduisent en fragments et se conduisent de la même manière que l'eau congelée par rapport aux pierres gélives. Ces différents essais ont conduit M^r. Brard à regarder le sulfate de soude comme le sel qui agit avec le plus d'énergie; il s'est en conséquence borné à faire des essais avec ce sel. Il a pris des cubes de pierres à essayer de 0,05 de côté sciés et non taillés au marteau, de crainte que par ce dernier moyen il n'y eût des fragments non détachés entièrement qui auraient pu tomber pendant l'expérience. Il a fait bouillir pendant une demi-heure les pierres d'épreuve dans une dissolution de sulfate de soude saturée à froid.

M^r. Brard

M^r Brard a mis ensuite les pierres dans des vases plats contenant une liqueur environ de la dissolution et il les a placés dans une chambre dont la température est de 12° à 15° pour que l'évaporation puisse avoir lieu; au bout de 24 heures à peu près les pierres se sont couvertes d'une efflorescence saline; il a pris alors une certaine quantité d'eau pure et en a arrosé les pierres jusqu'à ce que toutes les efflorescences salines aient disparu. Au bout de cette première épreuve il s'est détaché presque toujours des fragments assez nombreux des pierres soumises à l'essai; mais il faut pour avoir des résultats plus certains, laisser effleurir de nouveau et arroser la pierre pendant cinq à six jours. Au bout de ce temps, si l'atmosphère a été sec, et si les efflorescences se sont formées, on doit être fixé sur les bonnes ou mauvaises qualités des pierres. On lave alors les échantillons à grande eau; on réunit les fragments qui se sont détachés pendant tout le temps qu'ont duré les expériences et l'on juge par leur quantité du degré d'altération qu'éprouveraient les pierres si on les exposait à l'action de la gelée.

M^r Brard a trouvé dans ces expériences que les pierres très gélives se sont détériorées dans le courant de trois jours; au bout de ce temps quelques unes étaient entièrement détruites; celles de qualité médiocre ont résisté cinq jours; mais presque aucune pierre calcaire n'a pu supporter une épreuve de 20 jours. Ces résultats prouvent que l'action du sulfate de soude est plus puissante que celle de la gelée; et que pour avoir des résultats qui puissent guider le constructeur dans la pratique, il ne faut soumettre les pierres qu'à une expérience de quelques jours.

M^r Héricart de Chury chargé d'examiner ce procédé, a répété les expériences de M^r Brard, en y faisant quelques changements. Après avoir également fait bouillir les pierres d'épreuve dans une dissolution de sulfate de soude saturée à froid, il les a suspendues à des fils, et il a placé au dessous d'elles des vases contenant une certaine quantité de la dissolution. Le sel étant effleuré, il a trempé les échantillons dans la dissolution pour dissoudre le sel qui est à leur surface. Ces expériences ont conduit M^r de Chury à reconnaître la cause de la divergence des opinions des Constructeurs sur la qualité des pierres de taille provenant de la carrière de l'Abbaye au val, dont certains bancs semblables par leurs caractères extérieurs, aux meilleures pierres que fournissent ces carrières sont cependant gélifs.

M^r Sicat a également fait des expériences avec le procédé de M^r Brard: il a fait varier le degré de saturation de la liqueur dans laquelle il plongeait les échantillons à essayer: il a d'abord saturé la dissolution à chaud; dans ce cas elle contenait en poids plus de sel que d'eau, de manière qu'il se formait du sel, même par le refroidissement. Une suite d'expériences lui a prouvé que cette dissolution concentrée ne pouvait être employée attendu qu'elle présentait comme très gélifs des mortiers ayant subi sans altération les intempéries de dix hivers, dont plusieurs avaient eu des froids de 12°. Une seconde série d'expériences faites avec de l'eau saturée à froid lui a fait penser que celle-ci produisait moins d'effet que la gelée à 12°. Dans plusieurs autres

Séries d'expériences dans lesquelles il avait mis sur 1,00 d'eau, 1,00; 0,75; 0,50; 0,25; 0,10 de sel, lui ont donné des accidents proportionnels à la quantité de sel. Les dissolutions contenant seulement 0,25 et 0,10 de sel n'ont conduit à aucune indication sur la nature des mortiers ou expériences: la première et la deuxième ont donné des résultats analogues pour des mortiers dont les uns étaient gélifs et les autres ne l'étaient pas; dans la troisième seulement les résultats ont varié en raison de la qualité des pierres, des briques et des mortiers essayés. M^r Vicat a aussi remarqué que l'action destructive du sel diminuait beaucoup aussi suivant le temps pendant lequel on faisait bouillir les échantillons dans la dissolution saline.

Appercu général de la Structure de l'écorce terrestre et de la disposition des terrains qui la composent.

Le Globe, présente sur toute sa surface des matériaux plus ou moins durs, plus ou moins résistants, auxquels on a donné le nom de roches. Dans les pays de plaine, les roches sont souvent cachées sous une couche de terre végétale ou de sables de transport; mais dès que le sol présente des accidents, dès que quelques collines s'élèvent au dessus de son niveau général, on voit des roches saillir à travers la terre végétale, et dévoiler par leur présence la constitution géologique de la contrée. Celles sont les collines de Montmartre, de Meudon, du Mont Valérien, qui dominent la vallée de la Seine à sa sortie de Paris. Les roches dont elles sont composées se montrent dans tous les ravins qui sillonnent ces collines, et comme nous l'avons déjà remarqué, la bonté des matériaux qu'elles fournissent pour les constructions, a sans doute contribué pour beaucoup à l'accroissement qu'a pris par degrés l'ancienne Lutèce, car dans aucun autre point du cours de la Seine ne se trouvent réunies la pierre à chaux, la pierre à plâtre, la terre à brique et les pierres de taille, comme cela a lieu dans le bassin de Paris.

L'examen de ces collines apprend bientôt au visiteur attentif que ces matériaux y sont distribués d'une manière régulière. Ainsi la pierre à plâtre, exploitée principalement dans la butte Montmartre, forme des masses plates continues ou couches, qui se trouvent à la même hauteur et avec une épaisseur constante dans les nombreuses carrières de ce grand chantier d'approvisionnement de Paris.

Dans la butte Chaumont et le Mont Valérien, qui fournissent également de la pierre à plâtre, cette roche se montre au même niveau et avec la même disposition.

Le calcaire grossier exploité au pied de Meudon et dans les carrières de Saugirard, soit comme moëllons ou comme pierres de taille, offre une régularité non moins remarquable; on voit, dans les nombreuses exploitations ouvertes sur cette partie de la rive gauche de la Seine, les mêmes couches se représenter avec des caractères identiques; il en résulte que chacune d'elles est employée constamment aux mêmes usages, et qu'on distingue avec soin les couches de liais, qui fournissent les pierres pour le dallage, de celles qui donnent le moëllon, ou les pierres d'appareil destinées à la construction des nombreux édifices de Paris: ces différentes bancs sont placés partout dans le même ordre: ils sont séparés par des lits continus de marne, d'argile ou de pierres tendres qui, se délitant à l'air, ne sauraient être employées dans les constructions: chacune de ces couches occupe une position déterminée, et les ouvriers les désignent par des noms particuliers; ces différentes couches, liées ensemble par une régularité de succession si remarquable et formées dans les mêmes conditions constituent ce qu'on appelle un terrain; et l'on dit le terrain de pierre à plâtre, le terrain de calcaire grossier. L'expression de terrain

Définition des mots
roches et terrains.

implique donc toujours une idée d'ensemble; elle est opposée à celle de roche, qui s'applique au contraire à la matière homogène de chaque couche prise isolément.

La succession régulière des couches que nous venons d'indiquer, dans le terrain de calcaire grossier ou de pierre à plâtre, n'est pas le seul fait remarquable qu'on y observe tout d'abord; bientôt on reconnaît que certaines couches contiennent des galets, des fossiles, des débris de plantes, et même des ossements d'animaux.

Cette réunion de corps organisés et des matériaux de transport montrent avec la dernière évidence que ces couches ont été formées sous l'eau, qu'elles s'y sont déposées successivement par voie de transport et de sédiment.

Les terrains qui présentent ces caractères sont formés constamment de couches distinctes, dont chacune conserve une épaisseur sensiblement uniforme sur une grande étendue.

Cette disposition particulière des masses minérales est désignée sous le nom de stratification, et les terrains formés de pareilles couches sont appelés terrains stratifiés ou terrains de sédiments.

Les terrains déposés par la voie neptunienne occupent une grande partie de la surface de la terre, mais il s'en fait de beaucoup qu'ils la constituent dans son entier. On y observe des masses immenses de roches, remarquables par l'élevation de leurs saillies et l'âpreté de leurs contours qui sortent de dessous les terrains stratifiés et semblent former les fondements et les lignes principales de l'édifice géologique; ces masses composées entièrement de roches cristallines, dénuées de toutes traces de stratification, susceptibles d'entrer en fusion assez facilement, sont, suivant l'expression de Buffon, formées de matières vitrescibles; elles paraissent, comme le croyait ce grand naturaliste, avoir été fondues et s'être solidifiées par le refroidissement lent et successif qui tout en permettant, à leur particulier de s'agréger en cristaux distincts les a cependant soudés ensemble. Ces roches se sont donc prises en masse et ont cristallisé lentement, à peu près comme cela aurait lieu si on laissait refroidir la matière fondue dans un pot de verrerie. Les terrains refroidis par cette voie ne présentent donc plus, en général, la division par couches, la structure stratifiée des terrains d'origine neptunienne; on les désigne sous le nom de terrains en masses ou de roches non stratifiées.

Outre les deux grandes classes de terrains que nous venons d'indiquer, on distingue encore en géologie les terrains d'alluvion ou de transport, et les terrains volcaniques: ces deux derniers ordres de terrains ne jouent du reste que des rôles bien secondaires dans la constitution générale du globe.

Les terrains d'alluvion ou de transport sont formés par l'accumulation des débris de roches que les eaux ont abandonnés en ralentissant leur cours dans les plaines ou dans de larges vallées; ils ont, par conséquent, une grande analogie, mais aussi d'assez notables différences avec les autres terrains de sédiments déposés pour la plupart dans des masses d'eau permanentes telles que des mers et des lacs;

De la stratification
et des terrains stratifiés.

Des terrains non
stratifiés.

Des terrains
d'alluvion.

ils possèdent une stratification grossière, due à un certain triage par ordre de grosseur des matériaux qui entrent dans leur composition : mais ce qui les en distingue principalement, c'est que ces matériaux sont rarement agglutinés par un ciment quelconque ; ils sont ordinairement sans adhérence, ou meubles.

Les terrains d'alluvion existent principalement dans le fond des vallées ; ils occupent quelquefois des espaces considérables comme dans la vallée du Rhin, dans les plaines des Bouches du Rhône ; néanmoins ils ne recouvrent, du moins avec une épaisseur notable, qu'une faible partie de la surface du globe ; les dépôts tourbeux appartiennent à l'époque la plus moderne de cette formation.

Les terrains volcaniques, quoique formés en grande partie de nappes assez minces étendues les unes sur les autres, ne présentent cependant pas de stratification comparable à celle des terrains de sédiment : leur origine n'est pas non plus complètement analogue à celles des roches non stratifiées les plus généralement répandues, quoique d'une origine également ignée. Les causes qui les produisent, les lois qui régissent leur épanchement, ne sont pas identiques ; et même les roches qui constituent ces deux classes de terrains sont différentes par leur texture et par leur composition.

L'arrivée au jour des grandes masses de roches cristallines est due, au moins en grande partie, à un phénomène général qui chaque fois qu'il se reproduit s'étend sur une portion considérable de la surface de la terre, le long d'une zone qui l'embrasse suivant la moitié d'un de ses grands cercles. La masse liquide qui occupe l'intérieur du globe éprouve un retrait graduel par suite de son refroidissement progressif. La croûte solide, forcée par son propre poids de suivre ce mouvement interne, s'écrase sur elle-même, produit une ride à la surface de la terre, et réagissant sur la matière pâteuse située au dessous d'elle, force une partie de cette dernière à s'élever en formant les axes d'un système de chaînes de montagnes.

Les volcans au contraire, quoique fréquemment alignés, sont en partie indépendants les uns des autres, et leurs éruptions ne sont pas soumises au grand phénomène d'équilibre que nous venons d'indiquer ; c'est ainsi que le volcan de Stromboli, situé dans la mer de Sicile, qui présente des éruptions périodiques, dont l'énergie varie avec la pression barométrique, n'est nullement influencé par les phénomènes volcaniques de l'Etna, qui, dans son voisinage, se développent quelquefois sur une si grande échelle. Les coulées de lave, étroites et minces, épanchées à la surface de la terre à l'état liquide, diffèrent, en outre, essentiellement par tous leurs caractères des roches cristallines telles que les granites et les porphyres.

Les volcans permanents complètement caractérisés sont extrêmement clair-semés sur la surface du globe, puisque (abstraction faite de l'Islande) l'Europe criblée autrefois par des milliers d'éruptions de granites, de porphyres et d'autres roches cristallines n'en compte que trois complètement caractérisés, l'Etna, le Vésuve et Stromboli, qui sont réunis dans un coin de la Méditerranée.

Les volcans récents éteints, dont l'existence n'a été qu'éphémère, forment eux-mêmes des points isolés à la surface du globe, et leurs produits ne recouvrent que des

Des terrains
volcaniques.

espaces très circonscrits : la croûte extérieure du globe est donc presque exclusivement le résultat de la solidification par refroidissement des terrains cristallins, de leur surgissement et du dépôt des terrains de sédiment. C'est une sorte de tissu dont les terrains stratifiés représentent la chaîne, et les terrains non stratifiés la trame.

Phénomènes qui ont accompagné l'arrivée au jour des roches non stratifiées.

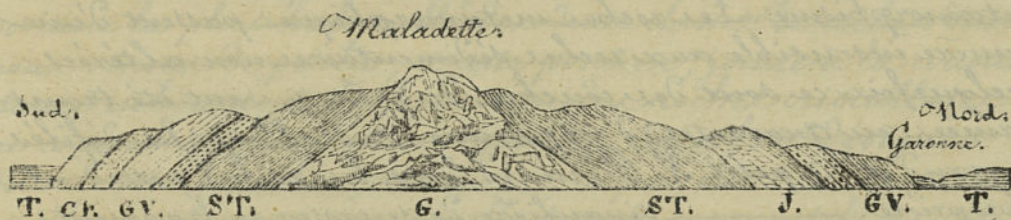
Les terrains cristallins ont formé, dès l'origine du globe, ainsi que nous l'avons déjà énoncé, la croûte extérieure de sa masse générale. Les terrains de sédiment, dont le dépôt n'a pu commencer qu'à partir de cette première époque, présenteraient une chaîne continue dans toute l'étendue de leur formation, si l'action ignée n'avait elle-même continué à agir. Mais le repos n'a jamais été qu'apparent, et chaque fois que l'équilibre de la croûte formée par l'écorce du globe a été dérangé, les effets se sont fait sentir à la surface de la terre, et de nouvelles roches cristallines y ont apparu. Leur arrivée au jour n'a que rarement été un fait isolé ; elle s'est propagée suivant une zone qui a traversé la surface du globe dans une grande étendue, de sorte que le trouble qui en est résulté s'est fait sentir au loin, et a donné lieu à des phénomènes qui ont modifié les formes de la terre sur une portion considérable de sa superficie.

Le premier effet a consisté dans la sortie de matières pâteuses qui se sont élevées sous forme de crêtes à bases plus ou moins larges, lesquelles ont donné naissance aux chaînes de montagnes ; Les Pyrénées donnent une idée très nette de ce mode de formation des montagnes ; la régularité dans leur direction et leur épaisseur s'accordent parfaitement avec ce qui aurait lieu si un mur de quatre vingt lieues de long et d'une hauteur correspondante s'élevait tout construit au milieu d'un pays de plaine. On conçoit qu'un semblable surgissement, se faisant au milieu d'un sol résistant, doit avoir eu pour conséquence de le relever ou de le soulever. Ces soulèvements forment le second ordre de phénomènes qui se sont développés à chaque apparition de roches de cristallisation.

Lorsque l'intercalation des roches nouvelles s'est faite au milieu de terrains de cristallisation, on ne peut complètement apprécier, au premier abord, le désordre qui en est résulté ; mais quand ces terrains sont stratifiés, il est toujours apparent ; les couches soulevées par les masses pâteuses qui surgissaient de l'intérieur de la terre, se sont d'abord ployées sur ces masses, de sorte que, de plates et horizontales qu'elles étaient, elles sont devenues courbes et inclinées ; puis lorsque la masse affluente a été trop considérable pour se borner à ployer seulement les couches de sédiment, elle les a déchirées, elle y a fait naître une échancrure, une espèce de boutonnière, s'il est possible de se servir de cette expression, à travers laquelle la masse ignée est alors sortie en forçant les couches préexistantes à s'appuyer sur elle à la manière d'une planche qui, fixée à une de ses extrémités par une charnière, serait soulevée à l'autre extrémité par une force supérieure à l'action de la pesanteur. Cette théorie de la formation des montagnes, qui rend compte de tous les phénomènes qu'on y observe, s'appuie sur la supposition que les couches de sédiment ont dû se déposer horizontalement. Nous dirons bientôt quelques mots sur cette loi importante, quoique, dans cet aperçu succinct, nous nous proposons seulement d'exposer les

D'exposer les principaux phénomènes géologiques, sans indiquer complètement les observations qui en fournissent les preuves.

La Chaîne des Pyrénées, que nous avons citée, il y a quelques instants, comme un exemple de la direction en ligne droite, offre également un exemple fort remarquable de la disposition relative des masses non stratifiées et des terrains de sédiment. Le granite, ainsi que l'indique la figure placée ci-dessous, en occupe l'axe principal sur une grande partie de sa longueur, et forme les sommets saillants des Hautes Pyrénées, notamment celles de la Maladette, située à l'origine de la vallée de la Garonne. Les terrains de sédiment qui appartiennent à trois ordres de terrains différents, se relèvent de chaque côté de la chaîne, ainsi que l'indique la figure ci-jointe, de sorte qu'en France le prolongement des couches est vers le nord, tandis qu'en Espagne elles inclinent vers le sud. On trouve en outre, sur quelques sommets, de petits chapeaux de terrains de sédiment qui rétablissent, pour ainsi dire, la continuité des terrains, et montrent leur état primitif en reliant ensemble les couches analogues situées sur les deux versants de la chaîne. Le pic d'Anie, les montagnes de Lestibes et plusieurs autres recouvertes d'une couche peu épaisse de calcaire contenant des coquilles fossiles, en fournissent des exemples.



- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| G. Granite. | G.V. Grès vert. |
| S.T. Schiste de transition. | C. Craie supérieure. |
| J. Calcaire jurassique. | T. Terrain tertiaire. |

Le même mouvement qui a déchiré de l'Est à l'Ouest les terrains de sédiment des Pyrénées, a également occasionné des fissures perpendiculaires à cette direction, et a donné naissance aux nombreuses vallées transversales qui sillonnent cette chaîne. Ce même phénomène s'est reproduit dans les Alpes, et en général dans toutes les chaînes de montagnes. L'ouverture de la plupart des vallées est donc le résultat immédiat de l'élevation des masses de roches cristallines non stratifiées. Quelques vallées cependant ont été creusées uniquement par des courants d'eau qui ont sillonné à diverses époques la surface du globe, et toutes ont été agrandies par cette cause encore agissante. Ces vallées, dues à la seule action des eaux, et qu'on appelle vallées d'érosion, sont en général moins étendues que les vallées dites de déchirement; elles s'en distinguent surtout par leurs formes. Les vallées d'érosion presque toujours larges, peu accidentées, sont entourées de coteaux à pentes arrondies, tandis que les vallées de déchirement, profondes et étroites, sont souvent surmontées de rochers à pic, qui portent leur

m. g. 45.

tête altière jusque dans les nuages: telles sont les vallées des Alpes, aux formes hardies et sauvages; la rapidité de leurs pentes, l'inégalité de leur sol produisent ces belles cascades et ces mouvements si pittoresques qui commandent l'admiration.

Les deux classes principales de terrains dont nous avons parlé, les terrains stratifiés et les terrains non stratifiés, — résultent généralement de phénomènes neptuniens ou ploutoniques indépendants les uns des autres. Cependant on conçoit que ces phénomènes ont pu exercer successivement leur influence sur les mêmes masses.

Des Roches
Métamorphiques.

De là sont en effet résultés des terrains ambigus, qui, étant à la fois stratifiés et cristallins, se lient en même temps aux dépôts les plus évidemment sédimentaires et aux masses cristallines d'origine éruptive, ont été, parmi les géologues, le texte de longues discussions. Ils ont fourni de nombreux arguments pour classer les Granites parmi les roches neptuniennes jusqu'à ce qu'on ait compris que de grandes masses de terrain pourraient conserver, dans leur stratification, des traces d'un premier dépôt sous les eaux, et avoir subi ensuite, par l'influence de la chaleur et de certains agents chimiques, un changement dans leur état cristallin et même dans leur composition. Ces altérations qui n'ont pas nécessité une fusion complète, et ont laissé subsister la stratification, ont reçu depuis quelques années le nom de Métamorphisme. Les roches métamorphiques passent d'une manière insensible aux roches sédimentaires non altérées. Quelquefois ce sont des couches de grès qui ont été transformées en quartzites d'apparence cristalline; les défilés du grand et du petit S. Bernard, dont les roches possèdent la propriété singulière de se casser en fragments prismatiques, la montagne du Roule près Cherbourg, les montagnes d'Arée dans la Bretagne, nous offrent des exemples remarquables de cette altération. Le schiste ardoisier, que sa fissilité extraordinaire permet de diviser en plaques minces et unies, doit également cette propriété, si utile à l'industrie, à une altération qu'il a éprouvée dans sa structure par un changement moléculaire postérieur à son dépôt. Cette disposition schisteuse n'est point, comme on le croit assez généralement, le résultat d'un dépôt par couches minces, quoique le schiste ardoisier soit rangé avec raison dans les terrains de sédiment; mais les lits des couches sont souvent obliques aux plans de fissilité de l'ardoise, de sorte qu'on reconnaît que la structure de cette roche a été soumise successivement à deux causes différentes. La première, sédimentaire, a déposé la roche par couches plus ou moins épaisses; la seconde, dérivant plus ou moins directement de phénomènes ignés, a permis aux molécules de s'associer différemment, et lui a communiqué un état à la fois cristallin et fissile.

Souvent l'altération des roches sédimentaires, par l'action de la chaleur, a été bien plus profonde que dans les ardoises. Elles ont alors pris une texture complètement cristalline, et ne se distinguent des roches de cristallisation, d'origine éruptive, que par les traces de stratification qu'elles conservent; telle est l'origine des mica-schistes, du schiste talqueux du calcaire saccharoïde et souvent même du quartz.

L'altération des roches s'est reproduite dans les terrains de tous les âges, mais elle est cependant beaucoup plus fréquente dans les terrains stratifiés les plus anciens. Cette

circonstances est facile à concevoir. On sait en effet que notre globe possède une chaleur propre, à l'existence de laquelle se rattache l'origine de toutes les roches éruptives et qui a aussi donné lieu à la texture cristalline qu'ont prise très fréquemment, par métamorphisme, les dépôts stratifiés les plus anciens. La première couche de matières solides, qui s'est formée par refroidissement sur la surface du globe d'abord complètement en fusion, a dû, même lorsqu'elle était encore très mince, permettre aux vapeurs qui entouraient notre planète de se condenser sous forme d'eau. Constantement réunies depuis lors dans les cavités plus ou moins profondes, que la surface de la terre a pu présenter, elles ont formé les mers et les lacs dans lesquels les terrains de sédiments se sont déposés. Les roches ignées ont donc été presque partout recouvertes par les couches formées par la voie neptunienne; mais comme lors du dépôt des plus anciennes, la croûte solidifiée du globe n'était encore que fort peu épaisse, celles-ci ont été pendant très longtemps soumises à une haute température, sous l'influence de laquelle leurs molécules ont pu se grouper sous forme cristalline.

De là il résulte que les roches stratifiées, devenues cristallines par le phénomène du métamorphisme, se trouvent à la base des terrains stratifiés non altérés qui couvrent une grande partie de la surface du globe, et reposent tantôt sur des roches cristallines non stratifiées, tantôt sur des roches cristallines stratifiées d'origine métamorphique. C'est la position la plus habituelle des deux classes de roches dont nous venons de parler, et cette position, jointe à la circonstance inhérente à la formation des roches cristallines de ne contenir aucun reste organisé, les a fait désigner sous le nom de roches primitives; et par suite, les terrains qui les renferment sont appelés terrains primitifs ou primordiaux. Cette dénomination vraie, dans une certaine acception, est cependant en opposition avec les découvertes fondamentales de la géologie moderne, lesquelles montrent que l'action ignée est continue, et que des roches de cet ordre se sont produites à toutes les époques de la formation de notre globe. On paraît en conséquence s'accorder maintenant à donner aux terrains qui en sont composés le nom de terrains cristallisés.

Les altérations que les dépôts sédimentaires ont éprouvées de la part des roches d'origine éruptive ne se sont pas bornées à des bouleversements et à des changements de texture moléculaire; souvent de nouveaux principes y ont été introduits. Quelquefois ces nouveaux principes, se répandant dans toute la masse, en ont changé la nature; ainsi, des masses calcaires ont été transformées en gypse ou en dolomie par l'introduction de l'acide sulfurique ou de la magnésie; d'autres fois ces matières adventives au lieu de se répandre dans la masse entière du terrain pénétré, se sont concentrées dans les fentes qu'il présentait. C'est l'origine des filons dans lesquels se trouvent un grand nombre de minéraux cristallisés, et qui forment le gisement le plus habituel des métaux.

Les filons sont des fentes ou des cavités irrégulières remplies après coup.

Le remplissage ne s'est pas toujours opéré de la même manière.

Quelques filons métalliques ont été remplis de matières fondues qui y ont été injectées, et en cela ils ressemblent aux filons de basalte ou de porphyre.

Des Filons.

D'autres filons paraissent avoir été remplis par des matières sublimées ou entraînées par un courant gazeux.

D'autres enfin, et la plupart des filons métalliques sont dans ce dernier cas, paraissent avoir été remplis par des matières tenues en dissolution dans des eaux qui peut-être étaient à une haute température.

Les filons se trouvent généralement près des lignes de contact des roches stratifiées et des roches non stratifiées qui les ont pénétrées, et telle est aussi la position la plus habituelle des sources thermales, qui de nos jours, déposent encore assez fréquemment diverses substances pierreuses ou métalliques dans les canaux qu'elles parcourent.

L'arrivée au jour des roches non stratifiées qui, surtout dans les périodes modernes de l'histoire du globe, a eu lieu le plus souvent à l'état pâteux, quelquefois complètement solides, n'a pu manquer d'interrompre brusquement le dépôt tranquille des terrains de sédiment. Ce n'est que lorsque le trouble a cessé, quand l'équilibre entre les forces qui agissent extérieurement et intérieurement sur la croûte du globe a été rétabli, que les causes sédimentaires ont repris leur cours, et que de nouveaux dépôts se sont formés dans de nouvelles mers; car la forme des continents a changé à chacune de ces phases de la formation de la terre.

Les couches de transport et de sédiment, déposées entre deux révolutions successives sont liées entre elles par des relations intimes qui en font un tout complet qu'on ne saurait séparer.

On a désigné ces ensembles de couches par l'expression de terrains, que nous avons déjà signalés. On leur applique également le nom de formation, de sorte que, dans le langage géologique les mots terrain et formation sont à peu près synonymes, et qu'on dit presque indistinctement terrain bouillie et formation bouillie. Toutefois, le mot terrain indique plutôt une composition uniforme, et celui de formation, une origine pareille et simultanée.

Principes sur
lesquels sont fondées les
divisions des terrains.

Plusieurs considérations nous fournissent les moyens d'apprécier ces divisions naturelles par terrains: les principales sont:

- 1°. La différence de stratification;
- 2°. Le retour périodique des couches de transport violent et de sédiment tranquille;
- 3°. La nature des fossiles que l'on trouve disséminés au milieu des couches.

La différence de stratification consiste le plus souvent dans l'inclinaison des couches d'un terrain de sédiment, par rapport aux couches des terrains de sédiment qui lui sont contiguës; elle se manifeste aussi en beaucoup de cas par la direction particulière qu'affectent de préférence les couches de chacun de ces terrains lorsqu'elles sont inclinées. Il est utile d'entrer dans quelques détails sommaires pour donner une idée claire de cette base fondamentale sur laquelle est fondée la distinction des formations.

Nous avons dit que les roches non stratifiées en surgissant de l'intérieur de la terre, poussaient devant elles et soulevaient le sol au milieu duquel elles se faisaient jour. Lorsque ce sol est composé de terrains stratifiés, les couches d'abord déposées horizontalement sont relevées sous des angles plus ou moins grands. Ces couches relevées sont devenues les rivages des nouvelles mers dans lesquelles de nouveaux

Dépôts se sont formés dès que la tranquillité a été rétablie sur le globe, et que les forces sédimentaires ont repris leur cours. Les nouvelles couches se sont donc déposées horizontalement sur les couches relevées, et ont par suite présenté la différence de stratification indiquée dans la figure ci-dessous, dans laquelle les couches du terrain B s'appuient sur celles du terrain A.



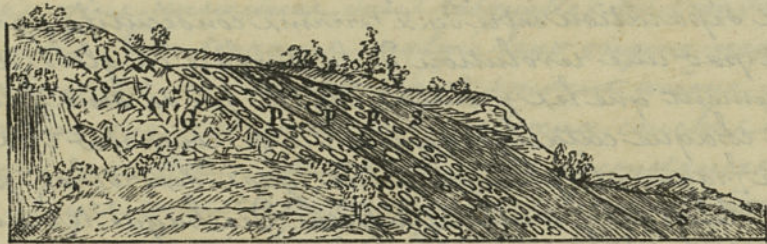
Un second épanchement de roches granitoïdes relèverait à la fois les terrains A et B; et si un troisième terrain C venait à se déposer, ses couches s'appuieraient horizontalement sur les couches redressées de B.

Lorsqu'un terrain stratifié a été déposé sur un autre en stratification discordante, que ses couches ont plus tard été redressées à leur tour, les deux séries de couches présentent ordinairement des directions différentes, c'est-à-dire que l'intersection des couches de ces terrains avec l'horizon donne des lignes faisant entre elles un angle plus ou moins ouvert, mais qui, généralement, est constante en moyenne sur une grande étendue. Cette loi de la direction des couches permet quelquefois de reconnaître par le seul emploi de la boussole l'âge de terrains très accidentés, dans des localités où l'absence de fossiles et la non existence de plusieurs formations ôtent tout autre moyen de le déterminer; elle provient de cette circonstance que nous avons déjà énoncée, que les rides ou fissures à travers lesquelles sont sorties à une même époque les roches de cristallisation sont parallèles, et forment par leur ensemble une zone qui traverse une partie considérable de la surface du globe, de manière que les chaînes de montagnes d'une même époque sont généralement parallèles entre elles.

Comme les chaînes en se soulevant ont forcé les terrains de sédiment à se relever sur leurs pentes, il en résulte qu'elles leur ont imposé par ce seul fait leur propre direction. Ainsi, à chaque époque de soulèvement de roches cristallines, ou à chaque interruption que présente la série des dépôts stratifiés, correspond un système de montagnes caractérisées par une direction particulière des couches redressées. Lorsque deux systèmes de montagnes affectent des directions semblables ou peu différentes, ils appartiennent toujours à des périodes géologiques très éloignées. Jusqu'à présent M. Elie de Beaumont, auteur de cette découverte importante qui a fourni un moyen certain de connaître les âges des formations géologiques a signalé douze systèmes de soulèvement correspondant à douze des intervalles de la série des terrains stratifiés. La direction de chacun de ces systèmes et les époques auxquelles ils se sont développés.

Preuve du dépôt en couches horizontales des terrains de sédiments.

L'importance de la distinction établie entre les terrains sédimentaires, d'après la discordance de la stratification repose sur la supposition que les couches de sédiments ont dû être déposées dans une position horizontale, et que toutes celles que l'on trouve inclinées sous des angles un peu prononcés ont été relevées par une action postérieure. De Saussure et Dolomieu ont depuis longtemps transformé en axiôme cette vérité fondamentale de la Géologie. par l'examen de la position des galets qui existent dans ces couches; ils ont remarqué que ces galets de forme ovoïde sont placés de manière que leurs côtés plats sont parallèles à la direction de la stratification. Il résulte de cette observation que, lorsque les couches sont inclinées de 50 degrés à l'horizon, le plan des deux plus grands axes des galets, fait ce même angle avec l'horizon. La figure suivante représente cette disposition. Les galets disséminés dans les couches de poudingue P sont placés parallèlement à la stratification et leurs grands axes sont alignés dans le même sens.



G. Granite. P. Poudingue. S. Schiste.

Cette disposition des galets est contraire aux lois de la pesanteur; car, lorsque des corps pesants sont entraînés par les eaux, ils ne peuvent s'arrêter que lorsqu'ils sont placés sur leurs côtés les plus larges. On résulte donc nécessairement que des couches inclinées de poudingue ont été relevées postérieurement à leur dépôt.

L'angle sous lequel se forment les dunes de sable que les vents accumulent sur les bords de la mer, l'inclinaison naturelle que prennent les terrains dans les travaux de terrassement, prouvent également que, dans aucun cas des matériaux incohérents ne peuvent former des talus dont la pente aurait plus de 40 à 42 degrés d'inclinaison; mais lorsque ces matériaux sont soumis à l'action de l'eau qui leur communique un mouvement de balancement, comme pour les bancs de sable qui s'accumulent à l'embouchure des rivières, cet angle ne s'élève jamais qu'à un très petit nombre de degrés. Les dépôts entassés ainsi par le balancement des eaux marines se distinguent des autres accumulations de matières sédimentaires qui peuvent se faire de diverses manières en différents points de la surface du globe, en ce que ce sont les seuls qui soient régulièrement stratifiés et par conséquent les seuls qui présentent une ressemblance complète avec les dépôts des terrains secondaires qui sont non seulement sédimentaires mais encore très régulièrement stratifiés. Si donc on compare les couches de sédiments à ces dépôts journaliers qui se font dans des circonstances assez analogues à celles qui ont présidé à leur formation, on doit en conclure que les couches ne peuvent s'être déposées que sous des angles très faibles ou même horizontalement. L'examen de la pente

générale du fond des bassins dans lesquels de pareils dépôts peuvent se former, nous apprend qu'en portant cette inclinaison à quelques degrés on est déjà au dessus de la vérité car il n'existe pas sur le globe un bassin de mer de quelque étendue dont la pente générale s'élève à plusieurs degrés. Ce n'est que par minutes et souvent même par secondes que ces inclinaisons peuvent s'évaluer. Si on supposait, par exemple, que la Manche vint à être comblée par des terrains de transport, les inégalités que présente son fond disparaîtraient bientôt sous les premiers dépôts, et l'inclinaison des couches qui se formeraient alors, en supposant qu'elle fût précisément égale à celle du fond, ne serait en général que d'un petit nombre de secondes. En effet, la hauteur de la Manche n'est égale qu'en peu de points à la hauteur du clocher de Strasbourg, et même elle est généralement inférieure à 210 pieds, hauteur des tours de Notre-Dame, de sorte que si on pouvait promener ces tours dans la Manche, leur sommet paraîtrait presque constamment au dessus de l'eau. L'inclinaison générale du fond de la Manche, d'après cette faible profondeur, serait au plus de quelques secondes.

La séparation entre deux terrains consécutifs ayant été marquée par une révolution de la surface du globe, il en résulte nécessairement que les premiers dépôts qui se sont formés à la suite de chaque cataclysme ont dû se composer très fréquemment de fragments plus ou moins gros, des roches précédentes. Aussi les premières assises de chaque terrain sont elles composées de galets, dont les dimensions sont souvent en rapport avec leur position. Les plus gros occupent les couches les plus anciennes de la formation, tandis que les grès à grains fins et les argiles, qui ne sont, pour ainsi dire, que des boues solidifiées, forment des couches qui se succèdent, jusqu'à un certain point, par ordre de ténuité. Ces derniers dépôts ont continué ensuite à se produire sous le régime calme et à peu près uniforme qui ont présenté les longues périodes de tranquillité de l'histoire du globe, périodes pendant lesquelles les causes sédimentaires ont exercé leur action lente et continue qui a coïncidé avec le développement de la nature organisée, c'est également pendant ces périodes qu'il s'est formé des calcaires. Cette succession de dépôts grossiers et des alternatives de calcaires et de couches de grès et d'argile, résultat naturel du trouble qui a régné à de certaines époques à la surface du globe et du calme qui les a suivies, s'est reproduite dans toutes les périodes des formations. Le passage entre ces différents ordres de couches dont l'ensemble constitue chaque terrain ne se fait, par brusquement, il existe presque toujours à leur séparation du calcaire argileux qui participe de la formation chimique des calcaires et du dépôt mécanique des grès.

La succession des terrains, leur division et leur ordre relatif ayant été établis d'une manière certaine par la superposition et par la différence de stratification on a étudié avec soin leur composition; on a reconnu alors que chacun d'eux contenait des restes organiques, soit végétaux, soit animaux, différant plus ou moins essentiellement d'un terrain à l'autre; il est donc incontestable, 1° que la vie a régné sur la terre aussitôt que sa surface a été assez refroidie pour permettre aux vapeurs aqueuses de se condenser; 2° que chaque cataclysme l'a suspendue momentanément dans une étendue entre eux.

présentent

présentent cependant une certaine analogie qui les a fait réunir en quatre groupes désignés sous les noms suivants;

- 1°. Terrains de transition ou Terrains intermédiaires;
- 2°. Terrains secondaires;
- 3°. Terrains tertiaires;
- 4°. Terrains d'Alluvion.

Dans l'origine on n'avait admis que deux grands groupes de terrains correspondant aux deux modes de formation, dont les différences sont les plus tranchées : le premier, qui était censé avoir formé la première écorce du globe, était désigné par le nom de Terrain primitif; l'autre, correspondant aux terrains de sédiment et supposé formé après que le globe avait été peuplé d'animaux, était désigné sous le nom de Terrain secondaire; mais plus tard les différences importantes que l'on a observées aux deux extrémités de ce dernier groupe l'ont fait sous-diviser en trois, savoir; Terrains de transition, Terrains secondaires et Terrains tertiaires.

L'expression de Terrains de transition est la seule qui ait besoin d'être définie. On l'applique aux couches de sédiment les plus anciennes dans lesquelles on trouve des corps organisés. Ces terrains, malgré leur origine neptunienne, présentent une compacité et souvent même un tissu cristallin qui n'est pas habituel aux couches de sédiment, et qui, en effet, n'est pas dû aux circonstances de leur dépôt. Leurs caractères particuliers tiennent à ce que, à l'époque de leur dépôt, l'écorce terrestre étant mince donnait issue, comme nous l'avons déjà dit, à un flux très rapide de chaleur, qui, s'accumulant dans les dépôts de sédiment inférieurs, leur a communiqué une température considérable, laquelle y a développé un commencement de cristallisation. De plus, les roches d'origine éruptive, qui les traversent dans tous les sens sous forme de filons, ont encore influé sur leur texture; de sorte que les roches de transition ont fréquemment perdu leur caractère originel, et qu'elles ont été plus ou moins métamorphosées. Cette circonstance leur a donné un aspect général qui les rapproche des terrains stratifiés cristallins, compris eux-mêmes parmi les terrains dits primitifs, et rend souvent impossible d'établir entre les deux terrains une ligne de démarcation précise; seulement la forme arénacée qu'affectent souvent les terrains de transition, et la présence de corps organisés, disséminés au moins de loin en loin et d'une manière irrégulière, fournissent directement la preuve qu'ils ont été formés par sédiment; c'est cette double apparence, connue depuis longtemps, mais diversement interprétée suivant l'état de la science, qui a fait désigner ces terrains sous le nom de Terrains de transition ou intermédiaires.

Les circonstances qui conduisent à réunir, ainsi qu'on vient de le dire, les terrains en quatre groupes ne sont pas nettement tranchées comme celles qui établissent les limites entre les formations superposées; elles présentent, au contraire, une certaine gradation, surtout en ce qui tient aux caractères minéralogiques; ce qu'elles présentent de plus net se rattache à la distribution des corps organisés dans les différentes couches superposées.

La gradation dans les caractères minéralogiques des formations successives tient principalement au refroidissement.

Groupement des
terrains en quatre
classes.

m. g. 47.

progressif du globe terrestre. Les formations les plus anciennes se distinguent, ainsi qu'on vient de l'expliquer, par une demi-fusion plus ou moins avancée qui, lorsqu'elle ne développe pas de caractères nouveaux, tend au moins à observer ceux qui sont dus au premier dépôt.

La succession des terrains, leur division et leur ordre relatif ayant été établis d'une manière certaine par la superposition et par la différence de stratification; on a reconnu que chacun d'eux contenait des restes organiques, soit végétaux, soit animaux, différant plus ou moins essentiellement d'un terrain à l'autre et il est devenu incontestable, 1^o que la vie a régné sur la terre aussitôt que sa surface a été assez refroidie pour permettre aux vapeurs aqueuses de se condenser; 2^o que chaque cataclysme l'a suspendue momentanément dans une étendue plus ou moins grande de sorte que les animaux et les plantes enfouis dans chaque formation appartiennent en partie et quelquefois presque tous à des espèces, souvent à des genres, quelquefois même à des familles différentes de ceux que l'on rencontre dans les formations immédiatement en contact avec celles que l'on étudie. Ces belles lois de la répartition des fossiles dans les terrains, dont M^r Cuvier a établi le principe, fournissent un moyen facile de reconnaître non seulement la différence entre les terrains, mais leur âge relatif. C'est par cette considération que l'on a pu identifier les formations de contrées fort éloignées, les unes des autres; c'est également par l'étude des fossiles que l'on peut classer les terrains dans les pays de plaine, où les couches ayant souvent conservé leur position primitive, toutes les formations présentent une stratification concordante; cette cessation et ce retour périodique de la vie, se rattachent à l'un des plus grands problèmes de la nature. Quoiqu'on puisse l'expliquer en partie, comme l'a fait M^r Cuvier, par les migrations de diverses populations végétales et animales, d'une partie de la surface du globe à une autre, elle conduit cependant naturellement, et comme malgré soi, à la question de l'origine des espèces animales, à celle de leur permanence ou de leur modification successive. Les uns supposent que les espèces se sont modifiées suivant les conditions variables dans lesquelles s'est trouvée successivement la surface de la terre, et les autres admettent que les espèces différentes se sont succédées en même temps que les formations; la discussion de ces questions de haute philosophie naturelle, dont la géologie ne fournit que les bases, ne peut entrer dans le cercle que nous nous sommes tracés; nous dirons cependant que nous ne saurions admettre que des modifications très-légères d'espèces et que les grandes familles qui se sont succédées à différentes époques de la formation du globe, telles que les Sauriens, les Mammifères, etc., doivent suivant nous avoir eu une origine propre à chacune d'elles.

Une opinion assez générale, c'est que les premiers êtres organisés qui ont vécu à la surface de la terre présentaient une organisation très imparfaite, et que cette organisation s'est développée en arrivant vers les époques plus modernes de l'histoire du globe. Cependant on trouve des poissons; c'est-à-dire des animaux vertébrés, dans les terrains de sédiment les plus anciens; et parmi les Mollusques, les Nautiloïdes, qui appartiennent à la classe élevée des Mollusques, aux Céphalopodes, forment des couches entières dans les calcaires de transition des Pyrénées.

Coutefois, nous devons dire que les Mammifères n'ont commencé à se montrer que très tard; leur apparition, ainsi que M. Cuvier l'a établi, ou du moins le moment où ils ont paru en grand nombre, concorde avec une des grandes divisions établies dans l'échelle générale des terrains; l'homme paraît avoir été mis sur la terre encore longtemps après, lorsque la formation du globe était complète et que l'ordre admirable qui y règne actuellement était entièrement établi.

Nulle part, en effet, on n'a trouvé de squelette humain enveloppé dans une couche de sédiment. On cite, il est vrai, comme preuve de l'antiquité de l'espèce humaine, la présence d'ossements humains et des ouvrages d'art grossiers, trouvés pêle-mêle dans des cavernes naturelles avec des ossements d'espèces éteintes de quadrupèdes, quelquefois même encroûtés par des stalactites calcaires. Ces cas peuvent s'expliquer par l'habitude qu'ont eue les hommes, à toutes les époques, de choisir de semblables lieux pour leur sépulture, et cette circonstance accidentelle, que dans plusieurs cavernes les restes d'espèces éteintes se montrent dans le même sol, ou à des époques subséquentes, des cadavres appartenant à l'espèce humaine ont pu être ensevelis, ne nous apprend rien sur l'époque où a lieu le dépôt de ces derniers. Un grand nombre de ces cavernes ont été habitées par des tribus sauvages; et celles-ci, pour s'y arranger une demeure, ont fréquemment remué les points du sol qui recouvraient les restes de ceux qui les avaient précédés. Ces mouvements expliquent comment des fragments de squelettes humains sont parfois mêlés, en même temps que des restes de quadrupèdes modernes, avec des ossements d'espèces éteintes, bien que celles-ci y aient été déposées à des époques de beaucoup antérieures et par des causes naturelles; et toutes les fois qu'on a fait un examen sérieux de la position de ces squelettes humains, les prétendues preuves de l'antiquité de notre race se sont évaporées; on a reconnu bientôt que ces débris humains ont été mélangés postérieurement avec les ossements qui semblent leur donner une date antédiluvienne.

Les lois qui régissent la distribution des espèces, dans les terrains successifs, sans être toujours absolue — comme celles de la différence de stratification, n'éprouvent cependant que très peu d'exceptions; elles sont, par conséquent, d'un haut intérêt et rendent la réunion des terrains de sédiment, en différents groupes, aussi naturel que leur partage en formations.

Les premiers débris d'animaux que l'on ait observés jusqu'ici appartiennent à des espèces marines; ce sont également des plantes marines qui sont enfouies dans les couches de sédiment les plus anciennes, et ces plantes se continuent dans toutes les formations d'origine marine. M. Adolphe Brongniart, dans son Histoire des végétaux fossiles fait voir que la végétation sous-marine actuelle se partage en trois grandes divisions en rapport, jusqu'à un certain point, avec les trois zones, glaciale, tempérée et torride; qu'une distribution analogue se fait remarquer dans les Algues fossiles, d'après lesquelles on trouve dans les formations géologiques les plus basses et les plus

Absence de fossiles humains dans les terrains de sédiment.

Lois de la distribution des corps organisés dans les formations.

les plus anciennes, correspondant aux Terrains de transition, des genres voisins de ceux qui abondent maintenant dans les climats les plus chauds, tandis que les formes de la végétation sous-marine, qui se succèdent les unes aux autres dans les périodes secondaires et tertiaires, semblent, à mesure qu'elles appartiennent à des couches d'une formation plus récente, se rapprocher davantage de celles de nos climats actuels.

Rapport entre les
végétaux fossiles et la
division des terrains. —

Un examen général des débris des végétaux terrestres qui peuplent les trois grandes divisions de formations géologiques stratifiées nous montrent qu'ils se partagent en des groupes, dont chacun indique que la surface de la terre a subi la même diminution progressive de température que la végétation sous-marine nous annonce s'être accomplie dans les eaux de la mer; et, qu'en même temps, le règne végétal, comme le règne animal, a acquis successivement, à partir des époques les plus anciennes, un grand nombre de formes nouvelles; aussi dans les couches de la série de transition on trouve presque exclusivement des Cryptogames vasculaires et des Monocotylédones. Ces plantes se composent particulièrement de Fougères, d'Equisétacées et de Lycopodiacées, avec certaines familles éteintes d'Endogènes et d'Exogènes que quelques botanistes ont considérées comme indiquant un climat plus chaud que ne l'est de nos jours celui des tropiques.

Dans les terrains secondaires, les espèces de ces familles les plus anciennes sont devenues proportionnellement beaucoup moins nombreuses, et un grand nombre de genres ont entièrement disparu. En même temps les plantes Dicotylédones, représentées seulement dans le terrain houiller, partie supérieure du groupe de transition, par quelques échantillons rares de Cycadées et de Conifères qui forment le groupe particulier des Phanérogames gymnospermes, prennent un accroissement considérable.

L'ensemble de caractères qu'offrent les fossiles végétaux qui existent dans les terrains de transition et les premiers terrains secondaires indiquent un climat dont la température était à peu près la même que celle qui règne maintenant entre les tropiques.

Rapport entre les
fossiles animaux et la
division des terrains.

Dans les Dépôts tertiaires, la plus grande partie des familles de la première série disparaît ainsi que plusieurs de la seconde série, et une végétation Dicotylédone, plus compliquée, prend la place des formes plus simples qui avaient

* Le nom de Cryptogames a été donné par Linné aux plantes dont les parties de la fructification sont peu apparentes et tout à fait inconnues, comme dans les Mousses, les Champignons, les Algues, etc.

On désigne sous le nom de Monocotylédones, les plantes dont l'embryon n'offre qu'un seul lobe ou cotylédon. Celles sont les graines du Lin, de l'Oignon et du Blé. Les plantes Dicotylédones sont celles dont l'embryon présente deux lobes, comme une Fève, une graine de Café, un Pépin de Pomme. Les tiges des plantes monocotylédones sont toutes endogènes, c'est-à-dire qu'elles s'accroissent de l'intérieur à l'extérieur et que leur volume s'augmente par une addition de substance qui a lieu du centre à la circonférence; tels sont les Palmiers, les Camérites, les Liliacées, etc. Les tiges de plantes dicotylédones sont toutes exogènes, c'est-à-dire qu'elles s'accroissent par addition de couches concentriques de formant vers l'extérieur. Ces couches constituent des anneaux dont chacun indique l'accroissement total d'une année; c'est ce qui a lieu dans la Chêne et les autres arbres forestiers de nos climats.

prédominés pendant la durée des deux périodes précédentes. Flux Calamités gigantesques ont succédé des Equisétacées plus petites. Les fougères sont réduites aux proportions numériques faibles et à la petite taille que nous leur voyons sur les limites méridionales de nos climats tempérés. La présence des Calmiers nous atteste que la température ne descendait jamais jusqu'à un froid de quelque intensité, et tout l'ensemble des caractères s'accorde à nous indiquer un climat analogue à celui de l'Égypte ou des bords de la Méditerranée.

Les changements qui se sont accomplis dans l'ensemble du règne animal sont liés d'une manière intime avec les changements que l'on observe dans les caractères des végétaux fossiles; ce résultat était facile à prévoir, puisque les végétaux respirent dans la même atmosphère qui fournit l'air aux branchies ou aux poumons des animaux, et qu'en outre les espèces végétales sont destinées à servir de principe d'alimentation aux animaux.

Les débris d'animaux, de même que les débris végétaux, nous montrent dans la forme des êtres une progression graduelle en rapport avec les âges des terrains. On trouve, il est vrai, dans les terrains de transition, des débris de vertébrés, de mollusques, d'articulés et de rayonnés. Mais les vertébrés n'y sont représentés que par quelques poissons.

Les mollusques offrent dans ces anciennes formations plusieurs familles; et des genres assez nombreux paraissent avoir été répandus à cette époque avec abondance. Quelques-uns, tels que les Orthocératites, les Productus, etc., n'ont existé qu'à l'époque des terrains de transition; d'autres formes, au contraire, parmi lesquelles nous citerons celles des Nautilus et des Cérébratules, ont traversé toutes les périodes géologiques et se sont perpétuées jusqu'à nos jours.

Les seules traces d'animaux articulés dans les terrains de transition appartiennent aux trilobites, dont la famille s'est éteinte pendant la période des terrains de transition.

Les animaux rayonnés sont ceux dont les restes organiques sont les plus nombreux dans les terrains de transition. Ils constituent plusieurs grandes familles. Ils ont toujours été très nombreux, et leurs débris ont fourni une grande partie de la matière calcaire qui est entrée dans la composition des couches de sédiments de notre globe.

Les terrains secondaires, y compris même le Zechstein, sont surtout caractérisés par la prédominance des reptiles sauriens et par les proportions gigantesques sous lesquelles ce type se manifeste. Plusieurs étaient exclusivement marins d'autres étaient amphibies, quelques-uns enfin se tenaient à terre et rampaient dans les savanes et les marécages que couvrait une végétation tropicale, et ils s'étendaient au soleil sur les bords des golfes, des lacs et des rivières. L'air lui-même était parcouru par des Lézards volants, les Pterodactyles qui réalisaient les formes fabuleuses des Dragons. La terre à cette époque était peut-être encore trop inondée, et surtout les portions découvertes de sa surface étaient trop fréquemment bouleversées, par les tremblements de terre, les inondations et les mouvements de l'atmosphère, pour qu'elle pût avoir une population très développée.

m. g. 48.

appartenant à quelque groupe de quadrupèdes plus élevés que les reptiles. L'atmosphère d'ailleurs était encore probablement trop impure pour être facilement respirée par des poumons de mammifères.

Les terrains tertiaires diffèrent essentiellement des terrains secondaires, sous le rapport paléontologique. La plupart des genres de coquille de cette époque se retrouvent dans nos mers. Mais ce qui les différencie surtout, c'est l'apparition d'un grand nombre de mammifères, * dont on trouve de nombreuses dépouilles appartenant pour la plupart à l'ordre des pachydermes. Leur présence nous montre jusqu'à l'évidence qu'à cette époque la terre se présentait avec des conditions nouvelles, et que l'atmosphère s'était débarrassée de la grande quantité d'acide carbonique qu'elle paraît avoir contenu à l'époque de la formation des terrains plus anciens, pendant le dépôt desquels il n'y avait point d'animaux pourvus d'appareil respiratoire aussi délicat que celui des mammifères. C'est à l'illustre Cuvier que la géologie est redevable de la connaissance de ces animaux antédiluviens, qu'il a reconstruits pièce à pièce, et dont il est pour nous le créateur. Pour faire apprécier la grandeur de cette découverte, qui nous a fait connaître les habitants d'un ancien monde, nous croyons devoir reproduire les paroles éloquentes de M. Cuvier, sur la manière dont il a procédé à la reconstruction des squelettes. » Je me trouvais, » dit-il, dans le cas d'un homme à qui l'on aurait donné » pêle-mêle les débris mutilés et incomplets de quelques » certaines de squelettes appartenant à vingt sortes » d'animaux; il fallait que chaque os allât retrouver » celui auquel il devait tenir; c'était presque une résur- » rection en petit, et je n'avais pas à ma disposition la » trompette toute puissante. Mais les lois immuables pres- » crites aux êtres vivants y suppléèrent; et à la voix de » l'anatomie comparée, chaque os, chaque portion d'os » reprit sa place. Je n'ai point d'expression pour peindre » le plaisir que j'éprouvais en voyant, à mesure que je » découvrais un caractère, toutes les conséquences, plus ou » moins prévues de ce caractère, se développer successive- » ment: les pieds se trouver conformes à ce qu'avaient » annoncé les dents; les dents à ce qu'annonçaient les » pieds; les os des jambes, des cuisses, tous ceux qui » devaient réunir ces deux parties extrêmes, se trouver » conformes comme on pouvait le juger d'avance; en un » mot, chacune de ces espèces renaître, pour ainsi dire, » d'un seul de ses éléments. »

Les terrains d'alluvion, formés depuis la dernière révolution que le globe a éprouvée, contiennent des corps organisés de l'époque actuelle; ils sont presque exclusivement composés de sables et d'argiles grossières. Dans quelques localités ils contiennent en outre des amas de coquilles brisées, réunies par un ciment calcaire. Il résulte de l'ap- » porcu qui précède sur la forme générale des animaux fossiles, que leur étude, sans établir toujours des limites absolues entre les divers groupes des terrains de sédiment, nous apprend cepen- » dant qu'il existe des différences très prononcées entre les animaux qui ont vécu dans les périodes successives de la

* M. Buckland a découvert, à Stonesfield, près Oxford, des ossements, que ce savant professeur rapporte à de petits mammifères voisins des Didelphes. C'est le seul exemple de mammifères dans les terrains secondaires.

formation du globe. Ces différences seraient encore bien plus tranchées, si nous avions pu entrer dans l'examen des espèces; car ce n'est que rarement, et seulement dans des formations contigües, qu'on trouve des espèces fossiles identiques. La considération des animaux fossiles confirme donc les preuves tirées de l'examen des végétaux fossiles; elle conduirait même à former cinq groupes de formations sédimentaires, dont les fossiles sont presque complètement différents. Ces groupes, qui ont été signalés depuis longtemps dans divers ouvrages et dans des Cours publics, et dont M. M. Bronn et Deshayes ont, de leur côté, fait ressortir l'importance, sont :

- 1°. Le groupe des terrains inférieurs comprenant les terrains de transition, le terrain carbonifère et le Zechstein;
- 2°. le Cryar;
- 3°. le Terrain Jurassique;
- 4°. les Terrains crétacés;
- 5°. les Terrains tertiaires.

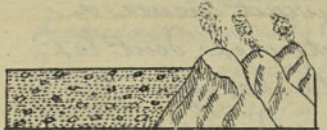

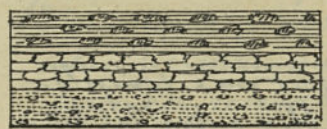


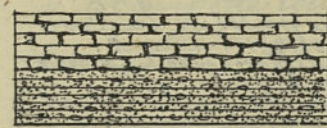
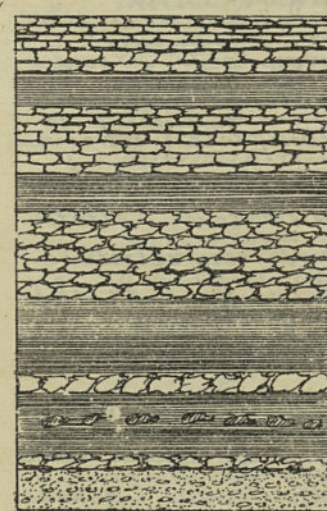
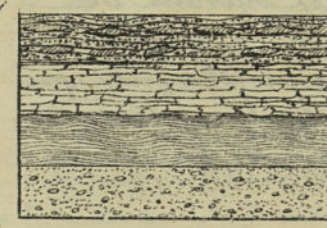
Il est à regretter que cette division ne soit pas complètement en rapport avec celle qui a été établie entre les terrains sédimentaires, d'après les grandes relations physiques auxquelles il a été fait allusion précédemment, et qui partage ces terrains en quatre groupes seulement : les Terrains de transition, les Terrains secondaires, les Terrains tertiaires et les Terrains d'alluvion. La discordance entre les deux modes de division résulte principalement de ce que le terrain carbonifère, le grès rouge et le Zechstein, qui sont compris dans le plus ancien groupe Zoologique, sont, au contraire, exclus des terrains de transition, comme ne présentant pas aussi souvent que ceux qu'ils précèdent ces passages à la texture cristalline auxquels fait allusion la dénomination même de terrains de transition. Mais cette discordance disparaît lorsqu'on passe à la division des terrains sédimentaires, dans les différentes formations qui se distinguent par la discontinuité de la stratification. Les limites des cinq groupes Zoologiques coïncident, en effet, généralement avec celles des formations ainsi limitées.

Il nous reste maintenant à faire connaître chacune de ces sous-divisions, dont les limites ont été déterminées par les révolutions successives que le globe a éprouvées. Nous allons réunir ces formations dans un tableau général et, pour qu'il représente d'une manière complète l'échelle géologique, nous intercalerons entre chaque formation les soulèvements qui ont marqué la limite de chacune d'elles. Ce tableau rappellera alors, à la fois, la position relative des terrains, l'époque de l'arrivée au jour des différents systèmes de montagnes, et la direction des couches de sédiment qui ont été relevées.


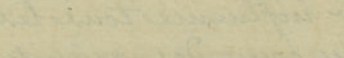


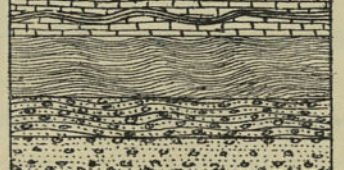


Dans ce tableau, nous avons laissé des blancs entre chaque formation, afin de marquer qu'il y avait existé une solution de continuité entre le dépôt d'une formation et celle qui l'a précédée et qui l'a suivie; cette solution de continuité a été occasionnée par l'arrivée au jour des roches cristallines, qui ont troublé la tranquillité qui régnait sur le globe, ont soulevé les terrains préexistants et les ont pliés suivant de certaines directions; à la hauteur de chacun de ces blancs nous avons transcrit le nom du système de montagnes qui s'est soulevé à cette époque et a mis fin à la formation qui l'a précédé. C'est ce système qui a imposé à cette formation la direction qu'elle présente.

Groupement des
terrains de sédiment
d'après leurs fossiles.

Cahier général des Formations.

Ordre.	Sous-groupe de Formations.		Noms des Formations.	
Alluvions	L'homme existe sur la surface du globe.		<p>terrain d'alluvion: Volcans modernes et brûlants; les grands volcans des Andes ont été soulevés pendant cette période.</p> <p>Soulèvement de la chaîne principale des Alpes, Direction E. 16 N.</p>	
	Terrains tertiaires.	Les Mammifères commencent à paraître à la partie inférieure de ce groupe et deviennent très abondants vers son milieu.	  	<p>terrain tertiaire supérieur: Terrains sablonniers; Sables des Landes, Alluvions anciennes de la Bresse, Cuf à ossements de l'Auvergne. Les éruptions de Trachytes et de Basaltas correspondent en grande partie à cette époque.</p> <p>Système des Alpes occidentales, Direction N. 26° E à S. 26° O.</p> <p>terrain tertiaire moyen. Sables de la Couraine. Calcaire d'eau douce avec meulière, contient beaucoup de Lignite dans le midi de la France et en Allemagne. Grès de Fontainebleau.</p> <p>Système des Iles de Corse et de Sardaigne, Direction N. S.</p> <p>terrain tertiaire inférieur. Marnes avec plâtre, ossements de mammifères. Calcaire grossier, Pierre de taille de Paris. Argile plastique, Lignite du Soissonnais.</p>
Terrains ou formations crétacées.		 	<p>Craie supérieure { Couches avec silex. Couches sans silex.</p> <p>Système du mont Viso, Direction N. N. O. à S. S. E.</p> <p>Craie inférieure { Craie tuffeau.</p> <p>Grès vert { Grès et sables ferrugineux, terrain néo-cénoïque, formation Wealdienne.</p>	
	Terrains secondaires.	<p>Terrains de Calcaire du Jura</p> <p>Abondance considérable de saumure.</p> <p>Calcaire Oolitique.</p>		<p>Système de la Côte d'Or, Direction E. 40° N à O. 40° S.</p> <p>Etage supérieur { Calcaire de Portland, Argile de Kimmeridge, Argile de Hoelfleur.</p> <p>Etage moyen { Oolite d'Oxford, Calcaire de Lisieux, Corabrég.</p> <p>Argile d'Oxford, Argile de Oivet.</p> <p>Etage inférieur { Corn-brash et Forest-marble (calcaire à polyptère) grande Oolite (calcaire de Caen) Fuller's earth (blanc bleu de Caen, Oolite inférieure). Marnes et calcaires à Belemnites, marnes supérieures du Lias, Lignite dans les Départements du Calvados et de la Loire.</p> <p>Lias ou Calcaire à gypsoïtes { Calcaire à griffées arquées. Grès du Lias ou Infra-liazoïdologique.</p> <p>Système du Morvan (les serpentines du centre de la France appartiennent à ce système), Direction O. 40° N. à E. 40° S.</p>
		Trias.		<p>Marnes irisées avec amas de gypse et de sel. Exploitation de Lignite en Alsace, en Lorraine et dans la Haute-Saône.</p> <p>Muschelkalk.</p> <p>Grès bigarré.</p>

Suite du Tableau général des Formations.

	Doub-groupe de formations		Noms des Formations.
Terrains secondaires.			Système du Rhin, E. 21° E. à E. 21° O.
			Grès des Vosges.
			Système des Pays-bas et du sud du pays de Galles, Direction E. 5° S. à O. 5° N.
Terrains de transition.	Ce groupe est caractérisé par la grande abondance de cryptogames vasculaires, et par l'absence presque complète de plantes dicotylédones; les animaux vertébrés n'y sont représentés que par quelques empreintes de poissons.		Zechstein (Calcaire magnésien des Anglais), Schistes à poissons de Mansfeld, riches en cuivre. Grès rouge: contient des masses de porphyres et des rognons d'agate.
			Système du Nord de l'Angleterre, Direction S. 5° E. à N. 5° O.
			terrain houiller { Grès, schistes, avec couches de houille et fer carbonaté. Calcaire carbonifère, ou calcaire bleu, avec couches de houille.
			Système des Ballons (Vosges), et collines du Bocage de la Normandie, Direction E. 15° S. O. 15° N.
			terrain de transition supérieur { Vieux grès rouge des Anglais. (Système dévonien). Anthracites de la Sarthe et des environs d'Angers.
			terrain de transition moyen { Calcaire des environs de Brest, calcaire de Dudley. Schistes (Ardoises d'Angers). Grès quartzite, Caradoc sandstone des Anglais. (Système silurien).
			Système du Westmorland et du Hundsruck, Direction E. 35° N. à O. 35° S.
Terrains granitiques			terrain de transition inférieur { Calcaire compacte esquilleux. Schiste argileux. (Système cambrien). Granite formant la base principale de la croûte du globe

Un exemple suffira pour donner la clef de ce tableau. A la hauteur du blanc qui sépare les formations crétacées des terrains tertiaires, nous avons écrit;

m. g. 49.

Système de la chaîne des Pyrénées et de celles des Apennins; direction E. 18° S. à O. 18° N. Il résulte de ce que nous avons dit ci-dessus, que le soulèvement de la chaîne des Pyrénées a eu lieu après le dépôt des formations crétacées et avant le dépôt des terrains tertiaires. En effet, ces derniers terrains s'étendent en couches horizontales au pied des Pyrénées, tandis que les formations crétacées qui y existent ont été fortement redressées sur leurs pentes. En outre, la direction de ces redressements, précisément la même que la direction générale de cette chaîne de montagnes, est orientée de l'E. 18° S. à l'O. 18° N.

Il est presque inutile de dire que le soulèvement d'une chaîne peut avoir influencé tous les terrains préexistants; ainsi, l'arrivée au jour des granites des Pyrénées relève, à la fois, les terrains de transition, les terrains houillers et tous les terrains secondaires; effectivement, dans le midi de la France, ces différentes formations portent toutes l'empreinte du système Pyrénéen.

Ce tableau indique seulement l'époque de la venue au jour des roches cristallines, et non celle de leur injection à l'état fluide ou pâteux, laquelle est souvent très différente. Ainsi, les granites des Pyrénées étaient solides depuis longtemps quand ils ont été soulevés.

La division des terrains cristallins correspond à l'époque de leur épanchement; elle est, en outre, en rapport avec la nature des roches: nous renverrons donc pour ce sujet à ce que nous indiquons dans ce Cours, pages 96 à 116, sur la composition des roches et l'époque de l'intercalation des roches cristallines dans les terrains de sédiment.

Table des Matières

des pages 171 à 192.

19^e et 20^{ème}. Leçons.

Appercu général de la structure de l'écorce terrestre et de la disposition des terrains qui la composent. —————	171
Définition des mots roches et terrains —————	171
De la stratification et des terrains stratifiés ———	172
Des terrains non stratifiés —————	172
Des terrains d'alluvion —————	172
Des terrains volcaniques —————	173
Phénomènes qui ont accompagné l'arrivée au jour des roches non stratifiées —————	174
Des roches métamorphiques —————	176
Des Silons —————	177
Principes sur lesquels sont fondées les divisions des terrains —————	178
Esquisses des directions qui dominent dans quelques systèmes de montagnes —————	180
Creuses du dépôt en couches horizontales des terrains de sédiment —————	181
Groupement des terrains en quatre classes ———	183
Absence de fossiles humains dans les terrains de sédiment —————	185
Loi de la distribution des corps organisés dans les formations —————	185
Rapport entre les végétaux fossiles et la division des terrains. —————	186
Rapport entre les fossiles animaux et la division des terrains —————	186
Groupement des terrains de sédiment d'après leurs fossiles. —————	189
Tableau général des formations —————	190

Figure 1.

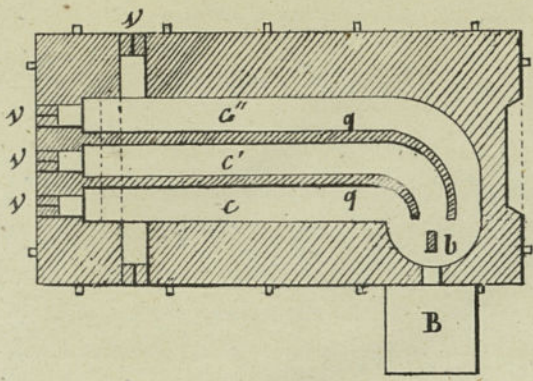


Fig. 2.

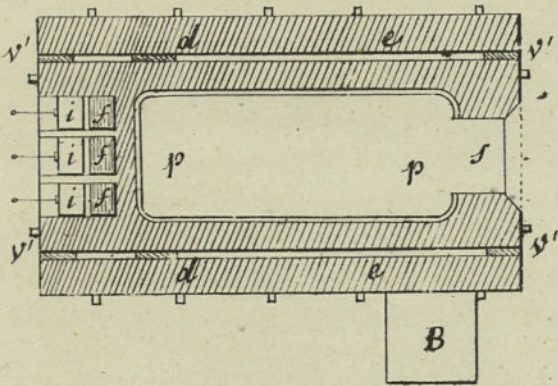


Fig. 3.

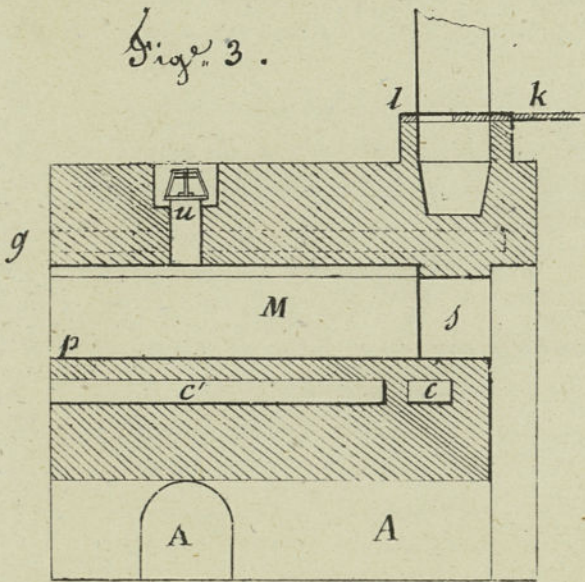


Fig. 4.

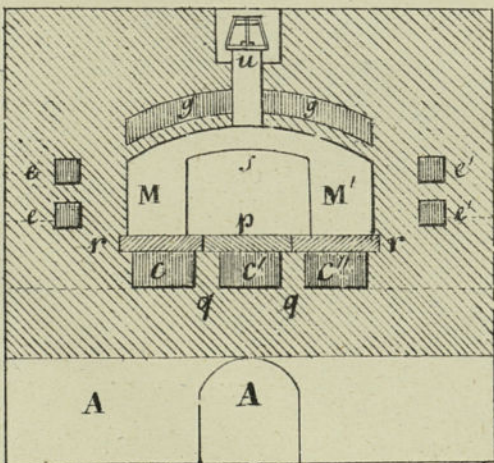


Fig. 5.

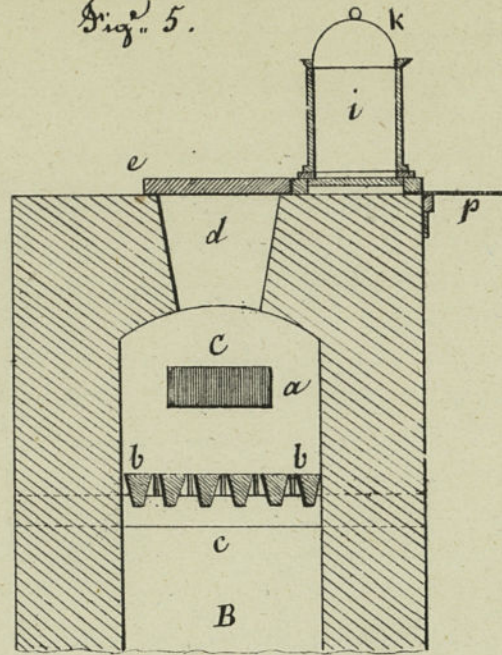


Fig. 6.

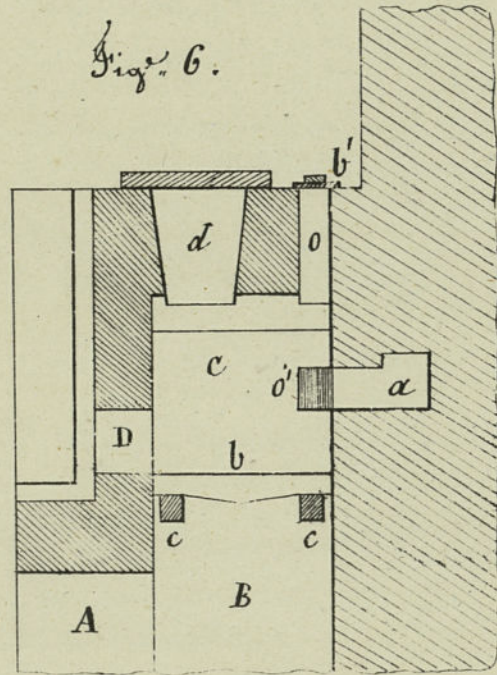
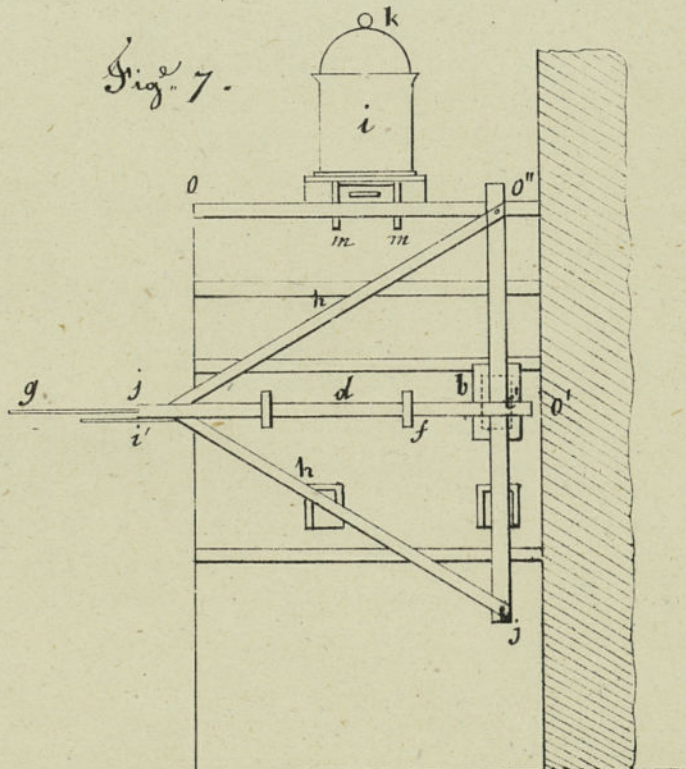


Fig. 7.



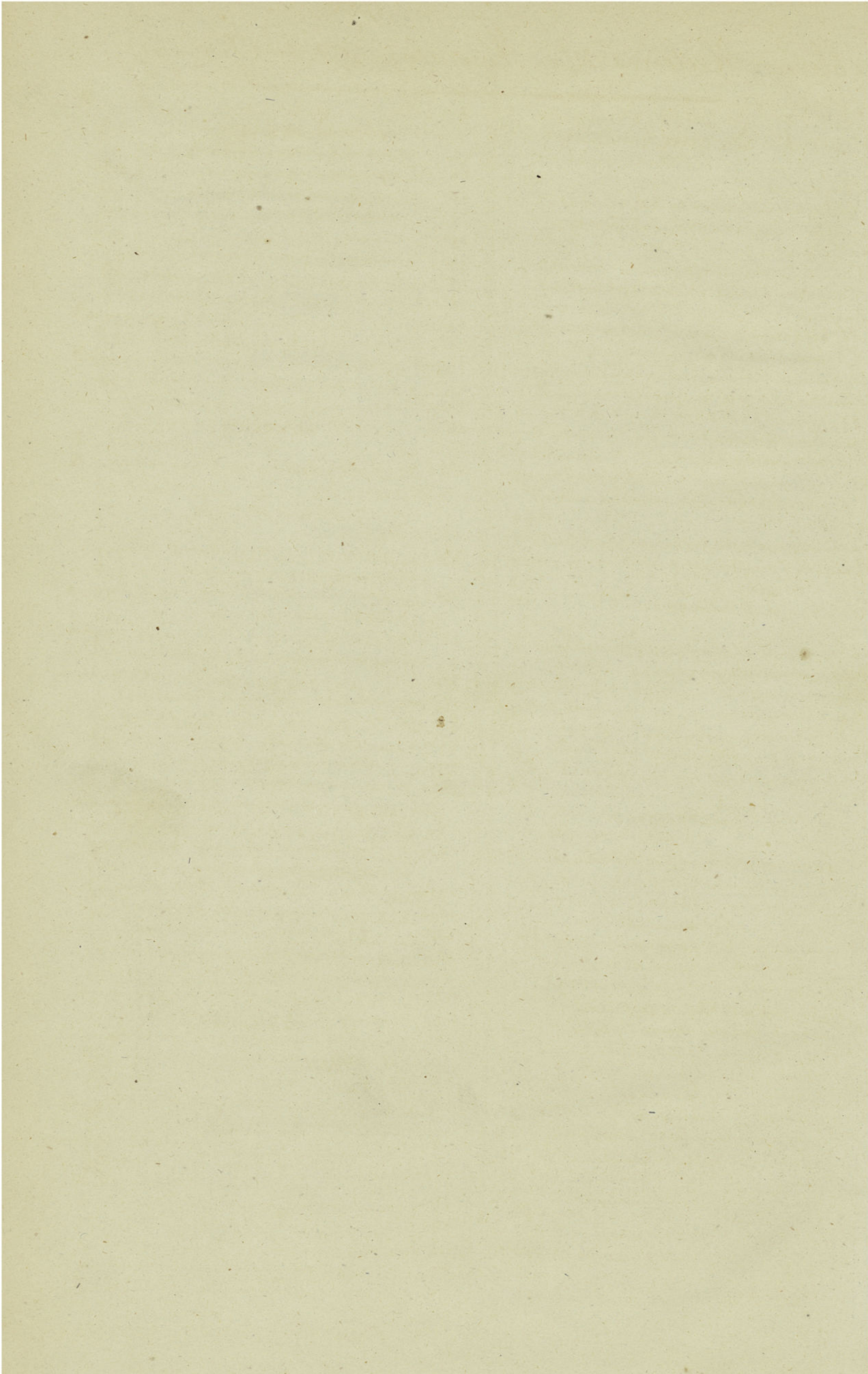


Table des Matières de la Minéralogie et de la Géologie.

1^{re} Leçon.

Généralités	1
Caractères distinctifs des Minéraux;	
Principes sur lesquels la classification	
minéralogique est fondée	1
1 ^o Caractères extérieurs	1
2 ^o Caractères géométriques ou cristallo-	
graphiques	3
1 ^{er} type cristallin	4
2 ^e type cristallin	5
modifications sur les arêtes	6
modifications sur les angles	6
3 ^e type cristallin	6
4 ^e type cristallin	7
5 ^e type cristallin	7
6 ^e et dernier type cristallin	8
Des croisements de cristaux et des	
hémitropies	8
Détermination de la forme primitive	8
Mesure des angles	8

2^{ème} Leçon.

Des caractères chimiques des minéraux	10
Des caractères physiques	11
1 ^o du magnétisme	11
2 ^o de l'électricité	11
3 ^o de la pesanteur spécifique	11
4 ^o de la double réfraction	12
Classification des minéraux	14

3^{ème} Leçon.

Chaux carbonatée ou Pierre à chaux	16
1 ^o Chaux carbonatée lamelleuse	16
2 ^o — idem — fibreuse	17
3 ^o — idem — saccharoïde	17
4 ^o — idem — compacte	18
5 ^o — idem — terreuse	18
Aragonite	19
Appendice à la Chaux carbonatée	19
Chaux sulfatée ou Pierre à plâtre	19
1 ^o Chaux sulfatée lamelleuse	20
2 ^o — idem — fibreuse	21
3 ^o — idem — saccharoïde	21
4 ^o — idem — compacte	21
Chaux anhydro sulfatée ou anhydrite	22
1 ^o Chaux anhydro sulfatée lamelleuse	23
2 ^o — idem — saccharoïde	23
3 ^o — idem — compacte	23

4^{ème} Leçon.

Du Quartz	24
1 ^o Quartz hyalin	24
2 ^o id compacte	26
3 ^o id Sydien ou pierre de Sydie	26
4 ^o id Agathe	27
5 ^o id Silex	27
6 ^o id résinite	28
7 ^o id jaspe	28
8 ^o id terreux	29
des Cripolin	29
des Grès	29

5^{ème} Leçon.

Du Feldspath	30
Feldspath lamelleux	30
compacte	32
Appendice	33
Feldspath tenace ou Jade	33
résinite	33
Obsidienne	33
Boue	34
De l'Albite	34

6^{ème} Leçon.

De l'Ampibole et du Pyroxène	35
Ampiboles	36
Actinote	36
Ériomolite	36
Hornblende	37
Ampibole fibreuse	38
Cornéenne	38
Du Pyroxène	39
Sahlite	39
Hadenbergite	40
Cyrosmalite	40
Augite	40
Basalte	41

7^{ème} Leçon.

Du Mica	41
Du Calc	43
Calc lamelleux	44
endurci ou Pierre ollaire	44
compacte ou Serpentine	45
Stéatite	45

8^{ème} Leçon.

Des Argiles	46
1 ^o Argile commune	46
2 ^o — plastique ou terre à potier	47
3 ^o — smectique ou terre à foulon	47
4 ^o — marneuse ou terre argileuse	48
5 ^o — creuse ou bolaire	48
6 ^o — légère ou Argile de Fabriani	48
7 ^o — à polir ou schiste à polir	48
De la fabrication des Briques	49
Choix des terres	49
1 ^o Préparation de la terre	49
Corroyage de l'Argile	50
2 ^o Du Moulage	50
Dimension des Briques	51
3 ^o Séchage des Briques	52
Second séchage	52
4 ^o Cuisson de la Brique	53
A Cuisson dans les fours	53
B Cuisson des Briques à la houille	54

9^{ème} Leçon.

Des Combustibles minéraux	57
Le pouvoir calorifique est proportionnel à la quantité d'oxygène absorbé par un combustible	58
est proportionnel à la quantité de litharge réduite	58
Moyen de calculer le pouvoir calorifique des combustibles	59
Composition de quelques charbons par l'Analyse immédiate	59
Pouvoir calorifique du charbon	59
Essai du pouvoir calorifique des houilles	60
1 ^o Des Anthracites	60
Manière dont l'Anthracite se comporte au feu	60
Capacité calorifique de l'Anthracite	61
Distinction des Anthracites en 3 variétés	61
1 ^o Anthracite vitreuse	61
2 ^o Anthracite commune	61
3 ^o Graphite ou Plombagine	61
Analyse de quelques Anthracites	62
Gisement de l'Anthracite	62
2 ^o Des Houilles	62
Houille grasse	63
Houille sèche	63
La houille compacte est rangée dans la houille sèche	64
Houille maigre	64
Manière dont les houilles se comportent à la distillation	65
Quantité de gaz qu'elles produisent	65
Capacité calorifique de la houille	65
Analyse de différentes variétés de houille	66
des houilles grasses	66
des houilles sèches	66
des houilles sèches très carbonées	66
houilles sèches peu carbonées	67

9^{ème} Leçon (suite).

Du charbon de bois minéral	67
Gisement de la houille	67
3 ^o Des Lignite	68
1 ^o Lignite piciforme	69
2 ^o — terne	70
3 ^o — fibreux	70
Gisement des Lignite	70
4 ^o De la Tourbe	71
Gisement de la tourbe	71
Variétés de tourbe	71
Pesanteur spécifique de la tourbe	71
Produits de la distillation de la tourbe	72
Analyses immédiates de plusieurs variétés de tourbe	72
Pouvoir calorifique de la tourbe	72
Charbon de Tourbe	73
Poids spécifique du charbon de tourbe	73
Manière dont le charbon de tourbe se comporte au feu	73
Pouvoir calorifique du charbon de tourbe	73
Analyses immédiates de plusieurs variétés de charbon de tourbe	74

10^{ème} Leçon.*

Des Métaux	75
Du Fer	75
Du fer natif	76
Des Oxydes de fer	77
Fer oxidulé	77
Fer Oligiste	78
Fer hématite	78
— oxidé rouge	78
Fer oxidé hydraté	79
Fer carbonaté	79
— sulfuré	80
— arsenical	80
— phosphaté	80
— chromé	81
Gisement des minerais de Fer exploités	81
Du Cuivre	82
Cuivre natif	82
Des Oxydes de Cuivre	82
Cuivre oxidulé	83
— oxidulé terreux	83
— oxidé noir	83
Des Sulfures de Cuivre	84
Cuivre sulfuré	84
— pyriteux	84
Cuivre gris	85
— carbonaté bleu	86
— carbonaté vert	87
Gisement des Mines de Cuivre	88
Du Plomb	88
Plomb sulfuré ou Galène	88

* Cette Leçon est supprimée dans le Cours oral.

10^{ème} Leçon. (suite).

Plomb phosphaté	89
carbonaté	89
Du Zinc	90
Zinc sulfuré	90
Zinc oxidé silicifère ou Silicate de Zinc	91
Zinc carbonaté	91
De l'Étain	92
De l'Antimoine	92

10^{ème} et 11^{ème} Leçon.

Des Roches	93
Structure de séparation	93
Structure schisteuse contournée	94
id — pseudo-régulière	94
De la structure d'aggrégation	94
Structure d'aggrégation granitoïde	94
id — granitoïde rubanée	94
id — porphyroïde	95
id — amygdaloïde	95
Structure d'aggrégation entrelacée	95
id — id — irrégulière	95
id — arénacée	95
id — argileuse	95
id — scoriacée	95
Classification des Roches	96
Roches feldspathiques.	96
Feldspath lamelleux	97
id — terreux, Petro-silice.	97
id — résinite	97
id — compacte, Petro-silice de Dolomieu	97
id — compacte glanduleux	97
id — compacte porphyroïde.	98
Porphyre quartzifère	98
Granites	98
Syénite	99
Granite graphique ou Pegmatite	99
Greisen	99
Schorl-rock	100
Epsal-feld	100
Granite talqueux ou Protogine	100
Gneiss	100
Gneiss talqueux	100
Roches Micacées	100
Schiste micacé	100
Roches talqueuses	101
Schiste talqueux ou Calc-schiste	101
Chlorite-schisteuse ou Pierre Ollaire	101
Stéatite ou Schistes Stéatiteux	101
Roches Amphiboliques	101
Diorite	101
Diorite porphyroïde ou Porphyre dioritique	102
Diorite amygdaloïde	102
Roches hypersthéniques	102
Roches de Jade	103
Euphotide	103
Roches de Serpentine	103

10^{ème} et 11^{ème} Leçon (suite).

Roches trachytiques	103
Trachytes	103
id — granitoïdes	104
id — micacées amphiboliques	104
id — porphyroïdes	104
Porphyres trachytiques	104
Dômite	104
Phonolite	104
Perlite ou Perlstein	104
Obsidienne	105
Pierre-Ponce	105
Roches Pyroxéniques	105
Serpentine	105
Dolerite	105
Mélaphyres ou Porphyres angitiques	105
Basaltes	106
Trapps	106
Roches de Quartz	107
Quartz hyalin	107
id — compacte	107
id — Lydien	107
id — Silice	107
id — résinite	107
Jaspe	107
Des Calcaires	108
Calcaires saccharoïdes	108
id — compactes	108
id — grossier	110
id — d'eau douce	110
id — marneux	110
id — bitumineux	110
Dolomies	110
Dolomies saccharoïdes	110
id — compactes	110
Roches de chaux sulfurée	111
Des Laves	111
Roches arénacées	111
Brèche universelle	112
Grauwacke	112
Grès houilleux	113
rouge	113
bigarré	113
associé au Lias	114
vert	114
de Fontainebleau	114
Brèches calcaires	114
Arkose	115
Des Argiles et des Marnes	115
Note sur la différence de formation	-
des Roches	115

12^{ème} Leçon.

De la Cuisson de la Chaux.	-
Des Fourneaux à chaux et des fourneaux	-
à préparer les Pouzzolanes artificielles	117

12^{ème} Leçon (suite)

Des Fourneaux à chaux	118
Fourneaux à cuisson périodique	118
à cuisson continue	118
Fourneaux prismatique propre à la cuisson de la chaux et de la Onique	119
Fourneaux conique ordinaire à houille et à feu continu	119
Fourneaux ovoïdes à houille et à feu continu	119
Fourneaux de S ^r Berthelin	120
Mise en feu	120
Produit	120
Salaires des Ouvriers	121
Consommation de Charbon	121
Recherches sur la Chauffournerie faites au port de Brest	121
Fourneaux à trois cloisons	124
Consommation pour obtenir 1 mètre cube de chaux	125
Des fourneaux employés pour la fabrication des Pouzzolanes artificielles	125
Fourneaux à revivifier le Ciment par M ^r Lepruy	126

13^{ème} Leçon.

Des diverses espèces de Chaux et des circonstances auxquelles elles doivent leurs propriétés	127
Chaux grasse	127
Chaux maigre	127
Hydrate de chaux grasse	127
Hydrate de chaux maigre	127
Différence entre l'intensité des Chaux hydrauliques	128
Composition des chaux hydrauliques	129
Analyses de chaux grasses	129
de chaux maigres non hydrauliques	129
Analyses de chaux moyennement hydrauliques	129
Analyses de chaux hydrauliques	130
de chaux entièrement hydrauliques	130
Combinaisons directes de la chaux avec d'autres substances	131
Chaux et Argile	131
Chaux et Silice	131
Chaux et Alumine	132
Chaux et Magnésie	132
Chaux, fer et Manganèse	133
Chaux, silice, Alumine	134
Chaux, silice, Oxide de fer	134
Chaux, silice, Oxide de manganèse	134

14^{ème} Leçon.14^{ème} Leçon.

De la fabrication des chaux hydrauliques artificielles, et des procédés employés pour éteindre la chaux	135
Composition de la chaux hydraulique de M ^r de S ^r Léger	137
Procédé de la fabrication de la chaux hydraulique de Souillac	137
Extinction de la chaux	138
Extinction par immersion	138
id. spontanée	138
Exposition à l'air	139

15^{ème} Leçon.

Des différentes substances qu'on ajoute à la chaux pour former des mortiers et des Bétons	139
Des Sables	140
Action des acides sur les sables	140
Action nulle de la chaux sur les sables	140
Des Arènes	144
1 ^{re} Expériences, en desséchant les Argiles	144
2 ^{me} Expériences, en calcinant les Argiles	144
3 ^{me} Expériences, en décomposant les Argiles	145
Des Grès	146
Des Argiles	151
Du Ciment de Briques	151

16^{ème} Leçon.

Des Pouzzolanes	151
Des Pouzzolanes naturelles	152
Nature des Pouzzolanes	152
Action des Acides	152
Action de l'eau de chaux	152
Des Pouzzolanes artificielles	152
Conditions de la fabrication des Pouzzolanes artificielles	153
Moyens différents de calciner les Pouzzolanes artificielles	155
1 ^{re} Méthode	155
2 ^{me} Méthode	155
Calcination ordinaire	156
Produits d'arts pouvant servir comme Pouzzolanes	156
Mélange convenable de chaux et de Pouzzolanes	156
1 ^o Pour les constructions sous l'eau	156
2 ^o Pour les constructions à l'air	157
Proportions du Mélange	157
1 ^o Dans les constructions sous l'eau	157
2 ^o Dans les constructions extérieures	157

17^{ème} et 18^{ème} " Leçons.

Théorie de la solidification des Mortiers - Analyse des pierres à chaux et des Pouzzolanes - Essais des pierres gélives	158	Essai par la calcination	161
Théorie de la solidification des mortiers	158	Essai par les acides	162
Caractères extérieurs pour reconnaître les différentes pierres calcaires	160	Déparation de la silice et de l'Alumine	163
Essais des pierres à chaux	161	Analyse d'un Calcaire magnésien	164
Analyse des pierres à chaux	161	Analyse d'un Calcaire magnésien mêlé de fer et de manganèse	165
		Analyse d'une Pouzzolane	165
		Attaque par le plomb	165
		Moyen de reconnaître les pierres gélives	165