

JOURNAL

DES

MINES.

A PARIS.

**JOURNAL
DES MINES,**

OU

RECUEIL DE MÉMOIRES
sur l'exploitation des Mines, et sur les
Sciences et les Arts qui s'y rapportent.

Par MM. COQUEBERT - MONTBRET, HAÛY, VAUQUELIN,
BAILLET, BROCHANT, TREMERY et COLLET-DESCOSTILS.

Publié par le CONSEIL DES MINES de
l'Empire Français.

VINGT-QUATRIÈME VOLUME.

SECOND SEMESTRE, 1808.

~~~~~  
A PARIS,

De l'Imprimerie de BOSSANGE, MASSON et BESSON,  
rue de Tournon, N<sup>o</sup>. 6.

---

# JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 139. JUILLET 1808.

---

## M É M O I R E

*Sur l'Action chimique des chaînes galvanico-électriques simples formées de dissolutions métalliques, d'eau ou d'acide, et d'un métal; et sur la désoxydation des oxydes métalliques opérés par ce moyen.*

Par M. BUCHOLZ.

Tiré du n<sup>o</sup>. 17 du *Journal de Gehlen*; traduit par M. TASSAERT.

L'ÉLECTRICITÉ produite par la colonne électrique de Volta et par les chaînes galvaniques, a présenté aux physiciens les résultats les plus surprenans, sur-tout par rapport à la chimie. Qui ne se rappelle la décomposition de l'eau, opérée d'une manière toute particulière, les oxydations, les désoxydations, les hydrogénations que Ritter le premier a observées exactement, ainsi que la décomposition de plusieurs acides, sels, etc. On aurait pu espérer que les chimistes auraient fait plus d'attention à l'électricité, et qu'ils auraient tâché d'en

tirer un plus grand parti, mais cela n'a pas eu lieu dans la proportion que l'importance de cet objet paraissait l'exiger. Ritter a encore le mérite d'avoir fait remarquer aux chimistes l'influence de la matière électrique sur les phénomènes chimiques, et quand même les opinions qu'il a émises dans son ouvrage du *Système électrique des corps*, ne seraient pas absolument fondées, eu égard au rapport de la matière électrique à l'action chimique, cependant on ne saurait plus en nier entièrement l'influence, sur-tout depuis que Sylvester, en 1806, a fait voir que la précipitation d'un métal par un autre métal, n'était qu'un procédé galvanico-électrique; ce qui a confirmé l'opinion que Ritter avait émise en 1800, quoiqu'on ne puisse admettre cette opinion que pour le cas des végétations métalliques, et non pour chaque espèce de réduction par la voie humide, parce qu'il n'y a pas toujours formation d'une chaîne de deux métaux et d'une liqueur lorsqu'on réduit un métal par un autre, et que cependant le résultat ne reste pas un instant douteux.

L'influence de l'électricité sur les procédés chimiques, pour l'oxydation et la désoxydation, est encore bien plus sensible lorsqu'on forme des chaînes de deux liqueurs et d'un métal; ce que Ritter a déjà fait remarquer en 1800, et dont il démontra la réalité à l'occasion d'une observation faite par Bucholz en 1804, que l'étain précipitait le muriate d'étain sous forme métallique, lorsqu'on versait de l'eau sur une dissolution de muriate d'étain, et qu'on plongeait une lame de ce métal dans la dissolution

et l'eau en même tems. L'utilité et la nécessité d'étudier l'influence de l'électricité n'a jamais pu se prononcer d'une manière plus déterminée que dans ce cas où Ritter a expliqué les phénomènes les plus énigmatiques d'une manière naturelle et aisée. J'ai trouvé cette explication d'autant plus juste, que je viens de la constater dernièrement en recherchant si d'autres métaux seraient en état de former des chaînes semblables avec leurs dissolutions et de l'eau. Je communique ces expériences, parce que je ne connais personne, excepté Ritter, qui se soit occupé de ces chaînes, et qu'elles m'ont paru présenter quelque intérêt eu égard aux circonstances particulières qui les accompagnent, quoiqu'elles aient le même système pour base.

*Expériences avec des dissolutions de cuivre, une deuxième liqueur et du cuivre.*

1. On a versé dans un verre cylindrique une dissolution d'une  $\frac{1}{2}$  once de muriate de cuivre vert cristallisé, dans deux onces d'eau, et on ajouta, avec la plus grande précaution, 3 onces d'eau distillée; en sorte que les liqueurs étaient séparées l'une au-dessus de l'autre. Alors on mit dans les deux liqueurs une lame de cuivre polie, d'un  $\frac{1}{2}$  pouce de large et de 6 pouces de long qui reposait sur le fond du verre. Au bout de deux heures il ne parut y avoir d'autre action, sinon que la lame de cuivre fut recouverte d'un enduit blanc qui augmenta pendant douze heures. En examinant cette matière, on reconnut que c'était du muriate de cuivre blanc,

formé par le partage de l'oxygène contenu dans l'oxyde de cuivre du muriate vert et le cuivre métallique plongé dans la liqueur (1).

2. Comme l'expérience précédente avait prouvé que le muriate de cuivre vert ne pouvait pas servir à former une chaîne qui pût opérer la réduction complète de l'oxyde de cuivre tenu en dissolution, j'ai voulu voir si le muriate de cuivre blanc se comporterait d'une autre manière. J'ai donc fait bouillir pendant un quart-d'heure un gros de ce sel avec 3 onces d'eau; j'ai filtré, et après le refroidissement j'ai mis cette liqueur en contact avec 2 onces d'eau distillée et une lame de cuivre polie comme dans l'expérience précédente. N'ayant point obtenu de précipité de cuivre au bout de quelques heures, et même après plusieurs jours, j'ai attribué cette nullité d'effet à la petite différence de pesanteur spécifique des deux liqueurs; car on sait que l'eau ne dissout que très-peu de muriate de cuivre blanc, ce qui doit être cause que les deux liqueurs se réunissent sur-le-champ et détruisent la chaîne; alors il ne peut y avoir de chaîne très-active à cause du peu d'action des deux conducteurs liquides.

3. On a fait dissoudre  $\frac{1}{2}$  once de cuivre dans l'acide nitrique, en ayant soin de ne laisser que l'excès d'acide strictement nécessaire à la dissolution du sel. La dissolution a été rap-

(1) Il arrive ici la même chose que ce qui a lieu hors de la chaîne avec d'autres métaux qui précipitent du muriate de cuivre blanc. Reste à savoir si dans la chaîne, cela a lieu plus promptement.

*Note de M. Gehlen.*

prochée jusqu'à 2 onces, puis on a formé la chaîne en versant 3 onces d'eau distillée par-dessus et plongeant dans les liqueurs la lame de cuivre polie: on a seulement eu l'attention de tenir cette lame de cuivre à quelques lignes du fond du verre en l'assujettissant dans un morceau de liège. D'abord les deux liqueurs se sont trouvées bien séparées l'une de l'autre; mais peu de minutes après que la chaîne a été formée, il s'est fait sur la lame de cuivre, au point de séparation des deux liqueurs, une ligne transversale étroite, mais très-brillante. Au-dessus de ce point, la lame était beaucoup plus foncée, et au bout, qui plongeait dans la liqueur, il s'est déposé de petits filamens presque imperceptibles, qui augmentèrent peu-à-peu, mais qui finirent par disparaître entièrement. La ligne brillante sur la lame de cuivre s'élargit beaucoup, et la partie de la lame qui était dans l'eau s'obscurcit jusqu'au brun-noir. Lorsqu'au bout de 72 heures les deux liqueurs ont paru être entièrement mêlées, et que l'activité de la chaîne a semblé détruite, j'ai retiré la lame de cuivre et l'ai trouvée dans l'état suivant: presque au centre de cette lame il y avait une place brillante, large de près d'un quart de pouce, où l'on n'observait ni oxydation ni précipitation de cuivre: au-dessus de cette ligne on trouvait un léger enduit d'oxyde brun-noir de cuivre, et à la partie inférieure une couche pulvérulente rouge de cuivre qui s'épaississait de plus en plus vers la fin de la lame et prenait un aspect strié; vu à la loupe, le tout paraissait formé par l'assemblage de petits grains qui prenaient le brillant métallique par le frotte-

ment. Le résultat de cette expérience a prouvé, d'une manière évidente, que sous des conditions convenables, on pouvait, de cette manière, former une chaîne électro-galvanique très-active, par laquelle on précipitait le cuivre à l'état métallique par le cuivre même.

4. Afin de savoir quelle serait l'action réductrice d'une pareille chaîne si on acidulait l'eau qu'on emploie avec  $\frac{1}{6}$  d'acide nitrique, j'ai opéré à peu près comme dans l'expérience précédente. Le résultat en fut presque le même, seulement la lame de cuivre s'est oxydée plus promptement dans la liqueur acide; il s'est dégagé quelques bulles de gaz, et le cuivre s'est déposé en couche plus épaisse et d'un brillant presque métallique au bas de la lame de cuivre. L'expérience fut terminée beaucoup plus promptement.

5. Afin de varier l'expérience (3), on a fait une dissolution de cuivre par l'acide nitrique, de manière qu'il restât encore du cuivre métallique en contact avec la dissolution saturée, puis on a formé une chaîne. Au bout de quelques minutes les phénomènes ordinaires se présentèrent, excepté qu'au point de contact des deux liqueurs, il se forma un léger trouble occasionné par la précipitation du nitrate de cuivre au *minimum* d'acide sous la forme de petits flocons d'un blanc verdâtre. Au commencement il s'était déposé, aux bords de la lame de cuivre, des flocons; mais ils disparurent ensuite. Comme la liqueur avait été absolument troublée par la séparation de l'oxyde de cuivre qui y était en excès, lorsqu'on avait ajouté de l'eau, je retirai la lame de cuivre, et je fus

agréablement surpris par un résultat inattendu: partout où la lame de cuivre avait trempé dans la dissolution de cuivre, elle était recouverte d'une autre lame de cuivre très-mince, sur laquelle on trouvait beaucoup de petits boutons de la grandeur et de la forme de petites têtes d'épingles qui avaient l'aspect métallique, lisse et fondu, et qui, considérés à la loupe, présentaient de côté une ou deux petites ouvertures. Il me parut aussi que les flocons qu'on avait observés sur les bords de la lame avaient été convertis en de petits boutons pareils; car ces derniers en étaient recouverts çà et là. D'où peut donc provenir ce phénomène intéressant de la séparation du cuivre sous la forme de petits globules?

6. L'expérience (n<sup>o</sup>. 3) a encore été variée de manière à ce que la dissolution de cuivre contint un léger excès d'acide. Le résultat fut le même que dans l'expérience (3), excepté que le cuivre ne fut précipité que plus tard, lorsque l'excès d'acide parut être amorti: ce qui a été opéré avec un dégagement de beaucoup de bulles de gaz, et la séparation n'eut lieu que tout au bas de la lame sous la forme de petits grains. Beaucoup d'autres expériences variées à l'infini, afin d'obtenir des végétations cuivreuses plus étendues, m'ont appris que la réduction du cuivre à l'aide du cuivre, était d'autant plus complète, que la dissolution était plus concentrée, que le point de saturation était le plus exact, et que la lame de cuivre était large, massive et polie; que lorsqu'on ajoutait à l'eau un peu d'acide nitrique, le résultat de l'opération était accéléré par l'oxydation du métal

opérée plus abondamment dans la liqueur supérieure ; mais qu'un trop grand excès d'acide s'opposait aussi à la réussite : l'opération se faisait trop tumultueusement et produisait un mélange trop prompt des liqueurs , ainsi qu'une pesanteur spécifique trop considérable de la liqueur supérieure qui anéantit l'action de la chaîne.

*Essais avec la dissolution du nitrate d'argent ,  
de l'eau et de l'argent.*

7. On a mis dans un petit verre étroit une dissolution de deux gros de nitrate d'argent dans  $\frac{1}{2}$  once d'eau , et on a versé par-dessus six gros d'eau distillée , acidulée avec  $\frac{1}{12}$  d'acide nitrique pur. La chaîne a été fermée par un petit morceau d'argent massif , étroit et terminé en pointe , qu'on avait assujéti dans un petit morceau de liége. L'action a été presque instantanée ; il s'est formé un point de  $\circ$  qu'on a reconnu à une ligne transversale , intacte et très-brillante. Immédiatement au-dessous de ce point , il s'est séparé de l'argent métallique en grains brillans posés les uns contre les autres sur une ligne horizontale , lesquels ont continué à se déposer tout le long de la lame qui avait  $\frac{1}{2}$  pouce de longueur. Ces grains ont augmenté pendant 12 heures , au-dessous de ce point de  $\circ$  ; la lame d'argent est devenue grise , et s'est peu à peu recouverte d'oxyde noir. Au bout de ce tems , l'action de la chaîne n'était plus sensible , et la moindre secousse a fait tomber la lame d'argent en deux parties : cette lame était corrodée où la liqueur acide avait été en

contact avec l'air. Pendant toute l'opération , il n'y a eu que très-peu de bulles d'air de dégagées dans la liqueur supérieure. La lame d'argent couverte de petits boutons offrait un bel aspect à l'œil nu ou armé d'une loupe ; ils se présentaient comme un assemblage de petits boutons brillans. M. le Professeur Bernhardt a eu la complaisance de les considérer avec un microscope qui grossissait 200,000 fois , et alors on voyait très-distinctement de petits cubes dont les arêtes étaient tronquées.

8. J'ai répété l'expérience précédente , afin d'opérer une séparation d'argent plus forte et plus considérable. J'ai fait dissoudre une once d'argent fin dans l'acide nitrique pur , et j'ai ajouté de l'eau de manière à former une dissolution saturée pesant six onces. J'ai versé cette dissolution dans un vase cylindrique , et j'ai ajouté très-soigneusement huit onces d'eau ; puis j'ai formé et fermé la chaîne avec une lame d'argent terminée en pointe , qui avait six pouces de long et un pouce de large. Ce n'est qu'au bout de trois à quatre heures que l'action a été sensible : on a observé un point de  $\circ$  , au-dessus duquel la lame est devenue grise , et au-dessous duquel il s'est déposé isolément des grains d'argent si petits , qu'on pouvait à peine les distinguer à la vue. Au bout de 72 heures , ces points avaient acquis la grandeur de têtes d'épingles à sept ou huit endroits. La partie supérieure de la lame était devenue d'un gris plus foncé ; mais les deux liqueurs s'étant parfaitement mêlées , il n'y avait plus d'espoir d'obtenir un résultat plus complet.

Le résultat de cette expérience fournit une

nouvelle preuve que l'activité d'une chaîne est en certaine proportion avec celle de l'oxydation.

9. On a réduit, par l'évaporation, les liqueurs de l'expérience précédente jusqu'à six onces, et après les avoir remises dans le même vase, on a versé dessus, avec beaucoup de précaution, cinq onces d'eau acidulée avec une once d'acide nitrique pur, d'une pesanteur spécifique 1,250. On a fermé la chaîne avec la lame d'argent dont il a été fait mention. L'action a eu lieu sur-le-champ. Il s'est formé un point de o, d'un quart de pouce de large où la lame d'argent est restée intacte. Au-dessus de ce point, il s'est formé de l'oxyde noir, et au-dessous, sur toute la largeur de la lame, il s'est formé une ligne de boutons d'argent brillans exactement comme dans l'expérience (7), mais dans une proportion un peu plus grande. Ces petits grains ont augmenté pendant 36 heures aussi bien que l'oxyde noir. L'argent séparé avait la même forme que dans l'expérience (7), excepté que quelques agglutinations d'argent qui se trouvaient à la pointe de la lame étaient ternes; mais elles ont repris le brillant en les pressant avec un corps dur. Lorsqu'on a retiré la lame, au bout de 36 heures, elle s'est divisée en deux parties; elle était particulièrement corrodée où elle avait été en contact avec la liqueur à la partie supérieure: à cet endroit elle était entièrement convertie en oxyde noir d'argent.

*Essais avec des dissolutions de plomb, de l'eau, de l'eau acidulée et du plomb.*

10. On a formé une chaîne avec quatre onces d'une dissolution de nitrate de plomb, faite à froid, quatre onces d'eau et une lame de plomb d'un pouce de large, de six pouces de long et six lignes d'épaisseur, qu'on avait fixée dans un morceau de liége posé en travers au-dessus de l'ouverture du verre. Sur-le-champ, on a aperçu un point de o, là où les liqueurs se touchaient, et qui est devenu plus large et plus sensible pendant une heure. Au-dessus de ce point, le brillant du plomb a toujours diminué; au-dessous, il s'est déposé de petites lames métalliques brillantes qui se sont accrues pendant 24 heures. Au bout de ce tems-là, les liqueurs s'étant mêlées, ont anéanti l'action de la chaîne. Les lames métalliques, qui n'étaient que du plomb pur, n'avaient aucune forme régulière.

11. Afin de connaître quelle serait l'action d'une pareille chaîne si on y ajoutait de l'eau acidulée, j'ai répété l'expérience en y ajoutant deux gros d'acide. Peu de tems après, on a remarqué un endroit plus brillant où les deux liqueurs se touchaient; au-dessus de cette place, il y a eu dégagement de gaz et formation d'oxyde blanc; au-dessous de cet endroit la lame de plomb s'est ternie. Après 24 heures, il s'est aussi formé, à cet endroit, de l'oxyde, et il y a eu dégagement de gaz. A cette époque, les liqueurs étaient mélangées sans qu'il se fût séparé de plomb métallique. Suivant toute apparence, il n'y a pas eu de chaîne bien active,

parce que les deux liqueurs se sont mélangées trop tôt. Pour vérifier cette supposition, on a fait l'expérience suivante.

12. On a saturé quatre onces d'eau distillée bouillante avec du nitrate de plomb, et on les a mises, tièdes comme du lait, dans un verre cylindrique, après avoir versé par-dessus quatre onces d'eau acidulée, d'une once d'acide nitrique = 1,250 ; on a fermé la chaîne par une lame de plomb polie. Il s'est formé un point qui a paru plus brillant que dans les expériences précédentes et suivantes. La partie de la lame de plomb qui était dans l'eau acidulée, s'est couverte de beaucoup de bulles de gaz, et est devenue grise. Sur les bords de la lame, qui plongeait dans la dissolution, il s'est déposé des filaments qui, au bout de quelques heures, se sont augmentés au point de former de petites éminences de lames de plomb d'un tiers de ligne de long ; en même tems, il s'est déposé des cristaux qui se sont en partie attachés à la lame de plomb, et qui, au bout de 12 heures, avaient recouvert la lame et formaient un beau groupe parsemé de lamelles de plomb. Il n'y a eu que près du point de o, où la dissolution se trouvait trop affaiblie par la liqueur surnageante, qu'il ne s'est point déposé de cristaux avec les lames de plomb. La partie supérieure de la lame était recouverte d'oxyde gris de plomb.

Le résultat de cette expérience a prouvé qu'on avait, avec raison, présumé qu'il ne se fait pas séparer de plomb dans les expériences (11<sup>ème</sup>), parce que les liqueurs avoient une pesanteur spécifique trop peu différente ; ce qui faisait que le fluide électrique était mal conduit,

et

et que les liqueurs se mélangeaient trop tôt et détruisaient la chaîne.

13. Une dissolution d'une once d'acétate de plomb dans trois onces d'eau distillée, formée en chaîne avec cinq onces d'eau et une lame de plomb, n'avait même, au bout de 24 heures, éprouvé presque aucun changement, sinon que la lame était un peu plus terne vers le fond, et un peu plus brillante vers le haut.

14. J'ai évaporé l'eau excédente à la dissolution de l'acétate de plomb, et j'ai employé le vinaigre distillé au lieu d'eau. Quelques minutes après la formation de la chaîne on a aperçu le point de o, au-dessus duquel la lame de plomb est devenue d'un gris-blanc, et au-dessous duquel il s'est formé plusieurs points d'un gris-noir. Ces derniers, après 36 heures, avaient augmenté au point de recouvrir presque toute la partie de la lame de plomb qui plongeait dans la liqueur. Ces points, examinés avec plus de soin, présentaient la forme de petits boutons ; ils étaient friables, ce qui me les fit d'abord prendre pour du plomb oxydé ; mais les ayant frottés avec un corps dur, ils prirent le brillant métallique ; ce qui indique qu'ils étaient du métal.

*Essais avec le muriate de zinc ; l'eau, l'eau acidulée et le zinc.*

15. On a formé une chaîne avec une demi-once de zinc dissous dans l'acide muriatique et étendu jusqu'au point de former 4 onces de liqueur, plus, 5 onces d'eau et une lame de zinc. Peu de tems après la formation de la

Volume 24.

B

chaîne, il s'est déposé à la pointe de la lame de zinc qui trempait dans la dissolution, une substance d'un gris-noir qui a toujours augmenté pendant 48 heures: en même tems il s'est déposé sur la partie du zinc qui était dans l'eau, un enduit grisâtre d'oxyde de zinc. Les ramifications de zinc, qui étaient à la partie inférieure, avaient un aspect d'oxyde; mais les ayant frottées avec un corps dur, elles ont pris le brillant du zinc.

16. On a répété la même expérience, en ayant soin d'aciduler l'eau avec deux gros d'acide muriatique: le résultat fut presque le même, excepté qu'il s'est séparé moins de zinc, parce que la chaîne n'a pas resté aussi long-tems en activité, les liqueurs s'étant mélangées trop tôt.

*Essais avec les dissolutions de fer, l'eau, l'eau acidulée et le fer.*

17 et 18. On a fait une dissolution d'une once de sulfate de fer vert dans 3 onces d'eau, et on a formé une chaîne avec 4 onces d'eau, et un barreau de fer bien doux. Je n'ai remarqué aucune différence entre l'action qui eut lieu sur la partie du fer en contact avec l'eau, et sur celle qui était en contact avec la dissolution de fer; mais dans tous deux le fer fut enduit d'une couche d'oxyde noir de fer, et dans la dissolution il s'est séparé des flocons jaunes qui ressembloient à de l'oxyde. Le même effet eut lieu lorsqu'on eut acidulé l'eau avec un gros d'acide sulfurique concentré. Dans ces deux expériences, on n'a pas observé de polarité électrique, ni de point de o.

19 et 20. On a saturé peu à peu 4 onces d'acide muriatique fumant, avec de la limaille de fer pur; avec cette dissolution, plus, 4 onces d'eau et un barreau de fer doux, on a formé une chaîne. Elle n'a pas paru avoir plus d'effet que celle des expériences 17 et 18, car on n'a remarqué aucune différence entre l'état du fer plongé dans les liqueurs supérieures ou inférieures. Le barreau de fer fut recouvert dans toutes deux d'un oxyde noir, et peu à peu il se déposa des flocons d'oxyde d'un jaune-brun. En variant cette expérience, et ajoutant deux gros d'acide muriatique fumant aux 4 onces d'eau, il y eut dissolution du fer dans l'eau acidulée, et dégagement de gaz. Le fer qui était en contact avec la dissolution de fer, fut recouvert d'un enduit qui était quelquefois d'une couleur d'indigo ou de couleur de cuivre, et qui acquerrait le brillant du fer par le frottement; ce qui paraîtrait indiquer une séparation du fer à l'état métallique, sous forme pulvérulente, quoique je ne sois pas porté à admettre cette opinion. Le trop prompt mélange des deux liqueurs ayant détruit la chaîne, je n'ai pu me procurer assez de cette poudre noire pour en faire un examen exact, et déterminer ce que c'était d'une manière plus certaine.

#### CONCLUSION.

Il me semble qu'on peut conclure de toutes les expériences que je viens de décrire, que presque tous les métaux sont susceptibles de former, avec leurs propres dissolutions et de l'eau, des chaînes dont l'action électrique pré-

cipite le métal à l'état métallique, et qu'il paraît y avoir une anomalie apparente, comme si le métal dissous était précipité par le métal pur; ce qui paraîtrait opposé aux lois de l'affinité adoptées, entre un métal et l'oxygène. Il m'a toujours semblé que pour obtenir une réussite complète, il fallait :

1<sup>o</sup>. Que le métal formât une dissolution avec un acide quelconque qui ne fût point ou que très-lentement altérée par le métal pur, qui, par conséquent, ne contînt ni acide, ni oxyde en excès, afin que le courant électrique, formé par la chaîne, pût agir, sans être arrêté, sur l'oxyde métallique qui est en dissolution.

2<sup>o</sup>. Que la dissolution fût assez concentrée pour ne pas se mélanger aisément et promptement avec la liqueur surnageante et anéantir la chaîne.

3<sup>o</sup>. Que le métal qui doit former la chaîne fût oxydable par l'eau, et puisse ainsi déterminer le courant électrique, de manière qu'il ne produise pas le mélange des deux liqueurs et détruise ainsi trop promptement la chaîne.

Il est à présumer que l'or, le platine, le bismuth, le manganèse, le tungstène et d'autres métaux, formeront aussi des chaînes électro-galvaniques, et présenteront l'anomalie apparente qu'un morceau du même métal précipitera l'oxyde tenu en dissolution; ce que j'examinerai lorsque j'en aurai le loisir, à moins que d'autres ne me préviennent.

### ADDITION

*Au Mémoire précédent.*

J'observerai encore que les résultats fournis par mes expériences, sur la précipitation du cuivre, confirment l'observation annoncée par Buenger (*Journal général de Chimie*, vol. 4, pag. 444); mais pour plus de certitude, j'ai encore fait l'expérience suivante.

21. J'ai formé une chaîne en mettant dans un vase cylindrique une dissolution de 2 onces de sulfate de cuivre pur dans 6 onces d'eau bouillante; j'ai versé par-dessus 6 onces d'eau, et j'y ai plongé une lame de cuivre; au bout de 24 heures, il ne s'est montré aucun changement sur la lame de cuivre, ni dans la liqueur cuivreuse, ni dans l'eau: du reste, il y avait eu du sulfate de cuivre séparé, et les deux liqueurs s'étaient fortement mélangées.

22. On a exactement répété l'expérience précédente, excepté qu'on a ajouté  $\frac{1}{2}$  d'acide sulfurique à l'eau dont on s'est servi. Le résultat fut qu'aussitôt que la chaîne fut formée, il y eut oxydation et désoxydation du métal, et qu'il se forma sur la lame un point de 0 de  $\frac{1}{2}$  de ligne. Au bout de 48 heures, l'action n'augmentant plus aux deux pôles, je retirai la lame de cuivre, et je trouvai que tout ce qui avait trempé dans la dissolution, était recouvert d'une croûte massive, mais mince, de cuivre qui, vue en ligne droite, avait une couleur de cuivre pur, mais matte et terne; vue obliquement,

elle avait un aspect velouté, et paraissait plus pâle. A la loupe, cette croûte paraissait cristalline et d'un brillant métallique. Par la moindre friction, elle prenait le brillant du cuivre le plus pur. Entre cette croûte cuivreuse et la partie oxydée, il y avait un point de  $\frac{1}{2}$  de ligne où la lame était restée intacte, et au-dessus de ce point, la lame de cuivre était recouverte, sur une longueur de deux pouces, d'oxyde de cuivre d'un brun-noir.

---



---

## DESCRIPTION

D'UNE

### SUITE D'EXPÉRIENCES

*Qui montrent comment la Compression peut modifier l'action de la Chaleur.*

Par Sir JAMES HALL, Bar.<sup>t</sup>, Membre de la Société Royale d'Edimbourg.

Traduit de l'anglais par M. PICTET, de la Légion d'Honneur, Correspondant de l'Institut, Membre de la Société Royale de Londres et de celle d'Edimbourg, etc. etc. (1).

**L**E but de l'ouvrage que nous annonçons est de faire connaître cette longue suite d'expériences dans lesquelles l'auteur s'est proposé de rechercher de quelle manière la compression peut modifier l'action de la chaleur. Ces expériences, déjà très-belles par elles-mêmes, acquièrent un nouveau degré d'intérêt, lorsque l'on considère que les résultats auxquels elles ont

---

(1) A Genève, chez J. J. PASCHOUX, Imprimeur-Libraire; et se trouve à Paris, chez BUISSON, TREUTTEL et WURTZ, DENTU, MAGIMEL, LENORMAND et GAB. DUFOUR.

conduit, ont servi à mettre en évidence différens principes susceptibles de recevoir les applications les plus heureuses. Certainement la physique et la chimie n'offraient nul part un sujet plus intéressant et plus propre à piquer la curiosité. Nous avons pensé que pour donner une juste idée de l'immense travail entrepris par Sir James Hall, nous ne pouvions mieux faire que d'insérer dans ce recueil l'avant-propos qui a été rédigé par le savant traducteur. Nous y avons joint quelques détails qui font partie de l'ouvrage même, et qui fixeront sans doute l'attention de la plupart de nos lecteurs, sur-tout de ceux dont la géologie fait l'étude principale.

On a dit, avec beaucoup de raison, qu'il n'est pas encore tems de faire l'histoire des révolutions du globe, et d'appeler *géologie* l'énoncé de quelques faits épars, et quelques aperçus de leurs causes; matériaux informes, et dont la véritable place dans l'édifice de la science n'est pas même déterminée.

Mais il est également vrai, que les grandes époques de cette histoire ont laissé, dans toutes les contrées alpines, des traces tellement évidentes, qu'elles frappent les yeux les moins exercés. On voit, dans les régions du globe les plus éloignées des mers actuelles, des montagnes très-élevées, composées presque en entier de coquillages, et qui ont par conséquent occupé le fond de la mer. Dans les coupes verticales de leurs rochers, on découvre qu'ils sont formés par couches; et cette stratification est, sous deux rapports, un grand phénomène :

elle indique d'abord que la cause qui a formé les entassements a agi d'une manière variée et successive; et ces mêmes couches, par leurs inflexions, souvent brusques, et indéfiniment contournées, annoncent encore que, pendant qu'elles étaient dans un état de mollesse, une cause assez puissante pour les soulever les a fléchies et bouleversées de mille manières.

Ces premiers événemens dans l'histoire de notre globe n'admettent pas le doute : et rechercher les causes qui ont pu les produire, c'est placer la science sur sa base véritable; car l'explication de ces faits de première importance, si elle était heureuse et juste, serait sans doute féconde dans ses conséquences, comme l'est toujours la vérité, et elle s'appliquerait à bien d'autres phénomènes d'un ordre inférieur, dont il ne faut pas chercher à rendre raison tant qu'on n'est pas éclairé sur les grandes causes, et qu'on ignore le mode et la limite de leur action.

L'eau et le feu sont les seuls agens dont la force connue puisse être en rapport avec ces effets prodigieux dont il faut rendre compte, et c'est pour cette raison que les sectes opposées des géologues ont eu recours à ces agens pour expliquer tous les phénomènes du règne minéral. L'action séparée de l'un ou de l'autre, a son caractère particulier applicable à certains faits de détail : l'eau tranquille produit les dépôts en couches horizontales; agitée, les stratifications ondoyantes : le feu agissant seul liquéfie; il sublime, il vaporise. Mais la réur

nion de ces deux agens crée une force particulière, dont l'énergie est en quelque sorte illimitée, dont les effets sont susceptibles d'une variété infinie, et que l'industrie humaine a su mettre à profit avant que la science imaginât aussi de s'en prévaloir.

Mais, les propriétés connues de l'eau ne permettent pas qu'on lui attribue une influence universelle, puisqu'une très-grande partie des substances dont il faut expliquer l'état actuel, sont à peu près insolubles dans ce liquide; d'ailleurs, en les supposant même très-solubles, la quantité d'eau qui existe, et celle-là même qui pourrait exister dans notre planète, serait fort inférieure à la quantité nécessaire à l'office que leur assigne la théorie neptunienne (1). D'autre part, les propriétés connues du feu ne sont pas moins insuffisantes pour l'explication désirée, car diverses substances qu'on rencontre fréquemment dans le règne minéral, semblent exclure, par leur seule présence, la possibilité de l'action supposée de cet élément: l'expérience montre que ces substances sont totalement changées, et quelquefois détruites dans nos feux ordinaires.

Dans ces circonstances, les partisans de l'un ou de l'autre des deux systèmes ont pu réfuter avec beaucoup de succès les opinions de leurs adversaires, mais ils n'ont pu soutenir que fai-

(1) *Illustrations of the Huttonian theory*, par M. le professeur Playfair.

blement les leurs propres; et c'est peut-être à l'avantage de chacun des systèmes dans l'attaque de celui qui lui était opposé, et au défaut d'une troisième hypothèse à laquelle l'opinion pût raisonnablement s'attacher, qu'il faut attribuer le crédit dont a joui l'un et l'autre de ces deux systèmes, et ce mode de raisonnement peu philosophique que se sont souvent permis les auteurs qui ont écrit sur la géologie.

Si l'on se bornait à considérer les effets simultanés des deux agens dont nous venons de parler, on ne trouverait dans leurs forces qu'un moyen puissant de dissolution des matières les plus résistantes, d'expansion indéfinie des substances vaporisables, de bouleversement dans toutes les masses qui se rencontreraient sur le passage de ces fluides élastiques en action. Mais il ne faut point oublier que la pesanteur est en présence; qu'elle résiste, par la pression qu'elle produit dans tous les sens, à l'action de ces forces expansives, et qu'elle amène nécessairement un état d'équilibre dans lequel ces forces réagissent, pour ainsi dire, sur elles-mêmes: elles contiennent alors et rapprochent, par la compression qu'elles exercent, ces mêmes éléments qu'elles lanceraient au loin dans l'espace sans l'obstacle insurmontable que leur oppose la gravitation.

Entre toutes les substances minérales, le *carbonate de chaux* est indubitablement la plus importante, si on la considère sous un point

de vue général. Comme pierre calcaire ou marbre, elle forme une partie considérable de l'écorce du globe dans beaucoup de régions; et sous la forme de veines ou nodules de spath, elle s'insinue dans presque toutes les autres pierres. Ainsi, son histoire est tellement entremêlée dans celle de tout le règne minéral, que la destinée d'une théorie géologique quelconque doit dépendre beaucoup de son application plus ou moins heureuse aux diverses conditions de cette substance. Mais jusqu'à ce que le docteur Black, par sa découverte de l'acide carbonique, eût expliqué la nature chimique du carbonate de chaux, on ne pouvait se former aucune théorie raisonnable des révolutions chimiques auxquelles cette substance avait dû être indubitablement soumise.

Cette découverte paraissait d'abord être contraire à l'action supposée du feu; car la décomposition de la pierre à chaux, dans le feu ordinaire des fourneaux, est un fait trop connu et trop certain pour qu'on puisse attribuer à l'agent igné la formation de cette même pierre, ou de telle masse qui la contiendrait dans son intérieur.

La considération de cette difficulté conduisit le D<sup>r</sup>. Hutton à admettre un mode particulier d'action du feu qui caractérise sa théorie; système qui, dans l'opinion de l'auteur, a donné au monde savant la véritable solution de l'un des problèmes les plus intéressans qui aient jamais occupé les naturalistes.

Le D<sup>r</sup>. Hutton a supposé :

1<sup>o</sup>. Que la chaleur, dans quelque époque éloignée, a agi sur toutes les substances pierreuses;

2<sup>o</sup>. Que, pendant cette action, toutes ces matières, celles-là même qui sont actuellement à la surface, étaient recouvertes d'une masse qui exerçait sur elles une pression considérable;

3<sup>o</sup>. Qu'en conséquence de l'action combinée de la chaleur et de la pression, les effets produits ont été différens de ceux que produit communément la chaleur seule; et qu'en particulier, le carbonate de chaux a été réduit à un état de fusion plus ou moins complète, sans calcination.

Le principe fondamental et caractéristique de cette théorie se trouve donc indiqué dans le mot *compression*; et, par une seule hypothèse hardie, qui repose sur ce principe, le savant Hutton a essayé de répondre à toutes les objections qui ont été faites contre l'action simple du feu, et d'expliquer les circonstances dans lesquelles on trouve les minéraux fort différens de ce qu'ils seraient s'ils eussent été soumis au feu ordinaire de nos fourneaux.

Mais ce système entraîne, dès le premier pas, tant de suppositions contraires en apparence, à l'expérience la plus commune, qu'on l'a peu examiné jusqu'à présent, et que son mérite réel n'a été connu et apprécié que d'un petit

nombre d'individus. Sir James Hall a été lui-même long-tems étranger à cette dernière classe. Il avoue qu'à la lecture du premier écrit du D<sup>r</sup>. Hutton sur ces matières, il fut conduit à rejeter totalement son système; et il ajoute que peut-être il aurait conservé cette opinion, sans ses liaisons intimes avec l'auteur. Après de longues discussions, Sir James Hall commença à envisager les principes du D<sup>r</sup>. Hutton avec moins de répugnance. Il y a, je le crois, dit notre auteur, dans toutes les recherches scientifiques, une période à laquelle les conjectures du génie cessent de paraître extravagantes, et où la fertilité avec laquelle un certain principe explique les phénomènes peut être mise en balance contre son improbabilité, comme hypothèse. La vue partielle de la vérité que nous obtenons alors, est peut-être l'aspect le plus attrayant sous lequel elle se présente jamais, et celui sous lequel elle porte le plus énergiquement un esprit actif vers la recherche. Le nuage qui obscurcissait certaines faces des objets se dissipe par degrés; ils paraissent sous leurs véritables couleurs, et en même tems on entrevoit au loin une perspective dont on ne soupçonnait guère l'étendue.

Aussi-tôt que Sir James Hall se fut persuadé de la bonté des raisonnemens du D<sup>r</sup>. Hutton, il conçut l'idée d'établir, par voie d'expérience, la loi chimique sur laquelle reposait la théorie de ce savant. Les recherches dans lesquelles notre auteur se trouva entraîné à cette occa-

sion, ont été pendant plusieurs années l'objet de ses méditations. On n'a pas vu, depuis les tems de l'illustre Lavoisier, un individu faire à la science des sacrifices aussi étendus et aussi profitables pour elle que ceux par lesquels Sir James Hall s'est distingué dans ces recherches, qui offrent d'ailleurs un modèle de persévérance et de sagacité, dans l'invention et dans la conduite de plusieurs centaines d'expériences délicates, difficiles, et quelquefois dangereuses.

Les résultats qu'il a obtenus l'ont pleinement dédommagé: ils ont prouvé avec évidence, que la pression modifiait essentiellement les effets ordinaires de la chaleur; que la même pierre, le même coquillage, qui se convertissent en chaux à feu ouvert, conservent leur acide carbonique lorsqu'ils sont comprimés; que ces matières deviennent fusibles et cristallisables sous cette double action; et que, sous la même influence compressive, les substances animales et végétales se transforment en un combustible analogue à la houille. Il a déterminé l'intensité absolue de la pression qui produisait ces effets, et il l'a trouvée encore inférieure à celle qui devait exister au fond des mers, ou sous une enveloppe élastique de pression équivalente, quand le feu y travaillait les composés qui recouvrent actuellement la surface du globe. Certes, on ne peut contribuer plus essentiellement aux progrès de la science, en l'établissant sur des bases plus solides que ne l'a fait l'auteur de

ces belles expériences. Il a déposé au Musée britannique la collection authentique des échantillons qu'elles ont produit, et il en a adressé un double à l'Institut de France (1).

(1) Le traducteur a fait imprimer à la fin de l'ouvrage le catalogue descriptif et raisonné de ces mêmes échantillons.

MÉMOIRE

## M É M O I R E

*Sur un nouveau genre de liquéfaction ignée qui explique la formation des laves lithoïdes.*

Lu à la Classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut,  
le 28 mars 1808.

Par M. DE DRÉE.

Les empreintes visibles de l'action du feu ont été long-tems les seuls caractères auxquels on distinguait les produits volcaniques. Aussi ces produits se réduisaient-ils alors aux *obsidiennes*, aux *scories*, aux *ponces*. C'est aux naturalistes célèbres de nos jours que nous devons la connaissance des principales productions modifiées par les feux souterrains. M. Desmarest fut un des premiers à ranger les basaltes de l'Auvergne parmi les produits des volcans; M. Faujas, dans son intéressant ouvrage sur les *Volcans éteints du Vivarais*, a énoncé la même opinion; et Dolomieu reconnut que ces torrens de matières enflammées qui débordent les cratères, ou débouchent par les flancs des montagnes volcaniques, se consolidaient en pierres très-ressemblantes aux roches attribuées à la voie humide. C'est sur-tout à M. Faujas et à Dolomieu, à ces deux géologues, que nous devons la détermination précise de ces produits que Dolomieu a désignés par laves compactes, et qui depuis ont été nommés *laves*

Volume 24.

C

*lithoïdes* par un des membres de cette assemblée, dont le nom n'est pas moins attaché aux grands progrès des sciences naturelles. Jusque-là ces produits qui occupent la partie inférieure des courans avaient paru appartenir au corps de la montagne, et non à ces torrens enflammés. Leur situation, autant que leur ressemblance avec les roches, ont long-tems contribué à voiler leur véritable origine; et il fallait les yeux d'un observateur habile et sans prévention, pour réunir ces laves, qui n'ont aucun signe de fusion, aux autres éjections volcaniques que le préjugé ne distinguait qu'aux empreintes remarquables du feu.

Dans un siècle aussi éclairé, la découverte de ce genre de laves ne pouvait être regardée comme une simple addition aux catalogues des produits des feux souterrains. Non-seulement on s'étonnait de voir ces torrens de feu se consolider en prenant la constitution pierreuse; mais l'examen de ces laves surprenait plus encore, puisque après avoir subi une opération considérée jusqu'alors comme désorganisée, on y retrouvait au même état, et dans les mêmes dispositions, des substances semblables à celles qui s'observent dans les roches.

Une particularité aussi remarquable devait être, et fut en effet l'indication d'une opération toute nouvelle pour nous. Aussi ces laves sont-elles devenues, dès le moment que leur origine fut constatée, un grand sujet d'observation et de méditation pour les naturalistes.

*Quelle opération a pu liquéfier les matières servant de bases aux laves et leur conserver en même tems la constitution pierreuse? Quelle*

*est l'époque où se sont formés les cristaux inclus dans les laves porphyritiques? Voilà deux des questions les plus importantes que cette découverte a fait naître.*

Les célèbres naturalistes Saussure et Dolomieu, jaloux de les résoudre, essayèrent de trouver un genre de fusion qui ne réduisît pas la matière à l'état de verre ou de scorie; mais leurs tentatives furent sans succès alors, ainsi que celles entreprises depuis par Spallanzani. Cependant Dolomieu, qui avait toujours en vue de surprendre ce secret à la nature, ne cessait de recueillir toutes les observations qui pouvaient l'éclairer, et il avait rassemblé tant de données à cet égard, qu'il avait fini par être convaincu que les matières traitées dans les profondes cavités de la terre, étaient amenées, par une application particulière du calorique, à une liquéfaction telle que les parties composantes n'étaient que *désagrégées* et point dénaturées.

Il pensait aussi que la plupart des cristaux qu'on trouve dans les laves lithoïdes existaient dans ces laves avant la liquéfaction.

Telle était sur ces deux questions importantes l'opinion que nous a laissée ce célèbre géologue. Cette opinion n'était cependant pas celle de tous les naturalistes; la préexistence des cristaux sur-tout n'avait que peu de partisans; mais comme de part ni d'autre on n'apportait aucune preuve évidente, ces questions étaient restées indécises.

En me chargeant de publier les OEuvres de Dolomieu, en mettant en ordre la collection de laves dont madame de Drée sa sœur et moi

avons fait hommage au Conseil des Mines, je ne trouvais à même de connaître les observations, les faits et les raisons sur lesquels ce naturaliste fondait son opinion, et j'avoue que malgré le défaut de preuves certaines, cette opinion me semblait tellement coïncider avec les faits constatés, qu'il me paraissait impossible d'admettre aucun autre sentiment. Cependant une hypothèse ne me suffisait point pour établir solidement la classification des produits volcaniques; je désirais des preuves, et j'avais entrepris des essais pour en obtenir.

Mon plan était de renfermer des roches en morceaux dans des creusets, de remplir tous les vides avec de la poudre de la même roche, de recouvrir le tout d'une forte couche de matière infusible telle que le quartz en poudre, de fermer ainsi, le plus hermétiquement possible, la matière, et de soumettre ces creusets exactement clos à une chaleur moyenne, longtemps prolongée. Par ce procédé, j'avais en vue de m'opposer au mouvement intestin de la matière, d'empêcher l'accès de toute substance qui pourrait être agent de la décomposition, et même d'éviter tout contact entre la matière et le feu. Il me semblait que ces procédés étaient les plus convenables pour placer mes roches dans une disposition rapprochée de celle où l'on peut présumer les matières dans les profonds laboratoires des volcans; laboratoires dans lesquels la chaleur, résultat des actions chimiques, n'est point comburante, et dans lesquels les matières, par leur masse, sont à l'abri de tout contact étranger.

J'avais commencé ce travail, lorsqu'en 1804

la *Bibliothèque britannique*, n<sup>o</sup>. 216, nous donna connaissance des expériences de M. Hall, sur les effets de la chaleur modifiée par la compression (1). En lisant ces expériences, je reconnus, dans la compression, le moyen de remplacer artificiellement l'effet des grandes masses dans les opérations de la nature. Je sentis qu'en ajoutant ce moyen à mes autres procédés, je parviendrais à m'opposer au dégagement, et par conséquent à la décomposition des substances expansibles. Alors, me disais-je, toute chose restant au même état, et le calorique n'opérant que le ramollissement des parties, il doit en résulter une liquéfaction sans décombinaison ni dissolution des substances, et par conséquent un produit tout différent du verre. Dès ce moment je résolus de combiner la compression employée si avantageusement par M. Hall, sur le carbonate de chaux, avec les procédés dont je viens de parler, pour essayer de faire arriver les roches à un état de liquéfaction semblable à celui des laves lithoïdes.

Cependant l'opinion opposée, qui attribuait les laves lithoïdes aux effets de la dévitrification, prenait de jour en jour plus de consistance. Le même M. Hall avait publié, en 1798, un Mémoire sur la fusion des laves et des whinstones (2), qui tendait à prouver que les laves étaient le résultat de la dévitrification, et plusieurs naturalistes partageaient ce sentiment. D'un autre côté, les expériences de M. Dartigues

(1) Voyez, dans ce cahier, page 23, l'extrait que nous avons donné de l'ouvrage de M. Hall.

(2) *Trans. de la Soc. roy. d'Edimbourg*, vol. 2.

sur les effets de la dévitrification (1), sans s'étendre aux laves, contribuèrent néanmoins à donner du poids à cette opinion ; et M. Fleuriot de Bellevue, en s'étayant de ses propres observations, embrassa et soutint ce système dans un Mémoire très-intéressant (2), qui éclaira beaucoup sur les effets de la dévitrification, mais dont l'application aux laves a été combattue par M. Deluc (3). Enfin M. Gregory Watt (4) soumit des laves basaltiques à la dévitrification, et crut devoir en conclure que ces laves étaient dues à cette opération.

Par ce système de dévitrification, on fait passer toutes les laves par la fusion vitreuse, et la formation des laves lithoïdes serait due à un refroidissement qui aurait dévitrifié la lave vitreuse (*obsidienne*) ; d'où il suit que ce système se trouve tout-à-fait en opposition avec les idées de Dolomieu, lequel a toujours prétendu que la lave vitreuse n'était que la lave lithoïde qui, arrivée dans les cratères et en contact avec l'air atmosphérique, entraînait en déflagration et se vitrifiait.

Des conclusions si différentes ne pouvaient qu'augmenter mon empressement à continuer les essais que j'avais commencés. En effet, je les ai repris il y a environ quinze mois, et j'avais déjà obtenu des résultats en faveur de la

(1) Mémoire sur la dévitrification du verre, inséré *Journal de Physique* (floréal an 12).

(2) Mémoire sur l'action des feux des volcans, inséré *Journal de Physique* (prairial an 13).

(3) *Bibliothèque britannique*.

(4) Observation sur le basalte, *Bibliot. britann.* n<sup>o</sup>. 236.

liquéfaction non vitreuse, lorsque le Mémoire et les produits obtenus par M. Hall sont arrivés et nous ont éclairés sur ces précieux résultats, ainsi que sur ces procédés ; et je dois dire que j'ai puisé dans le développement des travaux de ce savant, de nouveaux motifs pour me faire espérer du succès.

Après avoir établi les divers points de vue sous lesquels on a aperçu ces intéressantes questions, il me semble qu'on peut réduire la première à ces termes.

*Les laves sont-elles le produit d'une liquéfaction ignée particulière, et différente de la fusion vitreuse, ou sont-elles le résultat de la dévitrification ?*

Quant à la seconde, son expression est toujours la même : *Les cristaux inclus dans les laves sont-ils préexistans à la fusion, ou sont-ils de formation postérieure à cet acte ?*

Je vais maintenant rendre compte des diverses expériences que j'ai faites pour résoudre ces deux questions, des procédés que j'ai suivis, et mettre sous vos yeux les résultats que j'ai obtenus.

Je n'apercevais qu'un seul moyen d'arriver à la solution du premier problème ; c'était de rechercher si, par une application non immédiate, mais communiquée de la chaleur ; si en empêchant la dissipation d'aucun principe élémentaire et l'introduction d'aucun agent de décomposition, on pourrait parvenir à faire passer des roches à un état de liquéfaction qui leur permît de reprendre la constitution pierreuse en se consolidant, et c'est le plan que j'ai suivi.

J'ai choisi pour mettre en essai des roches

qui me paraissaient devoir être la matière première de certaines laves, et je me suis principalement attaché à deux roches porphyritiques, l'une à pâte de trapp, l'autre à pâte de pétrosilex.

Je présente à la classe les échantillons de chacune des roches que j'ai employées, ainsi que ceux de leurs produits.

Mes procédés ont été la fermeture de la matière dans des vaisseaux bien clos, et quelquefois la compression, ainsi qu'on va le voir par l'exposé des dispositions générales que je place ici afin d'éviter des répétitions; par la suite, je me contenterai d'indiquer les modifications que j'aurais pu y introduire.

J'ai placé dans des étuis de porcelaine ou des creusets de Hesse le morceau le plus gros possible de la roche, et pour ne laisser aucun vide, j'ai rempli les interstices avec cette même roche mise en poudre impalpable pressée le plus fortement possible. J'ai recouvert ensuite la matière par une lame de mica (1), afin d'empêcher le mélange avec la poudre de quartz dont j'ai mis une couche épaisse et très-tassée. J'ai fermé après cela les étuis de porcelaine avec des bouchons luttés à l'aide d'une matière facilement vitrifiable, et je les ai disposés ainsi dans l'appareil de compression: à l'égard des creusets, je les ai renfermés dans d'autres creusets, aussi avec de la poudre de quartz, et après avoir clos

(1) J'ai reconnu que cette substance convenait parfaitement à cet emploi, tant par son élasticité que par sa difficulté à fondre lorsqu'elle est en grande lame.

le tout par un couvercle lutté avec de l'argile, je les ai ficelés avec du fil de fer.

Les pyromètres, à l'exception de la première expérience, ont été placés dans l'intérieur des étuis ou creusets à côté de la matière.

Quant aux appareils de compression, je les ai changés plusieurs fois; les premiers avaient pour objet non seulement de s'opposer à la plus forte expansion des gaz, mais encore de garantir des accidens. En reconnaissant que les substances gazeuses n'étaient pas très-abondantes dans ces matières, j'ai simplifié mes appareils. L'énonciation des premiers deviendrait donc inutile, sur-tout ne devant faire valoir ici aucun des produits que j'ai obtenus par la compression. Je me suis servi d'un fourneau à courant d'air recouvert par un dôme.

#### *Première Expérience.*

J'ai placé dans un étui cylindrique de porcelaine un morceau de porphyre de Giromani, fond vert, avec cristaux de feldspath blanc-verdâtre, coté *m*.

J'ai placé dans un second étui pareil un morceau de porphyre des Pyrénées à pâte pétrosiliceuse grise, et à cristaux informes de feldspath blanc et à grains de quartz gris, coté *b*.

J'y ai disposé ces matières de la manière indiquée ci-dessus, avec cette différence que la poudre n'était pas impalpable et tamisée, comme dans les expériences suivantes, et qu'il n'y avait point de poudre de quartz intermédiaire entre la substance et le bouchon.

Ces deux cylindres, logés dans l'appareil de

compression et placés dans un fourneau recouvert d'une coupole, et construits de manière à concentrer fortement la chaleur, ont éprouvé, pendant quarante-deux heures, un feu continu, le pyromètre de Wedgwood n'annonçant que quatorze degrés; mais comme il n'était point placé dans le centre du foyer, on peut estimer, d'après les expériences suivantes, que la chaleur s'est élevée à vingt-cinq degrés.

Le premier des cylindres a été retiré aussi-tôt le feu éteint, et le second, après un lent refroidissement. Tous deux étaient intacts; mais le lutte dont je m'étais servi ne paraissait pas avoir été fermé hermétiquement: les résultats qu'ils m'ont donnés, sont:

Le n<sup>o</sup>. 1<sup>er</sup>, qui est le produit du porphyre de Giromani *m*. La poudre a passé à l'état de scorie noire et le morceau ne s'est point liquéfié.

Le n<sup>o</sup>. 2, qui est le porphyre des Pyrénées *b*. La poudre a été simplement agglutinée, tandis que le morceau n'a éprouvé que très-peu d'altération.

#### *Deuxième Expérience.*

Dans cette expérience, le feu a duré dix-huit heures, et les pyromètres placés avec la matière dans les creusets, ainsi que je l'ai pratiqué pour les expériences suivantes, ont marqué de 43 à 46 degrés. J'ai obtenu les quatre résultats suivans.

Le n<sup>o</sup>. 3, formé du porphyre serpentín *a*.

Le n<sup>o</sup>. 4, formé du porphyre des Pyrénées *b*.

Ces deux porphyres avaient été placés, morceaux et poudre impalpable, dans les mêmes

étuis de porcelaine, de la manière ci-dessus, et recouverts avec une couche de poudre fine de quartz séparée du porphyre par une lame mince de platine; le tout a été ensuite fermé par le bouchon lutté et placé dans l'appareil de compression.

Les cylindres, après le refroidissement, se sont trouvés cassés, et la matière était fondue en verre, à l'exception des cristaux inclus de feldspath et de quartz. Cette matière s'est épanchée à moitié hors du cylindre disposé horizontalement.

Le n<sup>o</sup>. 5, formé par le porphyre serpentín *a*.

Le n<sup>o</sup>. 6, formé par une variété du même porphyre étiqueté *c*.

Ces deux porphyres avaient été placés, poudre et morceaux, dans deux petits creusets de Hesse, sans autre compression qu'un bouchon de même matière, lutté par de l'argile et maintenu par de forts liens de fil de fer. Chacun de ces creusets étant en outre renfermé dans d'autres creusets plus grands, où ils étaient entourés de sable fin quartzeux.

Ces petits creusets ont été retirés intacts; le n<sup>o</sup>. 5 a fondu en verre noir, à l'exception des cristaux de feldspath, qui sont encore lamelleux, et n'ont point changé de forme.

Le n<sup>o</sup>. 6 est un véritable exemple de la liquéfaction ignée. A l'examen, on ne peut douter que le morceau comme la poudre n'aient été liquéfiés.

*Troisième Expérience.*

Le feu a duré vingt-trois heures, et les pyromètres ont marqué 40 à 42 degrés.

Le n<sup>o</sup>. 8, formé du porphyre serpentinite *a*, était placé, poudre et morceaux, dans un étui cylindrique de porcelaine, fermé hermétiquement comme dans les premières expériences; mais cet étui était disposé dans un autre appareil de compression, et a été retiré intact après le refroidissement: la poudre s'est liquéfiée et a formé une espèce de scorie non vitreuse. Le morceau s'est ramolli sans se liquéfier, et a pris l'aspect que donne la demi-vitrification à la porcelaine.

Le n<sup>o</sup>. 9, formé du porphyre *b*, était placé, morceau et poudre, avec laquelle on avait mélangé 11 grains de muriate de soude et 69 de soufre dans un creuset de Hesse, comme les n<sup>os</sup>. 5 et 6; il a été retiré avant le refroidissement. On y voit la poudre liquéfiée reparaître sous l'aspect d'une lave *porcelanite*, tandis que le morceau n'a éprouvé que le ramollissement.

Le n<sup>o</sup>. 11, formé du porphyre vert *c*, réduit en poudre, a été mis dans un creuset, qui a été retiré brusquement du feu; la poudre, devenue rouge de brique, était à peine agglutinée, excepté vers le fond où elle avait pris la couleur noire.

Le n<sup>o</sup>. 12, formé seulement de 3 onces 4 gros de poudre impalpable de porphyre serpentinite *c*, mêlé avec trois grains de muriate de soude, a été retiré après le refroidissement. Ce produit a acquis la liquéfaction désirée. Il est à l'état de

Pierre parfaitement ressemblant à une lave, comme le n<sup>o</sup>. 6.

*Quatrième Expérience.*

Dans celle-ci, le feu a duré trente-six heures, et la chaleur s'est élevée à 50 degrés, d'après les pyromètres.

Les creusets dont je me suis servi, à défaut de cylindres de porcelaine, ont tous été cassés, quoiqu'ils fussent emboîtés dans d'autres creusets. Aussi les produits ont-ils été peu intéressans: je n'en citerai qu'un seul.

Le n<sup>o</sup>. 14, formé du porphyre *d*, variété du serpentinite *a*, contenant des noyaux de quartz entourés de pyrite. Un gros morceau de ce porphyre avec sa poudre a été placé dans un creuset ordinaire, et était de plus recouvert d'une couche de poudre de quartz séparée par une lame mince de mica; le tout a été fortement comprimé ensuite dans un double creuset. Le creuset a été retiré fendu; la poudre s'est trouvée liquéfiée, ainsi que le morceau vers la partie supérieure, où la poudre a passé à l'état de scorie.

*Cinquième Expérience.*

Elle a été faite à un feu de forge qui a duré six heures et demie; les pyromètres marquant 112 à 133 degrés.

Parmi les produits que j'ai obtenus, je distingue les cinq suivans.

Le n<sup>o</sup>. 17, formé du porphyre *d*, gros morceau et poudre placés dans un creuset fermé par du quartz et du mica, comme le n<sup>o</sup>. 14. Le

creuset a été retiré fendu avant le refroidissement. Un peu de matière avait transsudé ; mais le gros morceau s'est entièrement liquéfié , et a formé une vraie pierre où les cristaux de feldspath se sont conservés à l'état lamelleux.

Le n<sup>o</sup>. 19, formé d'un granite de Chamouny *e* (morceaux et poudre placés dans un creuset fermé avec mica et quartz , comme le n<sup>o</sup>. 14). Le creuset a été retiré cassé après le refroidissement ; partie de la matière s'est épanchée en verre boufflé ; les morceaux de granite ont passé à l'état vitreux , mais sans que le feldspath et le mica de la roche aient quitté leur disposition granitique.

Le n<sup>o</sup>. 21, formé du porphyre serpentinite *d*, était placé dans un creuset carré de porcelaine simplement dégourdie, afin de resserrer la matière par le retrait du creuset ; le tout était fermé et lutté comme dans les expériences précédentes. Le creuset a été retiré , après le refroidissement, ouvert et fendu de toutes parts, et la matière fondue en verre s'était en partie échappée au-dehors.

Le n<sup>o</sup>. 23, formé du porphyre *c*, a été placé, morceau et poudre, dans un creuset, comme le n<sup>o</sup>. 17, hors la matière qui était en bien moindre quantité. Le creuset retiré avant le refroidissement était fendu, et la matière fondue en verre avait en partie coulé au-dehors en se boursofflant. Ce morceau est remarquable, en ce que le feldspath n'a pas résisté à la haute chaleur, et s'est fondu comme la pâte.

Le n<sup>o</sup>. 24, formé du porphyre *b*, était placé dans un creuset de porcelaine carré et disposé comme il est dit au n<sup>o</sup>. 21 ; il s'est trouvé aussi au

même état, quoiqu'il ait été retiré avant le refroidissement.

#### *Sixième Expérience.*

M. Brongniart, directeur de la manufacture de porcelaine de Sèvres, a eu la complaisance de disposer cette expérience dans ses fourneaux, à un feu d'à peu près six heures, et dans une position où la chaleur était d'environ 80 degrés. *Wegd.*

Parmi les produits, je ne citerai que les deux suivants.

Le n<sup>o</sup>. 25, formé du porphyre serpentinite *d*, placé, un morceau avec poudre séchée au rouge, pour éviter son retrait, dans un grand creuset cylindrique de porcelaine simplement dégourdie, et fermé avec quartz et mica, ainsi que je l'ai dit. Le creuset a été retiré intact : la poudre s'est liquéfiée et consolidée à l'état lithoïde ; mais le morceau a seulement été ramolli sous l'aspect porcelanite.

Le n<sup>o</sup>. 26, formé de deux roches hornblendiques *f* et *g*, placées en morceaux dans un creuset, et entouré de poudre de quartz impalpable séchée au rouge, le creuset retiré s'est trouvé cassé, et les deux morceaux ont été liquéfiés ; mais une partie de la matière s'est épanchée au dehors ; ce qui reste dans le creuset est à l'état lithoïde dans les parties épaisses, mais se rapproche des scories dans les parties minces.

#### *Septième Expérience.*

Cette septième expérience a été faite dans les fourneaux de Sèvres. J'ai soumis plusieurs

matières dans de doubles creusets bien clos, mais sans compression, et malgré un lent refroidissement, je n'ai obtenu que des produits vitreux, ce qui n'est pas étonnant, les pyromètres ayant indiqué 110 degrés. Je ne citerai qu'un de ces produits.

Le n<sup>o</sup>. 33, formé du porphyre *b* des Pyrénées, placé dans un creuset de porcelaine, a donné un verre obsidienne parfait, sans fusion des cristaux de quartz.

#### *Huitième Expérience.*

Etant toujours contrarié par la brisure des creusets, et désirant d'ailleurs opérer sur des masses plus considérables, je me suis servi de creusets plus grands, et je les ai placés dans d'autres creusets cylindriques de fonte faits exprès. L'intervalle a été rempli par de la poudre de quartz fortement pressée qui dominait de beaucoup le creuset intérieur, et j'ai placé sur ce sable un bouchon mobile de fonte, surmonté d'un boulet dont le poids était de 18 livres.

Le feu a duré soixante-neuf heures, et la chaleur, par approximation avec mes autres expériences, s'est élevée de 45 à 50 degrés.

Les trois produits que j'ai obtenus sont le n<sup>o</sup>. 37, formé d'une roche porphyritique fissile avec mica *h*.

Le n<sup>o</sup>. 38, formé d'une amygdaloïde à noyaux calcaires du Drac *i*.

Et le n<sup>o</sup>. 39, formé d'un granite amphibolique *k*.

Ces

Ces morceaux étaient bien entourés et pressés avec leur poudre rendue impalpable, bien tamisée, et que j'avais fait rougir fortement afin de lui enlever toute son humidité.

Les creusets ont été retirés intacts, mais les matières ont éprouvé différens effets. J'attacherai sur-tout les regards sur le n<sup>o</sup>. 38, dont la poudre a non-seulement éprouvé la liquéfaction ignée parfaite, mais même la cristallisation comme dans le n<sup>o</sup>. 6; cristallisation qui s'aperçoit au chatoïement, et qui ne peut être douteuse, en se rappelant que la poudre était impalpable.

Lorsque j'ai commencé ces expériences, je ne pouvais avoir aucune donnée sur le degré de chaleur propre à liquéfier ces diverses matières, sur la meilleure manière de leur appliquer la chaleur, sur la quantité de substances gazeuses qu'elles renfermaient, sur l'expansion que pourraient prendre la roche et la poudre dans telles ou telles circonstances, et sur le retrait qu'elles pourraient subir dans d'autres. Je ne pouvais d'ailleurs que fort peu m'éclairer de l'expérience acquise par M. *Hall*, puisque la chaux carbonatée sur laquelle il a travaillé, n'a aucun rapport avec les roches simplement terreuses que j'ai traitées, et que ses appareils ne pouvaient convenir au volume des morceaux sur lesquels j'opérais.

Il ne paraîtra donc pas étonnant que dans ces premiers essais je n'aie marché qu'en tâtonnant,

Volume 24.

D

et que les produits de chacune de mes expériences se trouvent si différens entre eux. Des substances de diverses natures, des masses plus ou moins fortes, des appareils différens, la fracture de beaucoup de creusets sont autant de causes qui ont donné à chacun des essais des résultats particuliers.

Aussi pour éviter la confusion où sont ces produits dans l'exposé des expériences, et les présenter de manière à rendre sensibles les résultats qui peuvent nous instruire, je vais les réunir en séries où seront rassemblés les produits similaires.

La première série est formée des n<sup>os</sup>. 6, 12, 17, 38, 39. On y remarque que la poudre de porphyre s'est ramollie sans changer de nature, et s'est ensuite consolidée en une pierre qui a une parfaite analogie avec les laves lithoïdes d'apparence homogène.

Dans cette série, on distingue les n<sup>os</sup>. 6, 17 dans lesquels le morceau de porphyre a été liquéfié complètement sans avoir éprouvé de changemens notables dans sa composition et même dans sa constitution. Cette liquéfaction est démontrée, tant par l'affaissement qu'ont éprouvé les morceaux, que par leur mélange intime avec la poudre, et par l'uniformité de la pâte. Je donnerais même comme une preuve irrévocable le fait que voici. En plaçant le morceau de porphyre dans le creuset n<sup>o</sup>. 6, je suis certain que ce morceau touchait au fond du creuset, et cependant on voit dans le produit tous les cristaux réunis dans la partie supérieure, preuve que la liquéfaction a été assez

complète pour permettre l'élévation des cristaux de feldspath (1).

On doit observer que dans ces deux produits les cristaux de feldspath du porphyre n'ont éprouvé aucun changement ni dans leur forme, ni dans leurs caractères essentiels (2).

Les n<sup>os</sup>. 6 et 38 sont aussi remarquables; car indépendamment de la liquéfaction de la poudre et de son retour à l'état pierreux, on y voit de petites lames chatoyantes qui annoncent les rudimens de la cristallisation de quelques parties feldspathiques. Cette cristallisation ne peut être douteuse; car la poudre de ces porphyres était tamisée au tamis le plus fin. Les laves nous fournissent des exempls de cette cristallisation. (*Voyez* la lave du Puy-de-Dôme, étiquetée B).

Les produits de cette série sont nouveaux comme résultats de nos opérations, et ils méritent d'autant plus notre attention, qu'en les comparant avec les laves lithoïdes d'apparence homogène ou porphyritiques, ils offrent la plus grande analogie avec elles.

(1) La différence qu'il y a entre le degré de chaleur qu'ont éprouvé ces deux produits, est trop remarquable pour ne pas attirer l'attention, puisque les pyromètres annonçaient de 43 à 46 pour le n<sup>o</sup>. 6, et pour le n<sup>o</sup>. 17 ils s'élevaient de 112 à 133. Mais je dois observer, à l'égard du dernier, que les pyromètres n'étaient pas dans le creuset, et que ce creuset se trouvant à l'écart hors de l'action du soufflet, a dû éprouver un moindre degré de chaleur que celui marqué par les pyromètres.

(2) Une expérience faite depuis la lecture de ce Mémoire à l'Institut, m'a fourni deux nouveaux produits à joindre à cette série, dont l'un doit s'unir aux n<sup>os</sup>. 6 et 17, le morceau de porphyre s'y trouvant complètement liquéfié.

Pour le démontrer, j'ai placé sous les lettres majuscules *A, B, C, D, E*, plusieurs laves. En les comparant avec mes produits, on retrouvera dans ceux-ci la même texture, le même grain, le même aspect, les mêmes teintes, la même dureté, les mêmes résultats. Une pesanteur moindre que celle de la roche dont ils sont formés dans la proportion de 2, 5 à 2, 7, propriété semblable à celle qu'on observe entre certaines laves et les roches qu'on suppose leur avoir servi de base.

Les effets magnétiques s'y présentent aussi avec les mêmes variations que dans les laves.

Enfin tout paraît en analogie entre ces produits artificiels et ceux des volcans, à l'exception d'un peu plus de sécheresse dans le grain de mes produits, et de la compacité que ces derniers n'ont pas complètement atteint; mais ces différences ne seront d'aucune valeur contre l'analogie de ces produits, si on veut en étudier les causes. Que l'on compare la force immense de compression à laquelle sont soumises les parties inférieures des masses de lave, avec la faible pression qui a agi sur mes produits, lesquels n'ayant point été comprimés artificiellement, n'ont cédé qu'à la pression de leur petite masse, et l'on ne s'étonnera pas alors que la compacité y soit moins complète que dans les laves; d'ailleurs il est bien reconnu que malgré l'énorme poids qui pèse sur la partie inférieure des laves, il en est très-peu qui soit entièrement compacte. Le plus de sécheresse dans le grain de mes produits s'explique tout aussi facilement, si l'on fait attention que sans

appareil de compression, le fluide aqueux n'a pu se conserver dans mes essais comme dans l'intérieur des masses de laves, et c'est à la privation de cette eau de cristallisation, ou eau combinée avec les substances, qu'est dû l'âpreté ou sécheresse du grain des matières attaquées par le feu. Ces deux légères différences ne peuvent donc, je le répète, servir d'argument solide contre la similitude entre ces produits artificiels et les laves lithoïdes.

Mais peut-être, m'objectera-t-on, que mes produits, au lieu d'être le résultat d'une liquéfaction particulière, ont subi dans les fourneaux la fusion vitreuse, et que c'est à la dévitrification (1), c'est-à-dire, à l'effet d'un long refroidissement qui a permis la recombinaison des substances dissoutes en verre, et même leur cristallisation, qu'est dû le retour de ce verre à l'état de pierre.

En envisageant la chose du côté des principes, je répondrai qu'il est reconnu que lorsque des matières pierreuses sont portées à la fusion vitreuse, quelques-unes des substances se dissipent, tandis que les autres se décomposent, se dissolvent, et passent à une nouvelle combinaison homogène qui est le verre: ainsi le passage à la vitrification est marqué par un triple changement qui s'opère dans la matière, savoir la dissipation de quelques substances, la décomposition totale des autres, et la combinaison sous un état tout-à-fait étranger au pre-

(1) Voyez Fleuriau de Bellevue, Mémoire précité.

mier. Maintenant supposons qu'un lent refroidissement permette dans cette matière vitreuse la combinaison de certaines substances et leur aggrégation, et je demande, s'il est possible de croire que ces nouvelles substances sont les mêmes que celles de la pierre soumise à la vitrification? Comment cela pourrait-il arriver, puisque plusieurs des élémens n'existent plus, et que cette nouvelle production s'opère dans des circonstances si différentes de celles qui ont accompagné la formation de la pierre?

D'ailleurs ce que le raisonnement nous indique à cet égard est justifié par le fait. J'ai examiné tous les produits de la dévitrification; j'ai sur-tout étudié la collection des cristallites produits de la fusion vitreuse (1) que M. Fleuriau a eu la complaisance de m'adresser, et j'y ai observé, j'en conviens, des substances cristallisées depuis la fusion; mais ces substances ne sont nullement semblables aux substances composantes de la matière première; il suffit de les examiner pour être persuadé qu'elles en diffèrent essentiellement, et pour y reconnaître des combinaisons nouvelles. Je dirai plus, c'est que l'aspect de ces nouvelles substances est

---

(1) Je dis produits de la fusion vitreuse, parce que M. Fleuriau a joint à ses cristallites des masses de pierres trouvées dans des fours à chaux, que je ne puis regarder comme des produits de la dévitrification, ayant eu occasion d'observer d'autres productions de fours à chaux qui, vitrifiées à la surface comme celles de M. Fleuriau, avaient éprouvé un ramollissement dans l'intérieur, sans que les substances fussent dénaturées.

beaucoup plus rapproché de celui de l'émail que de celui de la pierre.

D'après ces données, il est évident que la dévitrification n'est pas le retour d'une masse de verre à une constitution pareille à celle de la pierre qui avait été fondue, ni même à celle de ces substances composantes, mais seulement une combinaison nouvelle de substances qui, flottant dans un fluide, peuvent obéir aux lois d'attraction et prendre des formes cristallines. S'il en est ainsi, cette opération n'a aucun rapport avec celle qui m'a donné les produits de cette série, et sur-tout les n<sup>os</sup>. 6 et 17, puisque dans ceux-ci on reconnaît toutes les substances composantes des roches mises en essai. D'ailleurs il suffit de comparer ces deux espèces de produits, pour se convaincre qu'il n'y a point d'analogie entre eux.

Enfin j'écarterai tout-à-fait cette objection, en rapportant ce qui s'est passé dans le cours de mes expériences. Comme j'avais toujours en vue d'étudier même les effets de la dévitrification, j'ai eu le soin de retirer partie de mes creusets aussitôt le ralentissement du feu, pour les livrer à un refroidissement subit, et de laisser les autres à une chaleur lentement décroissante pendant plus de quarante-huit heures. Cette différence n'a cependant rien produit; car dans la même expérience les matières refroidies subitement se trouvaient au même état que celles refroidies lentement. J'ai aussi remarqué que dans des opérations où toutes mes substances ont passé à la fusion vitreuse, aucune n'a

éprouvé de dévitrification, malgré le long refroidissement (1), et je puis même assurer que, dans tous mes essais, je n'ai aperçu aucune chose qui pût faire attribuer la formation de mes produits à l'acte de la dévitrification.

Je crois seulement devoir les rudimens de la cristallisation qui se montrent dans la pâte des nos. 6 et 38, soit à la prolongation de l'état de fluidité ignée après la liquéfaction produite, soit au lent décroissement de la chaleur.

Ainsi, quoique les produits de cette série ne soient pas aussi nombreux que je l'eusse désiré; quoique deux seulement, les nos. 6 et 17 nous offrent la liquéfaction parfaite du porphyre en masse; quoique aucun de ces produits ne soit le résultat de la compression, mais seulement celui d'une fermeture exacte au milieu de substances infusibles et dans de doubles creusets, leurs caractères me paraissent assez prononcés pour démontrer ce nouveau genre de liquéfaction.

J'ajouterai encore que je ne suis ni du sentiment de Dolomieu, qui présumait que le soufre pouvait être un des agens de ce genre de liquéfaction, ni de celui de Breislac (2) qui l'attri-

(1) Il ne faut pas s'étonner si je n'ai pas obtenu de dévitrification dans mes produits; la nature et la quantité des substances qui entrent dans la composition des verres et leur différente pesanteur spécifique, influent tellement sur la facilité de la dévitrification et sur le tems qu'elle met à s'opérer, qu'il est tout naturel de ranger mes vitrifications au nombre de celles qui ne fournissent que très-difficilement ces résultats.

(2) *Voyage physique dans la Campanie*, vol. 1, p. 292.

buait à de l'eau chargée de soude muriatée. Mes expériences me donnent lieu de croire que le calorique, sans aucun aide, peut produire la liquéfaction ignée qu'ont éprouvé mes produits et les laves lithoïdes; et on serait, je crois, plus fondé à considérer l'acide muriatique, ainsi que certaines substances combinées avec les matières, comme les agens qui, par leur décomposition, produisent la chaleur qui attaque la matière dans les profonds laboratoires des volcans (1).

La seconde série se compose des nos. 1, 8, 9, 14, 25, 26, 37. On y remarque que toute la partie en poudre s'est liquéfiée et reconsolidée à l'état de certaine lave appelée *porcelanite*, à cause de leur aspect qui annonce un commencement de vitrification. Pour les morceaux de porphyre, ils ont été assez ramollis vers les surfaces pour faire corps avec la poudre liquéfiée; mais ils ne l'ont pas été assez dans l'intérieur pour que la masse s'affaissât et pût couler: j'en excepte cependant le no. 26, dont le morceau s'est entièrement liquéfié et reconsolidé en une pâte qui, comme je viens de l'expliquer, est intermédiaire entre l'état pierreux et l'état vitreux, et qui se rapproche d'autant plus de ce dernier état, que la matière offre moins d'épaisseur.

Cette série, qui ne présente que des constitutions intermédiaires prises dans le passage de

(1) On pourrait même indiquer parmi ces agens de la chaleur les métaux nouvellement découverts dans la soude et la potasse, ainsi que me l'a observé M. Berthollet.

l'état de pierre à celui de la liquéfaction ou à celui de la vitrification, n'a rien de remarquable que la similitude de quelques-uns de ses produits avec certaines laves porcelanites. (*Voyez* une de ces laves sous la lettre *H*).

Leur examen fait cependant naître une question, celle de savoir si une chaleur plus forte ou plus prolongée les eût fait passer de l'état où ils sont à celui de la liquéfaction ou à celui de la fusion vitreuse; mais j'avoue que je n'ai pas acquis de données assez exactes pour pouvoir prononcer à cet égard: j'observerai seulement que l'air qui s'est introduit à travers quelques-unes de ces matières, soit par le retrait, soit par exhalaison, aurait pu déterminer plusieurs de ces essais vers la vitrification. Au surplus, ce sera un sujet d'observation pour la suite que je me propose de donner à mes expériences, et je ne présente, pour le moment, ces produits que comme objets de comparaison.

Je passe à la troisième série qui renferme les n<sup>os</sup>. 3, 4, 5, 19, 21, tous produits de la fusion vitreuse; mais ils n'en sont pas moins intéressans, puisqu'on y observe que la poudre et les morceaux ont éprouvé la vitrification, tandis que les cristaux inclus ont résisté à cette fusion en conservant même leur structure lamelleuse. On remarque que ces cristaux ont les mêmes caractères que ceux des laves porphyritiques; ils se sont décolorés et ont généralement blanchi, hors dans quelques cas particuliers dont on peut voir un exemple dans les n<sup>os</sup>. 14, 17 des séries précédentes, où la noirceur qu'ont pris les cristaux de feldspath semble due à la décom-

position des pyrites que contient le porphyre dont ils sont formés.

Le n<sup>o</sup>. 19 se distingue dans cette série, en ce qu'il est formé d'un granite, et que les substances composantes, quoique fondues en verre et tourmentées par le boursoufflement, ne se sont point mélangées.

A l'examen des produits de cette série dans lesquels on voit la pâte des porphyres s'être fondue en verre, sans que les cristaux de feldspath aient été altérés sensiblement; à la comparaison de ses produits avec les laves obsidiennes porphyritiques d'Ischia et de Ténériffe, mises sous vos yeux et étiquetées *F*, *G*, on ne peut douter que les cristaux inclus dans les laves porphyritiques lithoïdes et vitreuses n'existent dans la matière avant sa fusion. Ce problème me paraît irrévocablement résolu par mes essais en faveur de cette préexistence que Dolomieu avait continuellement soutenue, et je me dispenserai de l'appuyer par aucun raisonnement.

En décidant cette question, je n'entends cependant pas dire qu'il ne puisse pas se former de cristallisation après la liquéfaction; car lorsque j'ai fait remarquer les n<sup>os</sup>. 6 et 8, j'ai annoncé cette cristallisation postérieure dont ils sont des exemples: mais ces cristaux préexistans et ces cristaux nouveaux peuvent se distinguer à l'examen scrupuleux: la formation récente des uns et les atteintes de la chaleur qu'ont éprouvé les autres, leur donnent à chacun des caractères assez distinctifs.

Ma quatrième série, formée des n<sup>os</sup>. 21, 23

et 24, a pour objet de démontrer qu'une très-haute température peut vaincre la résistance des cristaux de feldspath, puisque dans ces trois produits ces cristaux ont disparu entièrement, et que les grains blancs qu'on voit dans les n<sup>os</sup>. 21 et 24 sont des grains de quartz.

On peut aussi, par une conséquence tirée du n<sup>o</sup>. 23, dans lequel toutes les matières ont cédé à la fusion vitreuse, avancer qu'il serait possible que quelques laves vitreuses homogènes, dites *obsidiennes*, soient formées par un porphyre.

Enfin je place en cinquième série les n<sup>os</sup>. 2 et 11, pour faire connaître dans quel état se trouvent les matières dans le moment qui précède la liquéfaction. Le n<sup>o</sup>. 2, qui a été soumis au même feu et placé dans les mêmes dispositions que le n<sup>o</sup>. 1, série 2, servira, en le comparant à ce dernier, à faire voir quels effets différens la même chaleur a produit sur ces deux espèces de porphyre.

Si, comme on vient de le voir, mes premières expériences m'ont donné la satisfaction d'annoncer une nouvelle liquéfaction ignée des matières pierreuses, je dois avouer que sous d'autres rapports elles me laissent beaucoup à désirer, puisque malgré ce succès, je n'ai pu y puiser la théorie complète du traitement et des conditions nécessaires pour faire passer avec certitude les roches à cet état de liquéfaction. Il y avait tant de recherches à faire, tant de précautions à prendre, qu'on se persuadera facilement que les premières expériences ne pouvaient être que des tentatives, sur-tout si on

considère que les creusets de toutes espèces dont je me suis servi, ont, malgré tous mes soins, rarement résisté, soit à la haute température de la chaleur, soit à la longue durée des expériences.

Aussi n'entraîait-il point dans mes projets de donner jour à mes premiers résultats, avant d'avoir obtenu, par de nouveaux travaux, la connaissance des moyens propres à produire, sans incertitude, cette liquéfaction; et si je mets au jour ces premiers essais, c'est que quelques personnes m'ont représenté que plusieurs savans s'occupant essentiellement des produits volcaniques, il était important de publier des travaux qui décidaient les deux questions principales de la théorie des volcans, et de faire connaître des résultats qui doivent servir de base à la distribution des matières volcaniques faisant partie des ouvrages de Dolomieu, que je suis à la veille de publier.

J'espère qu'à l'aide des appareils que je me propose d'employer pour rendre mes produits moins incertains, je pourrais, dans quelque tems, donner des notions précises sur ce nouveau mode de liquéfaction; mais dans ce moment je m'en tiendrai à poser quelques idées générales puisées dans la combinaison des données que m'a fourni l'ensemble de mes expériences. Je les énoncerai brièvement dans mes conclusions, me réservant d'en donner la partie rationnelle lorsque je développerai la théorie complète de cette liquéfaction.

Résumant donc les idées que je viens d'énoncer, et les principes généraux qui découlent

des résultats de mes expériences en général, je peux établir les conclusions suivantes.

1°. Les roches ou pierres, par une application particulière de la chaleur et dans certaines circonstances, peuvent être conduites à un état de liquéfaction ignée tel, qu'elles peuvent couler, sans que pour cela elles perdent presque aucun de leurs principes constituans ; sans que les substances composantes se dissolvent, comme par la fusion vitreuse ; et sans qu'il y ait même aucun changement notable dans la constitution de la roche, à tel point que cette matière liquéfiée donne, en se reconstituant, une pierre où l'on retrouve dans le même état et dans les mêmes dispositions, les substances composantes de la roche, et une pierre qui a une parfaite ressemblance avec les laves lithoïdes.

2°. Le principe général pour parvenir à cette liquéfaction ignée, est de s'opposer au dégagement des substances expansives, d'empêcher l'accès d'aucune substance étrangère, et d'écarter la matière de toute application immédiate du feu.

Dans cette opération, l'action du calorique opère seulement le ramollissement de la matière, en détruisant pour le moment la cohésion fixe des molécules ; mais elle n'entraîne pas la désorganisation des substances, comme dans la fusion vitreuse.

Je nomme ce genre de fluidité *liquéfaction ignée*, pour le distinguer de la fusion vitreuse qui conduit les matières minérales pierreuses à l'état de verre, et je désigne cette dernière fusion par l'épithète *vitreuse*, pour qu'on ne la

confonde point avec la fusion *métallique*, qui a un résultat tout différent.

3°. Les diverses espèces de roches ou pierres ne demandent pas le même degré de chaleur pour passer à cette liquéfaction. Dans ce moment, je ne puis assigner au juste, ni le terme le plus bas, ni le terme le plus élevé ; cependant ce dernier me paraît devoir être aux environs de 50 degrés du pyromètre de Wedgwood, tandis que le degré le plus bas est au-dessus de la température d'un four à chaux ; car ayant placé deux fois plusieurs essais dans un de ces fours à feu de soixante-douze à quatre-vingts heures, je n'ai obtenu aucun ramollissement dans la matière.

Une température au-dessus du terme convenable porte le trouble dans la matière, et la détermine vers la fusion vitreuse (1).

4°. Il ne suffit pas d'arriver au degré convenable de chaleur, il faut encore soutenir longtemps cette température, et sur-tout la prolonger en raison de la grosseur des morceaux qu'on veut liquéfier ; la pénétration des grosses masses doit s'opérer par l'effet du tems et non par l'augmentation d'intensité de la chaleur. L'on sait

---

(1) Dans ces expériences, on ne saurait mettre trop de soin à élever lentement la température, le calorique s'insinuant beaucoup plus facilement dans la poudre que dans la roche en masse ; cette poudre étant la première à recevoir l'action de la chaleur, et ayant aussi plus de tendance que la masse pour passer à la fusion vitreuse, il est toujours à craindre que quelques particules ne se vitrifient ; car une fois la dissolution vitreuse opérée dans un point, elle entraîne de proche en proche celle de toute la masse.

que cette pénétration du calorique dans les pierres est extrêmement lente.

5°. La compression n'est pas nécessaire pour les roches qui sont composées d'éléments terreux, et qui contiennent peu de substances expansives; une fermeture exacte, sans aucun vide, et la matière en assez forte masse pour qu'une portion soit comprimée par l'autre, suffisent dans ce cas.

6°. La compression est au contraire nécessaire sur les roches ou pierres qui ont pour éléments constituans des substances que la chaleur met à l'état aériforme.

7°. L'observation m'a démontré que la poudre des roches que j'employais n'étant pas sèche, éprouvait dans les creusets un retrait, et que ce retrait formant des vides, donnait accès à des substances aériformes qui disposaient souvent la poudre à la fusion vitreuse. Pour éviter cet inconvénient, j'ai fait sécher au rouge la poudre de quelques porphyres, et par ce procédé, la liquéfaction ignée n'a été que plus assurée; mais il faut remarquer que l'on ne peut l'employer que sur des matières qui n'ont pas pour éléments des substances gazeuses, et que la compression parerait à tous les inconvéniens de ce genre.

8°. L'addition d'une substance étrangère n'est point nécessaire. J'ai fait plusieurs essais en ajoutant du muriate de soude et du soufre; je n'ai pas remarqué que cela dût changer aucune des conditions requises.

9°. Le rapprochement des molécules similaires peut avoir lieu dans certaine matière liquéfiée,

quifiée, et produire des rudimens de cristallisation lorsque le prolongement de cette fluidité lui laisse le tems de s'opérer.

10°. La liquéfaction ignée et la fusion vitreuse sont deux opérations bien distinctes. Dans la liquéfaction ignée, le calorique détruit momentanément la cohésion fixe des substances, sans changer leur nature. Dans la fusion vitreuse, au contraire, toutes les substances composantes sont dissoutes pour former le verre, matière homogène qui n'a plus de rapport avec la matière première.

La cristallisation, suite de la liquéfaction ignée, citée ci-dessus, article 9, et la dévitrification, suite de la fusion vitreuse annoncée par MM. Hall, d'Artigues et Fleuriau, sont aussi deux opérations différentes, quoiqu'une et l'autre soient le résultat de la prolongation de la fluidité ignée. En effet, la cristallisation est un simple rapprochement des molécules similaires qui n'ont cessé d'exister dans la matière liquéfiée; au lieu que la dévitrification est une nouvelle formation de substances qui s'opère dans le fluide vitreux où toutes les parties sont dissoutes, et ces substances ne sont jamais entièrement semblables à celles qui composaient la matière avant la fusion.

11°. De ce qui précède, on ne peut s'empêcher de conclure, par analogie, que les laves lithoïdes sont le produit de la liquéfaction ignée. La chaleur obscure, résultat des actions chimiques, qui se communique sans combustion aux matières dans les profondes cavités

de la terre, et la compression qu'éprouvent leurs énormes masses, sont les mêmes conditions qu'exige la liquéfaction artificielle que j'ai obtenue.

Par là, je n'écarte point cette grande pensée sur la fluidité pâteuse de l'intérieur du globe, mise au jour par Dolomieu. Cette hypothèse, si favorable à l'explication de beaucoup de phénomènes géologiques, ne pourrait que confirmer et rendre plus facile cette liquéfaction ignée des laves lithoïdes.

12°. Les cristaux de feldspath, inclus dans les porphyres, ne perdent à la liquéfaction ignée ni leur forme, ni leurs caractères essentiels.

Ces mêmes cristaux résistent à l'action vitrifiante, lors même que la pâte du porphyre a passé à la fusion vitreuse, et cependant cette pâte contient aussi la substance feldspathique. Cela confirme ce principe, qu'une substance en mélange avec d'autres est plus fusible que lorsqu'elle forme une masse homogène.

Il faut une très-haute température pour que les cristaux de feldspath se dissolvent dans la pâte vitreuse.

13°. Enfin, des principes établis dans ce dernier article, on doit encore conclure que les cristaux de feldspath inclus dans les laves porphyritiques, soit lithoïdes, soit vitreuses, ainsi que les cristaux d'autres espèces qu'on y trouve, tels que les amphigènes, les augites (*pyroxène*), etc., existaient dans la matière avant qu'elle devînt fluide.

Il est cependant une exception à cette règle

générale pour certaines laves lithoïdes; car il est de ces laves dont les petits cristaux ont été formés pendant la fluidité ignée, ainsi que cela est expliqué, article 9. Quelques caractères particuliers à cette nouvelle formation peuvent servir à les faire reconnaître. Cependant la distinction entre ces deux sortes de cristaux n'est pas toujours facile.

Je bornerai les conséquences qu'on peut tirer des résultats de ces premiers essais aux deux applications que je viens d'en faire sur *la liquéfaction ignée, particulière aux laves lithoïdes, et sur la préexistence des cristaux*. A la vérité, la liquéfaction ignée donne naissance à des laves, et ces laves sont des pierres qui ont beaucoup de ressemblance avec nos roches: et, sous ce point de vue, on pourrait donc étendre les rapports de mes produits jusqu'à ces substances primordiales; mais il faut tout observer. Les laves, comme mes produits, ont aussi certains caractères qui les éloignent tout-à-fait de nos roches lorsqu'on les considère dans leur formation. D'un autre côté, la formation des laves lithoïdes et les phénomènes volcaniques, quoique de tous les âges, sont néanmoins particuliers à quelques circonstances locales, et ne peuvent avoir que des rapports indirects avec les phénomènes qui ont opéré la consolidation générale. Ce serait donc bien se hasarder que de vouloir appliquer un procédé qui jusqu'à présent ne m'a fourni que des laves artificielles, à la théorie de la formation de la terre.

M. *Hall*, qui est parti du traitement de la

chaux carbonatée par la compression, a fait servir ses expériences au soutien du système de Hutton, en s'attachant à des suppositions qui, d'après ses combinaisons et ses calculs, pourraient peut-être se trouver dans l'ordre possible. Je ne discuterai pas ici sur la justesse de l'application de ses procédés à l'explication de plusieurs opérations de la nature; mais je m'étonne que ce savant, en étendant fort au loin les conséquences de ses résultats, n'ait pas commencé par nous instruire s'il croyait les devoir à une *liquéfaction ignée* de la craie, ou s'il les regardait comme le produit de la *dévitrication*; et dans ce doute, si l'on juge de son opinion d'après son *Mémoire sur la fusion des whinstones et des laves*, imprimé dans les *Transactions de la Société royale d'Edimbourg*, année 1798, on est fondé à croire qu'il attribuait ces produits à la dévitrication.

Quant à moi, je pense, au contraire, que l'opération qui a conduit la craie pulvérisée à la contexture du marbre salin, dans les appareils de M. *Hall*, est une liquéfaction pareille à celle que j'indique (1): cette substance n'a point passé par l'état vitreux pour se dévitricifier ensuite et devenir *marbre*; et si M. *Hall* n'a point reconnu l'opération qui avait lieu dans ses expériences, c'est que,

(1) Le grain salin, ou, pour mieux dire, cristallisé qui distingue quelques-uns des produits de M. *Hall*, est dû à l'opération décrite ci-dessus, conclusion 9, et se retrouve dans mes produits, nos. 6 et 38.

fortement pénétré de l'idée que les laves lithoïdes avaient passé par l'état vitreux, et que toute pierre soumise à l'action du feu ne pouvait revenir à l'état pierreux que par une reconstitution nouvelle ou la dévitrication, il s'est trouvé satisfait par des résultats conformes à ses idées, et n'a pas imaginé que ces résultats étant tels qu'il les cherchait, il dût les attribuer à d'autres principes qu'à ceux qu'il avait conçus.

Ainsi, en rendant hommage aux grandes lumières de M. *Hall*, et en admirant ces précieux produits, je dois dire que la liquéfaction ignée dont je viens de déduire les principes, et qui lui a fourni ces résultats, ne lui était point connue, puisqu'il existe cette différence entre nous, qu'il pense que la matière a été complètement fondue pour revenir à l'état pierreux, et que j'annonce, au contraire, que dans la liquéfaction les substances sont seulement ramollies par l'interposition du calorique, sans qu'il en résulte changement d'état. Les nos. 6 et 14 sont, je crois, des preuves évidentes de ce que j'avance.

Je finis par observer, que si la nature de mes produits restreint l'application de cette liquéfaction ignée à la théorie des volcans, j'ai cependant trouvé dans les premiers essais quelques raisons pour espérer, qu'en perfectionnant les appareils de compression, et modifiant de diverses manières cette nouvelle liquéfaction, elle ne serait point inutile à la solution de quelques-uns des grands problèmes de la géologie.

Cet espoir seul peut me faire surmonter tous les obstacles qu'offrent des expériences aussi délicates, soit par la difficulté de trouver des appareils convenables, et la certitude de leur destruction à chacune des opérations qui, par leur durée, attaquent toutes les substances, soit par la longueur et l'assiduité des soins que demandent ces dispositions.

CHIMIE MINÉRALE (1).

I. ANALYSES de plusieurs Substances minérales; par M. KLAPROTH.

1°. Analyse du Talc lamelleux du Saint-Gothard.

|                        |       |
|------------------------|-------|
| Silice. . . . .        | 62.   |
| Magnésie . . . . .     | 30,50 |
| Fer oxydé . . . . .    | 2,50  |
| Potasse. . . . .       | 2,75  |
| Perte au feu . . . . . | 0,50  |
|                        | 98,25 |

2°. Analyse du Mica.

|                        | Mica commun de Zinnwalde. | Mica en grandes lames, verre de Moscovie. | Mica noir de Sibérie. |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| Silice. . . . .        | 47.                       | 48.                                       | 42,50                 |
| Alumine. . . . .       | 20.                       | 34,25.                                    | 11,50                 |
| Magnésie . . . . .     | 0.                        | 0.                                        | 9,00                  |
| Oxyde de fer . . . . . | 15,50.                    | 4,50.                                     | 22,00                 |
| De manganèse. . . . .  | 1,75.                     | 0,50.                                     | 2,00                  |
| Potasse. . . . .       | 14,50.                    | 8,75.                                     | 10,00                 |
| Perte au feu. . . . .  |                           | 1,25.                                     | 1,00                  |
|                        | 98,75                     | 97,25                                     | 98,00                 |

3°. Analyse de la substance appelée pierre de riz (pâte de riz de la-Chine).

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Oxyde de plomb. . . . . | 41 |
| Silice. . . . .         | 39 |
| Alumine. . . . .        | 7  |
|                         | 87 |

(1) Extrait d'une lettre de M. Gehlen.

Les treize parties qui manquent, doivent être attribuées à quelque substance vitrifiante que M. Klaproth n'a pu déterminer à cause de la petite quantité de matière qu'il avait pour ses expériences. D'après M. Klaproth, on peut imiter ce produit, en fondant ensemble de l'oxyde de plomb, du feldspath, de la silice et de la potasse ou du borax, en proportions différentes.

4°. *Analyse d'une Aérolithe.*

M. Klaproth a analysé l'aérolithe tombée le 13 mars 1807, dans le cercle de Inchnow du gouvernement de Smolensko, et qui pesait 4 puds. Il y a trouvé :

|                                                               |              |
|---------------------------------------------------------------|--------------|
| Fer métallique. . . . .                                       | 17,00        |
| Nickel. . . . .                                               | 0,40         |
| Magnésie. . . . .                                             | 14,25        |
| Silice. . . . .                                               | 38,00        |
| Alumine. . . . .                                              | 1,00         |
| Chaux . . . . .                                               | 0,75         |
| Oxyde de fer . . . . .                                        | 25,00        |
| Perte, y compris le soufre et une trace de magnésic . . . . . | 3,60         |
|                                                               | <hr/> 100,00 |

II. *Sur le Niccolane.*

MM. Hisinger et Gehlen ont reconnu, chacun de leur côté, que la substance que Richter avait appelée *Niccolane*, et qu'il regardait comme un métal particulier, est un composé de nickel et de cobalt, avec une trace de fer et d'arsenic.

SUPPLÉMENT  
A LA MÉCANIQUE CÉLESTE;

Par M. LAPLACE (1).

LE but principal que se propose M. Laplace dans ces nouvelles recherches, est de donner une forme plus simple aux expressions différentielles des élémens elliptiques des planètes. Ces élémens sont au nombre de six : le grand axe, l'excentricité, l'inclinaison de l'orbite sur un plan fixe, la longitude du nœud, celle du périhélie; enfin la longitude moyenne de la planète à une époque déterminée. Leurs différentielles dépendent d'une certaine fonction des coordonnées de la planète troublée et des planètes perturbatrices, sans laquelle le mouvement resterait elliptique, et que nous appellerons *la fonction perturbatrice*. Lorsque l'on a substitué dans cette fonction les valeurs des coordonnées relatives au mouvement elliptique, on peut la développer en une série de cosinus d'arcs multiples des moyens mouvemens des planètes. Or, ce développement effectué, les nouvelles formules de M. Laplace donnent immédiatement les inégalités dé-

(1) Extrait du *Bull. des Sc.*, n°. 13.

pendantes d'un argument déterminé, qui affectent chaque élément. En effet, par ces formules, les différentielles des élémens sont exprimées au moyens des différences partielles de la fonction perturbatrice, prises par rapport aux élémens eux-mêmes, et multipliées par des facteurs qui ne renferment que ces élémens; ces différences partielles pourront donc s'effectuer après que la fonction aura été développée; en sorte que l'on aura, par une simple substitution, le terme de la différentielle de chaque élément qui correspond à un terme quelconque de ce développement; et si l'on néglige le carré de la fonction perturbatrice, il sera facile d'intégrer cette différentielle, pour avoir l'inégalité correspondante de l'élément. Toute la théorie des perturbations des planètes est ainsi réduite à former le développement de la fonction perturbatrice, puis à choisir parmi ses termes ceux qui sont sensibles par eux-mêmes, ou ceux que l'intégration rend sensibles, en vertu des diviseurs qu'elle leur fait acquérir. Si pour quelques-unes de ces inégalités, on veut avoir égard au carré de la fonction perturbatrice, comme l'a fait M. Laplace pour les grandes inégalités de Saturne et de Jupiter, il faudra considérer, comme variables, les élémens qui entrent dans les expressions différentielles de ces inégalités, ce qui en rendra l'analyse beaucoup plus compliquée. (*Voyez sur ce point la Mécanique céleste*, livre VI, chap. 11.)

Dans le second livre de cet ouvrage, M. Laplace était déjà parvenu à lier les termes des variations des élémens à ceux du développe-

ment de la fonction perturbatrice; mais les formules de ce livre ne sont qu'approchées, au lieu que celles du Supplément dont nous rendons compte, donnent rigoureusement les valeurs des différentielles des élémens. M. Laplace observe que ces formules rigoureuses étaient déjà en partie connues: la différentielle du grand axe a été donnée sous cette forme par M. Lagrange, dans les *Mémoires de Berlin*, pour l'année 1776; dans le livre II de la *Mécanique céleste*, pages 348 et 365, M. Laplace avait déjà donné les valeurs des différentielles de l'excentricité, de l'inclinaison et de la longitude du nœud qu'il transporte dans son Supplément; enfin dans le *Mémoire sur les inégalités séculaires*, on trouve une équation qui détermine la différentielle de la longitude de l'époque au moyen de celle du périhélie. Il ne restait donc plus que cette dernière à déterminer; c'est à quoi M. Laplace parvient, en observant que la différentielle de la fonction perturbatrice, prise par rapport aux élémens de la planète troublée, est égale à zéro; ce qui donne une équation entre les différentielles des six élémens, au moyen de laquelle on détermine celle du périhélie, les différentielles des cinq autres étant déjà connues.

Les nouvelles formules de M. Laplace ont l'avantage de mettre en évidence le théorème sur l'invariabilité des grands axes et du moyen mouvement démontré dans le *Mémoire* que nous venons de citer, en ayant même égard aux quantités du second ordre, par rapport

aux forces perturbatrices. Au moyen de ces formules, l'expression du moyen mouvement prend d'elle-même la forme qu'on lui a donnée dans ce Mémoire, et d'où il résulte qu'elle ne peut contenir aucune inégalité séculaire due aux variations des coordonnées de la planète troublée. Quant à celles des coordonnées des planètes perturbatrices, elles ne peuvent pas non plus introduire d'inégalités séculaires dans le moyen mouvement en quelque nombre que soient ces planètes. Cette partie du théorème a été démontrée dans le Mémoire cité, en faisant usage du principe des forces vives; mais M. Laplace la conclut de la forme même de la fonction perturbatrice, ce qui est à la fois plus direct et plus simple.

Un autre avantage dont jouissent les formules de M. Laplace, c'est de donner, d'une manière fort simple, les inégalités séculaires des élémens elliptiques; lorsqu'on néglige le carré des forces perturbatrices, et que l'on veut tenir compte de toutes les puissances des excentricités et des inclinaisons: il suffit alors de réduire, dans les valeurs différentielles des élémens, la fonction perturbatrice à la partie non périodique de son développement. Si l'on néglige en outre les puissances des excentricités et des inclinaisons supérieures à la première, on retrouve les équations linéaires connues, d'où dépendent les variations séculaires des orbites. M. Laplace considère en particulier le cas de deux planètes tournant autour du soleil, c'est-à-dire,

le fameux problème des trois corps. Il en donne une solution nouvelle et remarquable, par la simplicité des élémens qu'il y fait entrer, et qui ne dépendent en rien de la position des corps par rapport à des plans fixes et arbitraires. Dans cette solution, la fonction perturbatrice conserve en effet une forme indépendante de la position de ces plans; les variations séculaires des excentricités et des distances des périhélies à l'intersection des deux orbites, sont données par quatre équations différentielles du premier ordre; l'inclinaison variable des deux orbites est donnée sous forme finie; la ligne de leur intersection ne sort pas du *plan invariable*, et son mouvement séculaire sur ce plan est donné par une intégration qui se rapporte aux quadratures.

Ce que nous avons nommé *la fonction perturbatrice*, peut être une fonction quelconque des coordonnées des corps dont on considère le mouvement: dans la théorie des planètes, cette fonction provient de l'action des planètes perturbatrices sur la planète troublée et sur le soleil; dans celle de la lune, elle comprend aussi l'attraction de la partie non sphérique de la terre. En appliquant ses formules à cette partie de la fonction perturbatrice, M. Laplace détermine les inégalités de la lune, en latitude et en longitude, qu'il avait déjà trouvées par une autre méthode (*Mécanique céleste*, livre VII, chapitre 11). Cet accord entre les résultats de deux méthodes différentes, fournit une confirmation de ces

inégalités d'autant plus importantes, qu'en les comparant aux observations, elles font connaître l'aplatissement de la terre plus exactement que ne peuvent le faire les mesures directes des degrés du méridien.

---

## A N N O N C E S

*CONCERNANT les Mines, les Sciences et les Arts.*

---

*Essai sur l'Art de la Verrerie; par M. LOYSEL, Correspondant de l'Institut national des Sciences et Arts, in-8°. de 332 pages avec une planche.*

A Paris, chez Madame HUZARD, Imprimeur-Libraire, rue de l'Eperon, n°. 7. — Prix, 5 fr. broché, et 6 fr. (franc de port) pour les départemens.

CET ouvrage parut en l'an 8, et fut accueilli favorablement par le public; mais la vente en fut suspendue par l'absence de l'auteur qui avait gardé, entre ses mains, une partie des exemplaires dont il vient de faire la remise dans la librairie de Madame Huzard.

L'empressement avec lequel cet ouvrage a été recherché des artistes, dispense d'en faire l'éloge. On sait que l'auteur n'avait point trouvé de modèle dans cette partie; qu'il a été le premier à former un corps de doctrine de principes sur lesquels repose la pratique de l'art de la verrerie, et que les expériences sur lesquelles cette théorie est appuyée lui appartiennent presque toutes exclusivement.

En lisant ce traité, on sentira facilement que son utilité ne se borne pas à l'art de la verrerie, mais qu'elle s'étend à ceux de la poterie, de la faïence, de la porcelaine, à la fabrication des émaux, à celle du fer, et en général à tous les arts pyrotechniques.

Le mérite de l'ouvrage dont il s'agit est connu depuis long-tems par le rapport très-étendu et très-avantageux qu'en fit à l'Académie des Sciences, le 12 janvier 1791,

une commission composée de MM. Darcet, Fourcroy et Berthollet (1).

Nous avons pensé que pour fixer, d'une manière particulière, l'attention des savans et des artistes sur l'ouvrage que nous annonçons, nous ne pouvions mieux faire que d'insérer ici les conclusions du rapport dont nous venons de parler.

*Conclusions du rapport fait à l'Académie des Sciences sur l'ouvrage de M. LOYSEL.*

« L'extrait que nous venons de présenter (ce sont les » Commissaires qui parlent), prouve assez combien les » travaux de M. Loysel, que l'Académie a placé depuis » long-tems parmi ses correspondans, doivent contribuer » aux progrès de la verrerie, et à donner à tous les pro- » cédés de cet art important, le degré de perfection qu'ils » ne peuvent recevoir que d'une physique très-éclairée. » Nous pensons que son ouvrage mérite l'approbation et » l'éloge de l'Académie ».

(1) Ce rapport est imprimé dans les *Annales de Chimie*, tome 9, pages 113 et 235.

---

## JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 140. A O U T 1808.

---

### R A P P O R T

*FAIT au Conseil des Mines de l'Empire, sur les anciennes Mines de plomb, cuivre et argent des environs de Trarbach (Rhin-et-Moselle).*

Par M. F. CALMELET, Ingénieur des Mines et Usines, en station dans les départemens de Rhin-et-Moselle et de la Sarre.

---

#### HISTOIRE ET DESCRIPTION.

Après avoir arrosé dans les environs de Trèves une vallée large et fertile, la Moselle voit resserrer son cours par des collines élevées qui s'échappent en nombreux rameaux du froid plateau de montagne appelé le *Hundsrück*. Vers *Berncastel* et *Trarbach*, aux confins des départemens de Rhin-et-Moselle et de la Sarre, ces collines rétrécissent de plus en plus le bassin de cette rivière, viennent plonger enfin sur leur base jusque dans ses ondes, et ne laissent, par

Volume 24.

F

intervalles, sur la rive qu'une plage étroite où les deux bourgs que j'ai nommés sont bâtis.

Ce groupe de montagnes, couronné de verdure et de ruines gothiques, offre par ses flancs rapides et souvent escarpés, par les vallons étroits et solitaires qu'il renferme, par le cours précipité des ruisseaux qui en découlent, enfin par les grands bois dont il est revêtu, offre, dis-je, l'image en petit de certaines vallées des Alpes. Sur les coteaux du Sud-Ouest et du Sud qui regardent la rivière, croît le vin blanc léger, connu sous le nom de *vin de Moselle*; mais à peu de distance dans les terres, tout est couvert de forêts quelquefois entremêlés de champs cultivés.

La constitution physique d'un tel pays est toute schisteuse, à feuilletés noirâtres ou d'un bleu luisant, et de la nature de l'ardoise dont il y a plusieurs carrières aux environs. Les couches sont généralement dirigées de l'E. N. E. à l'O. S. O., leur inclinaison tombe vers le N. O. et forme, avec l'horizon, un angle qui varie de 60 à 80°. L'ardoise, dans plusieurs carrières, est à lames épaisses, s'infléchit en larges contours, paraît cassante; et comme il est ordinaire de la rencontrer dans la grande famille des schistes argileux, recèle souvent des noyaux assez gros de fer sulfuré d'un jaune d'or.

Ce terrain schisteux, qui s'étend derrière *Berncastel* et *Trarbach*, est entrecoupé de nombreux filons de cuivre et de plomb argentifères qui courent dans tous les sens et sous toutes les inclinaisons. Il se prolonge vers *Castellann* et *Simmern*, dans le département de Rhin-et-Moselle. En ces lieux encore, sont des gîtes

de minerai à peu près semblables aux précédens.

La plupart de ces filons ont été jadis exploités. La tradition, l'aspect des lieux, d'anciennes ruines et de vieux travaux, tout concourt à faire croire que ces mines étaient autrefois d'un avantageux produit. Les pays qui composent maintenant le département de Rhin-et-Moselle, renfermaient alors, vers le Nord, les mines de *Mutscheid* et de *Brohs*; au Sud, celles de *Trarbach*, auxquelles je consacre ce Mémoire; celles d'*Alterkilz*, de *Narroth*, de *Werlom*, etc. C'était un beau spectacle, sans doute, que celui des mines et des usines nombreuses dont ces montagneuses campagnes étaient parsemées, et qui, suppléant à l'ingrate stérilité du sol, multipliaient la valeur du pays.

La guerre de trente ans, vulgairement nommée en ces contrées la *guerre des Suédois*, se survit encore comme un redoutable souvenir dans l'esprit de leurs habitans. Les ravages qui l'accompagnèrent; le flux et le reflux des armées opposées; cette foule de combats qui, durant si long-tems, se livrèrent sur les rives de la Moselle et du Rhin, ont à diverses reprises comprimé l'essor d'une si précieuse industrie en rendant précaire la jouissance de ses produits; mais de la première époque sur-tout, date le dépérissement de plusieurs des mines qui depuis n'ont jamais été reprises que d'une manière languissante. Peut-être est-ce à cette position limitrophe entre deux Empires, dans un pays ouvert aux premières incursions des armées, et destiné à servir de théâtre à leurs combats; peut-être, dis-je, est-ce à cette position qu'il

faut particulièrement attribuer l'abandon où ces mines sont restées. Les spéculations de ce genre exigent presque toujours, en effet, de grandes avances pour le moment, et une longue sécurité pour l'avenir.

Quoiqu'il en soit de la vérité de cette observation, et pour me borner aux seules mines de Trarbach, je dirai qu'après une très-longue inaction, elles ont été reprises à peu près vers l'année 1780, par le baron de *Siersdorff* qui les exploita, mais d'une manière mesquine et pauvre, jusqu'au commencement de la révolution.

Où les filons qu'il poursuivait étaient peu riches, ou sa conduite était peu prudente; il est de fait, que chargé de dettes envers les fournisseurs et les employés même de ses travaux, il fut obligé d'abandonner son entreprise. La Chambre des Mines du duché de Deux-Ponts, prit en faveur des créanciers, un arrêt qui adjugeait cette exploitation à celui qui leur paierait la modique somme de 7500 florins d'Empire (16500 livres tournois). Alors la guerre éclata, et ces propositions n'eurent aucune suite. Depuis la réunion de ces contrées à la France, M. *Mathieu Sauermilch*, homme très-industrieux, propriétaire de la fonderie de cuivre d'*Allenbach*, située à 4 lieues de là dans les profondeurs du *Hundsrück*, entreprit des recherches sur quelques-unes des anciennes mines abandonnées. Ces recherches le conduisirent à présenter, le 6 mars 1806, à M. Alexandre de Lameth, préfet de Rhin-et-Moselle, une pétition tendante à obtenir, pour 30 ans, la concession des mines de Trarbach. Le demandeur

est mort avant que cette affaire ait pu être décidée, et dans ce moment, son fils et un associé, demeurant à Trarbach, se proposent de donner suite à ces premiers projets.

Telle est jusqu'à ce jour l'histoire des mines de Trarbach, totalement déchues de leur ancienne prospérité. Ma tâche, dans ce rapport, est de décrire leur état actuel, d'exposer l'espoir qu'elles peuvent encore faire naître, ainsi que les moyens de reprendre avec avantage, et conformément aux règles de l'art, leur exploitation.

A quatre kilomètres au S. E. du bourg de Trarbach et de la Moselle qui coule sous ses murs; dans l'enceinte d'un plateau de cinq kilomètres de diamètre, circonscrit vers l'Est par les ruisseaux d'*Enkirch* et de *Marienheller*, vers le Sud et vers l'Ouest par ceux de *Cleinch* et de *Kautenbach*, qui tous tirent leurs noms des villages qu'ils arrosent; dans cette enceinte, dis-je, sont cinq mines autrefois exploitées, et nommées, en tournant de l'Est à l'Ouest et passant par le Sud, *Kirschwalderwerck*, *Kampsteinerwerck*, *Kupferloecher*, *Osenerwerck* et *Lehrenbrunnewerck*. Au Sud-Ouest, sur l'autre bord du *Cleincherbach*, et près du lieu de son embouchure, dans la *Kautenbach*, sont deux autres mines appelées *Kautenbach* et *Marie-Ferdinande*; à l'Ouest enfin, sur la rive gauche de la *Kautenbach*, et presque vis-à-vis de *Lehrenbrunnewerck*, est une huitième mine dite *Almoseurecht*.

Ces huit mines portent le nom générique de mines de Trarbach, parce qu'elles sont situées sur le territoire de cette commune. Toutes ont

Description.

été entamées à différentes époques sur des filons de directions et d'inclinaisons diverses. Je les parcourerai successivement, en suivant de l'Est au Sud et à l'Ouest, le cercle sur la circonférence duquel elles sont distribuées.

Mine de  
Kirschwald

En s'avancant de cinq kilomètres au Sud-Est de *Trarbach*, vers le haut d'un petit vallon dont les eaux se versent à peu de distance au N. N. E. dans le ruisseau d'*Enkirch*, on trouve un filon qui penche vers le Nord et court sur 9 heures en faisant un angle très-aigu avec les couches ardoisées de la montagne. Sa puissance a variée, dit-on, depuis 0<sup>m</sup>,15 jusqu'à 2<sup>m</sup>,6; elle est aujourd'hui à l'avancement des ouvrages de 0<sup>m</sup>,3 environ.

Ce filon est composé de quartz blanc renfermant du plomb sulfuré grenu mélangé de zinc sulfuré brunâtre et de cuivre pyriteux. Il est le seul parmi tous les gîtes de minerai de *Trarbach* qui soit maintenant le sujet d'une exploitation de recherche.

Je suis descendu dans les travaux par un puits vertical de 14 mt. environ de profondeur qui sert à l'extraction du minerai. A quelques mètres du fond de ce puits, on joint le filon que l'on a suivi par une galerie d'allongement qui s'enfonce de 90 à 94 mètres dans la montagne. Toute la partie du gîte qui lui est supérieure a été exploitée jusqu'au jour; la partie inférieure est intacte, mais elle se trouve, ainsi que la galerie, au-dessous du niveau du vallon.

Quelques mineurs sont placés vers le faite de la galerie sur d'anciens piliers: là j'ai vu le gîte qui est assez puissant (2 mt.) mais peu riche. A l'extrémité de la galerie d'allongement,

où maintenant on le poursuit, il ne présente, sur sa faible épaisseur, que du quartz clair-semé de veinules de minerai.

Sous le coteau opposé de l'étroit vallon de *Kirschwald*, et vis-à-vis de ces premiers travaux, s'enfoncent au niveau du ruisseau, d'autres ouvrages excavés sur le prolongement du même filon. Ces ouvrages, poussés jusqu'à un avancement de 50 mt. et qui sont assez considérables, ont dévoilé le gîte pauvre et puissant de 1<sup>m</sup>,4 à 1<sup>m</sup>,6, ainsi qu'un rameau intersecteur. Leur rencontre doit avoir lieu à 23 mt. environ, au-delà du point le plus avancé dans le premier système de travaux précédemment décrit.

L'exploitation ayant lieu maintenant au-dessous du niveau du vallon, les eaux intérieures sont rassemblées au fond de deux puits d'où elles sont élevées par des pompes; elles tombent alors dans un canal en planches, où elles se réunissent avec les eaux du ruisseau nommé *Ellersensfenbach*, qui entrent à la proportion des trois quarts dans ce nouveau courant. Les eaux extraites de la mine ne forment que le quart restant. Ce canal les conduit et les verse dans les augets d'une roue située à cent pas plus bas en suivant le vallon. Le mouvement de la roue se communique à une suite de tirans horizontaux, et remonte, pour ainsi dire, au point d'où il était parti, en faisant jouer le piston des pompes d'épuisement. Ce cercle de mouvemens où la cause est à son tour tirée en partie de l'effet, comme l'effet avait été primitivement produit par la cause, est une ingénieuse idée. On pourrait dire, qu'une telle

disposition a été prescrite par la nécessité. Pendant certains tems de l'année, les ruisseaux voisins de la mine de *Kirschwald*, comme la plupart des ruisseaux de ces petits vallons, réduits par la chaleur à des eaux peu abondantes, seraient, si on les employaient seuls, insuffisans comme moteurs.

Mais cette machine si bien conçue est fort mal exécutée. Le canal ouvert à l'évaporation brûlante du fond de ces vallons, est composé de planches disjointes qui laissent filtrer et perdre des eaux si précieuses. Les renvois du mouvement absorbent une partie des effets qu'il eût pu produire, et diminuent la quantité d'eau élevée dans un tems donné, en sorte que la puissance du moteur se trouve considérablement affaiblie. La roue hydraulique seule m'a semblé légère et artistement construite; encore tombera-t-elle bientôt de vétusté. Tous ces inconvéniens, joints à celui de l'évaporation qui produit au milieu de l'été une perte qu'on ne saurait compenser par les eaux tirées de la mine, obligent souvent à laisser chomer le bocard à trois pilons placé près de la roue et mis en mouvement par elle.

Une partie des eaux est détournée près de l'origine de leur cours, pour être consacrée au lavage du minerai.

Cette opération s'exécute dans une caisse allemande et sur deux tables jumelles. Dans la première on lave le sable nouveau sur celui qui est déjà préparé, jusqu'à ce que le morceau de schlich s'élève près des bords. Cette méthode,

que j'ai vu pratiquer aussi en d'autres endroits, est moins bonne qu'un lavage du sable par portions séparées et beaucoup moins considérables. Dans ce dernier cas, la manœuvre est plus facile, les faces offertes au courant sont plus multipliées, et l'épuration est plus complète.

Le schlich est composé de particules de galène et de cuivre pyriteux auxquelles restent unis beaucoup de débris de blende. On en prépare annuellement 200 quint. qui sont transportés à la fonderie d'*Allenbach* (Sarre) à 4 ou 5 lieues de là (1).

Cette faible exploitation occupe aujourd'hui 7 mineurs, 2 casseurs et 8 laveuses.

L'exploitant en recherche a l'intention de percer une galerie d'écoulement oblique au

---

(1) Cette fonderie, qu'on pourrait appeler *centrale*, a été établie dans un pays riche en bois, par un homme très-industrieux, feu M. *Sauermilch*. Elle consiste en un fourneau à manche haut de 4 pieds  $\frac{1}{2}$ , large de 2 pieds et profond de 21 pouces; en un fourneau de ressuage en briques; un fourneau du raffinage du cuivre (câlin), et un 4<sup>e</sup>. de coupellation. Dans le moment actuel on y traite seulement le schlich de plomb de *Berncastel* (Sarre), et celui de *Kirschwald*. Les procédés suivis n'ont rien de particulier. Il y a peu d'années que cet intéressant établissement était si économiquement régi, qu'on y pouvait fondre avec bénéfice des minerais de la rive droite du Rhin. Le cuivre pur se vendait à *Dilling* (Moselle), où on le lamine pour le doublage des vaisseaux; et à *Oberstein* (Sarre), pour la fabrication du tombac servant à la mouture des tabatières d'agate et autres ouvrages. Le plomb s'affine, non pas dans l'intention principale d'en retirer l'argent qui y est très-peu abondant ( $\frac{1}{4}$  d'once, une once au q<sup>l</sup>), mais pour le purger du cuivre et de l'arsenic qui le rendent aigre.

filon, dont l'ouverture serait à quelques mètres plus bas que la roue hydraulique. Cette galerie aurait à peu près 360 mètres de longueur; elle asséchera la mine sur une hauteur verticale de 24 mètres; c'est donc dans cette hauteur que résiderait tout l'espoir d'une future exploitation.

Projets d'amélioration pour la mine de Kirschwald.

Je ne m'arrêterai pas à détailler ici les vices que j'ai remarqués tant dans les dispositions intérieures qu'extérieures des travaux. Les remèdes que je pourrais proposer à ce sujet ne seraient que momentanés ou même inutiles; on ne peut astreindre, en effet, un simple exploitant en recherche à de longs et dispendieux travaux: sa jouissance n'est que précaire, et ses projets sont renfermés dans le cercle étroit d'une année. Je veux donc considérer la mine de *Kirschwald*, ainsi que je le ferai pour toutes les autres mines de Trarbach, comme étant concédée par des titres, qui assurent à leurs possesseurs dans l'étendue d'un long avenir, l'espoir de recueillir ses produits.

D'abord je ne célerai pas que le filon de *Kirschwald* semble n'avoir jamais été très-riche, ni par conséquent d'une exploitation bien considérable: j'en ai pour preuves le peu d'étendue des vieux ouvrages et le peu de volume des anciens déblais. Cependant le gîte est intéressant et mérite d'être suivi. La galerie d'écoulement projetée, asséchera la mine sur une hauteur de 24 à 30 mètres: elle est absolument nécessaire, puisque le minerai se trouve épuisé au niveau actuel des ouvrages. Son percement ayant lieu à travers les bancs feuilletés du schiste, sera peu dispendieux. Les eaux qui

s'en écoulent, soigneusement rassemblées sur son sol, formeront un ruisseau permanent qui fera mouvoir le bocard et arrosera les tables de lavage, établissement qu'il faudra pour lors transporter au-dessous de l'issue de cette galerie. Si le filon qui est bien réglé se soutient, comme il est probable, à cette profondeur, son exploitation sera assurée avec bénéfice pour plusieurs années, pendant lesquelles on entreprendra successivement la réparation des autres mines; mais cet ouvrage est l'un des premiers que l'on doit exécuter, parce qu'il est un de ceux qui promettent les plus prochains bénéfices.

Voilà pour l'amélioration de l'exploitation; c'est la principale et la plus importante. La meilleure construction des bocards et une méthode de lavage mieux entendue, accroîtraient encore les avantages que cette mine est susceptible d'offrir.

A un demi-kilomètre à l'Ouest de la mine de *Kirschwald*, sur la surface nue d'un plateau, et vers le bord de la route de *Trarbach* à *Simmern*, on voit quelques morceaux de débris bleuâtres, amassés autour de légères dépressions de terrain. C'est ainsi que s'annonce l'ancienne mine de *Kampstein*. Les ouvrages dont la trace subsiste encore, sont deux puits et une galerie situés à quelques dizaines de mètres plus bas. Les puits sont entièrement comblés, la galerie est impénétrable, et les déblais ardoisés offrent à peine quelques indices de galène épars dans du quartz blanc.

Le filon sur lequel ces travaux avaient été entrepris, court vers cinq heures et s'incline

Mine de  
Kampstein.

de 20°. du côté du Nord. Sa puissance est de 0<sup>m</sup>,33. L'un de ces puits percé sur le filon même s'enfonçait à une profondeur de 23 mètres, tandis que la galerie destinée à l'écoulement des eaux était avancée à plus de 200 mètres, et devait se trouver par conséquent très-près de rencontrer le puits et le filon, lorsque cette mine fut abandonnée en même-tems que toutes les autres.

Il est évident, par ces renseignements et surtout par l'inspection des lieux, que ce gîte n'a été qu'effleuré dans son exploitation. Tous ces travaux doivent être en effet considérés seulement comme préparatoires : mais la position peu heureuse de cette mine, par rapport à l'écoulement des eaux, aurait rendu d'une courte durée, l'utilité de la galerie entreprise au bas d'un enfoncement peu considérable situé sur le plateau. Néanmoins c'est par la restauration de cette galerie qu'il faudrait entamer la reprise de cette mine : on verrait ensuite si le filon mérite de plus grandes dépenses, et alors s'offriraient deux moyens de poursuivre l'exploitation.

Le premier serait de s'assurer du prolongement du filon vers le vallon de *Kirschwald* où le ruisseau d'*Enkirch*, et de calculer la dépense et l'avantage d'une galerie d'écoulement poussée de ce côté : le second moyen, qu'on ne devrait employer que dans le cas d'impossibilité du précédent, consisterait à épuiser la mine à l'aide d'une machine à vapeurs placée près du bord des puits.

Je ne puis donner aucun renseignement sur la richesse du minerai de *Kampstein*, qui jamais

n'a dû être extrait en grande quantité ; mais je ne croirai pas, comme quelqu'un l'a avancé, que le quintal ait jamais pu rendre à la fonte, au fourneau à manche, 50 liv. de plomb.

Si l'on s'avance vers la partie Sud du plateau dont je viens de parler, on trouve à deux kilomètres de *Kampstein*, l'étroit vallon de *Cleinch*, tapissé de gazon et bordé de nombreux feuillages. Le ruisseau qui l'arrose coule de l'E. S. E. à l'O. N. O. et se perd à l'O. dans le ruisseau de *Kautenbach*. Sur le bord du premier, précisément au Sud de *Kampstein*, sont les travaux de la mine de *Kupferloecher*. Ils ont été entrepris long-tems avant la révolution, sur un filon qui se dirige vers 4 heures, et penche au Nord sous un angle de 55°. , tandis qu'en ce même endroit la direction des schistes ardoisés est sur 6 heures, et leur inclinaison de 40°. vers le Nord. La gangue du filon est du quartz ; sa puissance s'élève jusqu'à 1<sup>m</sup>,3. Le minerai est un mélange de galène, de blende, de cuivre pyriteux, de cuivre gris où la galène et la blende sont de beaucoup dominantes (1). L'angle aigu que ce gîte forme avec les couches de la montagne, lui donne l'apparence d'une couche qui leur serait parallèlement interposée. Ce qui ajouterait une nouvelle probabilité à cette opinion, c'est que ce gîte s'offre dans les excavations, brouillé d'un schiste ardoisé semblable au schiste envi-

Mine de  
Kupferloecher.

(1) J'ai remarqué dans les déblais, des morceaux de quartz teints par une matière jaune terreuse absolument semblable à l'une des variétés du plomb arsenié.

ronnant, et qui enveloppe, sépare par rognons, comme s'il était d'une formation contemporaine, le quartz de la gangue.

Les travaux consistent en une courte galerie d'écoulement percée perpendiculairement au gîte, un peu au-dessus du niveau du ruisseau, et en une excavation supérieure ou tranchée à ciel ouvert, percée sur l'affleurement même du filon, dans le sens de sa marche, et jusqu'à 15 mètres seulement de profondeur.

Les eaux, dans cette mine, n'ont jamais été abondantes, ni les travaux considérables. Il y a 40 ans environs que MM. *Boecking* de *Trarbach* ont fait en ce lieu de premières recherches : quoique le filon s'annonçât d'une manière avantageuse, que sa gangue fût chargée de parties métalliques, jamais on n'a poursuivi ces recherches comme elles auraient dû l'être. La raison principale de cet abandon prématuré, est, ce me semble, que l'affleurement du gîte se trouve peu élevé au-dessus du niveau du vallon (8 à 10 mètr.); d'où il suit que l'exploitation de cette mine exigerait presque dès son origine, l'établissement de moyens artificiels d'épuisement. Or comme on ne pourrait se procurer les eaux motrices en cet endroit, où le ruisseau, pendant la moitié de l'année, ne charrie qu'un mince filet d'eau, il faudrait nécessairement avoir recours pour cet objet aux machines à vapeur.

En terminant ce qui a rapport à cette mine, seulement révélée par ces faibles travaux, je dois remarquer qu'elle m'a semblé plus riche en minerais que celle de *Kirschwald*, et qu'elle

mérait, lors de la reprise générale des mines de *Trarbach*, une attention particulière et des tentatives suivies.

A quelque distance plus bas que ces travaux, sur le bord opposé du ruisseau, est la trace d'une ancienne recherche ouverte il y a 18 ans par un particulier de *Beizen*, et poussée jusqu'à 7 ou 8 mètres de profondeur sur un gîte de plomb qui traverse le vallon. Je cite ce fait, qui est par lui-même de peu d'importance, pour faire entrevoir de combien de rameaux et de veines métalliques ce terrain schisteux est entrecoupé.

J'ai suivi l'étroit vallon du *Cleinch*, dont le cours tortueux se dirige vers l'O. N. O., entre des coteaux rapides ombragés par les bois. Souvent sous l'épaisseur du feuillage, on aperçoit comme de noires cavernes, les excavations des ardoisières; ce sont de longues et larges chambres, très-variées dans leurs dimensions, qui dévoilent parfaitement la disposition des couches du terrain. A côté de l'entrée de celles qui sont maintenant exploitées, on voit une mauvaise baraque construite d'un amas de schistes qui sert de loge aux ouvriers employés à tailler l'ardoise.

A 3 kilomètres $\frac{1}{2}$  de la mine de *Kupferloecher*, on rencontre le village de *Kautenbach*, situé à la jonction du ruisseau de ce nom et du *Cleinch*.

C'est derrière ce village, à côté de la papeterie qui appartient à MM. *Boecking*, qu'était la mine dite de *Kautenbach*, la plus riche, dit-on, de toutes celles de ce pays.

Mine de  
Kauten-  
bach.

Sur la pente du coteau, à travers les arbres, on aperçoit les haldes de trois puits aujourd'hui comblés, dont la direction va sur deux heures et annonce celle du filon. Un quatrième puits, ajoute-t-on, était percé plus bas au lieu où se trouve maintenant la papeterie. La galerie d'écoulement inférieure à tous ces ouvrages dégorgeait ses eaux dans ce ruisseau. Deux filons parallèles, l'un de plomb, l'autre de cuivre, étaient le sujet de l'exploitation : leur direction, comme je l'ai dit, allait sur deux heures, et leur inclinaison de 20°. tombait vers le Sud, c'est-à-dire, en sens inverse de celle de tous les autres filons.

Le premier filon a 0<sup>m</sup>,3 de puissance ; celle du second s'élève à 0<sup>m</sup>,7 ; leur gangue commune est le quartz ; mais le plomb seul est argentifère (1).

Cette ancienne mine, reprise il y a 54 ans environ, fut alors exploitée durant 26 ans. Il paraît qu'on s'était enfoncé au-dessous du niveau de l'écoulement naturel (2), car les eaux ont submergé la mine qui depuis 28 ans est abandonnée, et n'offre plus aujourd'hui que des puits comblés et une galerie noyée où il

(1) Ces renseignemens que je tiens d'un maître mineur, et dont une partie se trouve vérifiée par ce que je dis plus bas, n'indiquent pas qu'il ait pu jamais y avoir ni un bénéfice immense, ni même une extraction bien considérable dans cette mine si vantée.

(2) D'après des renseignemens certains, cette profondeur était de 30 toises.

est

est impossible de pénétrer. Cette submersion produite par l'insuffisance des machines hydrauliques, est la seule cause probable qui fit interrompre les travaux ; et sous ce point de vue, cette mine peut donner de grandes espérances.

Mais trop souvent les récits de la tradition sont aussi trompeurs que brillans. A les en croire, ce ne serait partout que des morceaux d'argent et d'or, et les piliers délaissés des vieilles mines, devraient toujours être plus riches que les parties des filons exploitées maintenant.

J'avais heureusement un moyen de réduire à leur juste valeur ces histoires hyperboliques. Le gîte exploité à *Kautenbach* traverse le vallon et se prolonge au sein de la montagne opposée, située dans le département de la Sarre, au territoire de *Berncastel* : là il est le sujet d'une exploitation suivie par M. *Stoeck*, et que j'ai visitée. J'y ai vu un seul filon fort bien réglé, de mêmes direction et inclinaison que celles rapportées plus haut. Sa puissance moyenne est de 1<sup>m</sup>,6. Le quartz forme la gangue qui est assez richement chargée de galène mélangée de très-peu de cuivre pyriteux. On peut regarder, en un mot, le filon de *Kautenbach* (Sarre) comme d'une bonne exploitation. Or comme il n'est nullement probable que cet étroit vallon ait séparé le filon en deux parties très-inégaux en richesse, j'en inférerai que l'ancienne mine de *Kautenbach* (Rhin-et-Moselle) est, à peu de chose près, de la même valeur que celle dont je viens de parler ; mais qu'il est de toute exagération de l'appeler,

comme on l'a fait, l'une des plus riches mines de l'Allemagne<sup>(1)</sup>.

On voit par ce qui précède que la mine de *Kautenbach* est d'une valeur réelle suffisante pour mériter d'être reprise. L'espoir qu'elle peut faire naître, est même assez assuré pour qu'on se livre d'abord à de sérieuses dépenses. Alors il faudra commencer par épuiser ses eaux au moyen d'une machine à vapeur. Je doute en effet que les eaux du ruisseau de *Kautenbach* soient assez abondantes, mais surtout assez permanentes pour permettre l'emploi des machines hydrauliques ordinaires.

Cette mine située vers le Sud, à peu de distance de la précédente, est la seule des huit mines de *Trarbach* que je n'aie pas visitée, d'après ce qu'on m'a assuré, que tous les travaux en étaient comblés et n'offraient plus aucun indice d'exploitation. Elle avait été reprise il y a environ dix-huit ans, et l'on espérait, en suivant le filon, arriver à quelque point avantageux. Mais le propriétaire de la papeterie inférieure s'est plaint que les eaux devenues cuivreuses verdissaient son papier : ce faible obstacle a suffi, ajoute-t-on, pour faire abandonner les recherches.

En descendant le ruisseau de *Kautenbach* et cheminant au Nord vers *Trarbach*, on aperçoit sur un coteau rapide et élevé, au milieu des bruyères, trois morceaux blenâtres de débris qui annoncent l'entrée de trois galeries percées

(1) Le filon de cuivre était plus riche que celui de plomb ; il produisait à la fonte jusqu'à 0,25 de cuivre ; on ne l'a pas retrouvé jusqu'ici de l'autre côté du vallon.

Mine de  
Marie-Fer-  
dinande.

Mine d'O-  
fen.

à différentes hauteurs dans la mine d'*Ofen*. Cette mine est située à un kilomètre de celle de *Kautenbach*. Le filon court sur 9 heures comme celui de *Kirschwald*, offre son inclinaison au Nord sous un angle de 24°. Sa puissance varie de 0<sup>m</sup>,6 à 1 mèt.

Les travaux consistaient en trois galeries d'allongement, percées les unes au-dessus des autres, et déjà très-enfoncées dans la montagne ; quelques puits intérieurs, à présent remplis d'eau, partaient du sol de ces galeries. Au sommet du coteau l'on avait creusé un puits dans le but d'aérer ces ouvrages : le puits aujourd'hui comblé était poussé jusqu'à 45 mèt. de profondeur, mais n'avait pas encore atteint la galerie la plus haute.

Cette galerie supérieure est praticable, quoiqu'avec difficulté. A son extrémité paraît le filon dont la puissance est de 0<sup>m</sup>,6. La gangue est du quartz avec de rares mouchetures de plomb sulfuré. Les morceaux qui sont sur la halde sont très-pauvres ; ils sont composés d'un peu de galène et de cuivre pyriteux. J'ai cru aussi y découvrir du hornstein grisâtre, modification de contexture à laquelle passerait alors le quartz de la gangue.

La mine d'*Ofen* avait été reprise comme sujet de recherche par M. *Mathieu Sauermilch d'Allenbach*, et son associé M. *Christophe Baner de Trarbach*. On m'a montré des morceaux massifs de galène qui provenaient de ce nouveau travail ; il a été totalement abandonné il y a environ six mois, parce que, m'a-t-on dit, le filon était pauvre : mais je serais tenté de croire que la mine de M. Sauermilch,

le principal et le plus industriel des extracteurs, a singulièrement contribué à cette cessation de travaux.

La belle régularité du gîte, son existence reconnue sur une très-grande hauteur, son heureuse position sous le rapport de l'écoulement des eaux, rendent peu dispendieuse la reprise de la mine dont il s'agit ici, comparativement du moins à celle des autres mines. Il faudra déblayer le puits supérieur; pour suivre son approfondissement, réparer les galeries, particulièrement celle du milieu, et s'enfoncer dans les parties du filon qui sont vierges encore.

Mine de  
Lehren-  
brunneu.

A un  $\frac{1}{2}$  kilomètre, au Nord du puits supérieur d'*Ofen*, sur le penchant des prés qui descendent vers le ruisseau de *Kautenbach*, est la mine de *Lehrenbrunneu*: là on avait autrefois entrepris une galerie destinée à joindre le gîte d'*Ofen*, à travers les couches de la montagne, et qui suivait un filon dont la marche guidait dans le percement: ce filon se dirige à 3 heures  $\frac{1}{2}$ ; il penche de 30°. vers le Nord, et présente sur une puissance d'un mètre, une gangue de quartz souvent brouillée de schiste, qui renferme beaucoup de fer sulfuré avec un peu de cuivre pyriteux, mais sans trace de galène. A la galerie prolongée, dit-on, jusqu'à plus de 300 mètr., aboutissait un puits intérieur de 9 mètr. environ de profondeur. L'entrée de ces travaux est maintenant comblée par les éboulemens. Leur abandon, qui remonte à 20 ans, est dû en partie à la pauvreté du gîte, composé presque uniquement, ainsi que je l'ai dit, de pyrite martiale. De dessous ces éboule-

mens filtre une eau abondante s'écoulant de la galerie, et fortement rougie par l'oxyde de fer qu'elle dépose sur le fond de son canal. Cette source, qui a donné son nom à la mine, ne conserve plus cette chaleur que l'on sait se développer ordinairement dans la décomposition du sulfure de fer, soit que le volume d'eau trop considérable l'ait éteinte, soit que dans la longueur du trajet elle se soit évaporée.

La mine de *Lehrenbrunneu* effleurée seulement par ces travaux, pourrait s'améliorer dans la profondeur: située sur la hauteur des bords d'un vallon profond, elle présente un beau champ d'exploitation par les moyens d'écoulemens naturels. Il faudrait relever l'entrée de sa galerie, en percer une seconde à un niveau inférieur, et reconnaître la partie intermédiaire par des puits qui serviraient à la fois à découvrir le gîte et à l'airage des travaux.

Aux environs de cette mine les schistes se dirigent sur 7 heures.

De l'autre côté du vallon de *Kautenbach*, à l'O. de *Lehrenbrunneu*, est la mine d'*Almosenrecht*, percée sur un filon qui court à 2 heures  $\frac{1}{2}$  et penche de 30°. vers les points septentrionaux de la boussole. Sa puissance s'élevait à 2 mètres; sa gangue était siliceuse et contenait de l'argile, qui en se gonflant par l'humidité, faisait rompre les cadres du puits. Le minerai était de cuivre et d'argent, probablement à l'état de cuivre gris; mais je n'ai vu sur la halde que des morceaux très-pauvres teints en vert par une poussière superficielle de cuivre carbonaté.

Mine d'Al-  
mosenrecht.

Les travaux consistaient en un puits descen-

dant sur le filon, et en deux galeries inférieures placées l'une au-dessous de l'autre et s'avancant à sa rencontre. Le puits avait 14 mètres environ de profondeur. L'abondance des eaux et la disette d'air s'opposaient à son approfondissement, et c'est dans l'intention de vaincre ces deux obstacles que l'on a ouvert des galeries sur le penchant du coteau. La supérieure a, dit-on, 70 mètres de longueur, et l'inférieure 18 mètres seulement : elles couraient dans un sens à peu près perpendiculaire au filon qu'elles n'ont pas rencontré. Cette mine a été abandonnée en 1792 ; elle est aujourd'hui ruinée et comblée. Il serait facile de reprendre son exploitation, en rouvrant le puits et en poursuivant jusqu'à sa rencontre la galerie la plus avancée.

#### Résumé.

Tel est l'état actuel des mines de *Trarbach*, ensevelies sous les ruines, et sur la richesse desquelles on ne peut former que des conjectures plus ou moins probables. Trois d'entre elles (*Ofen*, *Lehrenbrunneu*, *Almo-senrecht*) offrent, par leur position, des moyens naturels d'écoulement. Leur reprise serait beaucoup moins dispendieuse que celle des cinq autres. La mine de *Kirschwald* peut aussi s'assécher par une galerie ; mais le service de celle-ci ne sera pas d'une très-longue durée. A *Kampstein*, *Kupferloecher* et *Kautenbach*, il faudra probablement débiter par l'établissement de machines à vapeur, les eaux n'étant pas assez abondantes pour mettre en jeu des

machines hydrauliques moins coûteuses : en vain l'on chercherait à les soumettre toutes à un même système d'écoulement. Le niveau de la *Moselle* est le point le plus bas de cette contrée ; mais ce serait un projet gigantesque et ridicule que de vouloir faire partir de là une galerie dont on pousserait les vastes rameaux au-dessous de chacune de ces mines. Je pense donc que les moyens que j'ai proposés sont les plus sages et les plus praticables.

#### Conclusions.

Mon avis, que j'ai déjà énoncé partiellement dans le cours de ce Mémoire, est que les mines de *Trarbach* méritent d'être reprises. Je me fonde sur les indices que j'ai aperçus et décrits, sur la tradition dont les récits ont du moins un certain fondement, sur la nature des causes qui à diverses époques les ont fait abandonner.

Mais cette reprise exigera de grandes avances de fonds, et l'on ne peut répondre avec une certitude entière du succès, au moins de ce succès relatif qui constitue les bénéfices. Que l'on voie d'après cela s'il peut jamais être permis de concéder ces mines à un seul particulier ? Ne serait-ce pas à la fois lui laisser exposer toute sa fortune à de douteuses chances, et livrer les mines elles-mêmes à de mesquines tentatives, à d'impuissans efforts ? En bonne administration, on doit éviter ce double écueil, et je ne vois qu'un moyen de rendre aux mines de *Trarbach* toute l'activité qu'elles exigent : c'est de former une société d'actionnaires, où la mise

*totale des fonds serait grande et suffisante ; de changer en quelque sorte cette spéculation en spéculation de loterie , où chacun peut gagner beaucoup et perdre peu de chose , où l'espoir est brillant, tandis que la crainte est faible. Par là , sans compromettre aucune fortune , on reprend les mines comme elles doivent l'être ; en un mot, on arrive à tous les avantages en laissant de côté tous les inconvéniens.*

Voilà quelle sera sur cet objet la base de mon prochain Rapport à M. le Préfet de Rhin-et-Moselle. Je termine avec un sentiment pénible , celui de n'avoir pu confirmer les beaux rêves , les promesses brillantes contenues dans un Mémoire qui a déjà été écrit sur les mines qui ont fait le sujet de ce rapport. Mais je me suis fait une loi sévère de dire seulement ce qui existait ; j'ai dédaigné également les chimères de l'espoir et les fables des traditions , persuadé qu'en cette occasion la vérité est de la dernière importance.

SUR

## LES MESURES A OBSERVER

DANS LA DISPOSITION

DES FOYERS DE FORGE ,

*Et sur les instrumens qui servent aux ouvriers pour détermination de ces mesures.*

Par M. GALLOIS , Ingénieur des Mines.

ON sait que l'*affinage du fer* ou la conversion de la fonte en fer forgé , est une des opérations les plus délicates de la métallurgie , et que la plus légère erreur dans la disposition des diverses parties du foyer où cet affinage s'opère , a la plus grande influence sur le succès de l'opération.

Ces dispositions doivent être modifiées suivant la nature de chacune des fontes que l'on a à traiter.

La longueur et la largeur du *creuset* dépendent du volume de la *loupe* que l'on veut obtenir ; mais indépendamment de ces mesures générales , les plus essentielles à observer sont les suivantes.

1°. *L'inclinaison de la tuyère : 2°. son obli-*

quité, ou l'angle formé par son axe et la direction de la plaque sur laquelle elle repose : 3°. la saillie de la tuyère dans l'intérieur du creuset : 4°. sa distance à la plaque de rustine : 5°. la pente de la plaque sur laquelle repose la tuyère : 6°. la profondeur du creuset ou la distance de la tuyère à la plaque de fond : 7°. la pente de cette plaque : 8°. la distance de l'orifice de la tuyère à l'orifice de chacune des deux buses : 9°. la direction du vent de chacune des buses dans l'intérieur du creuset, ou relativement aux points que le vent frappe plus particulièrement.

Les fontes qui produisent du fer cassant à chaud ou cassant à froid, exigent une grande précision dans ces mesures, relativement à, 1°. l'inclinaison de la tuyère : 2°. son obliquité : 3°. la profondeur du creuset : 4°. la pente de la plaque de fond.

On observe néanmoins dans ces diverses dispositions, pour une même fonte et dans un même pays, souvent même dans un même atelier, des différences frappantes dans ces mesures. Mais dès qu'une des dispositions du creuset varie, les autres sont nécessairement modifiées, et c'est de certains rapports qui existent entre elles que dépend la bonne qualité du fer, la célérité du travail, l'économie du combustible, et un moindre déchet de la fonte.

Ces mesures varient encore suivant, 1°. la

pente donnée aux soufflets ou aux buses, ce qui dépend du cours d'eau, ou de l'usage établi dans les constructions : 2°. le genre de manipulation propre à chaque ouvrier.

Mais celui qui est arrivé à un bon résultat, par une suite de tâtonnemens, continue d'user des dispositions qui lui ont réussi, tant qu'il ne change ni d'atelier ni de matière à traiter.

Dans le département de la Sarre, j'ai été à même d'observer plus particulièrement les différentes dispositions des feux d'affinerie. On y emploie des fontes du pays et des fontes d'Allemagne. Les premières sont *grises*, presque noires, et donnent un fer ordinairement un peu cassant à chaud ; parmi les secondes, on distingue des *fontes truitées*, qui sont excellentes pour les *fers nerveux*, et de la fonte *blanche à larges facettes brillantes*, qui sont propres aux aciéries.

Souvent on mêle ces diverses espèces de fonte, pour varier les qualités du fer suivant les usages auxquels on les destine, soit pour le commerce, soit pour des manufactures d'armes.

Les *maîtres affineurs* attachent une très-grande importance aux mesures qu'ils emploient pour disposer leurs feux, et ils en font un mystère à leurs camarades.

Chacun d'eux s'est fait des instrumens.

I. Pour les mesures de longueur ils se servent de baguettes ou de *jauges* en bois, sur lesquelles ils marquent, par des entailles, chacune des distances dont ils ont besoin.

II. L'inclinaison de la tuyère se détermine à l'aide d'un instrument représenté *fig. 1*, *planche VII*, construit en fer ou en laiton.

*rs* est une règle d'environ 4 pouces et demi de long, sur laquelle est ajustée une masse *m* et une tige *a*, à l'extrémité de laquelle est suspendue par un fil une balle *p*. Ce fil passe par une fente pratiquée dans la règle qui la sépare en deux branches : sur chacune de ces branches sont tracées plusieurs divisions, qui se rapportent ordinairement à des lignes de la mesure allemande ou de l'ancienne mesure de France, et qui quelquefois sont inégales, et ne se rapportent à aucune mesure déterminée.

La longueur *cb*, du point de suspension *c* au point de rencontre *b* du fil avec la règle, est, dans quelques-uns de ces instrumens, de 18 lignes ; dans d'autres, elle est de 30 et même plus.

On donne à la masse *m* la forme de l'orifice de la tuyère dans laquelle on la fait en-

trer ; elle sert à retenir par son poids toute la partie de l'instrument qui reste au dehors.

La *fig. 2* représente l'instrument mis en place. *m* indique l'instrument ; *t* le profil de la tuyère coupée par un plan vertical, passant entre les deux buses ; *f* le profil du mur ; *h* la coupe de la plaque sur laquelle repose la tuyère ; *i* une portion de la plaque du fond du creuset, et *k* l'une des buses (1).

La division à laquelle répond le fil de l'instrument ainsi placé, exprime l'inclinaison de la tuyère.

III. L'instrument qui sert à mesurer la pente des diverses plaques d'un creuset, est une espèce de niveau de maçon *bcd*, *fig. 3*, barré en *mn*, et au sommet de l'angle *c*, duquel est suspendu un *aplomb cp*. A partir du milieu *d* de la barre *mn*, sont tracées plusieurs divisions correspondantes, vers *m*, à des quarts de pouce d'Allemagne, et vers *n*, à des quarts de pouce de France ; la hauteur *cd* est de six pouces.

Cet instrument est en tôle ; quelquefois il diffère de forme et est construit en bois.

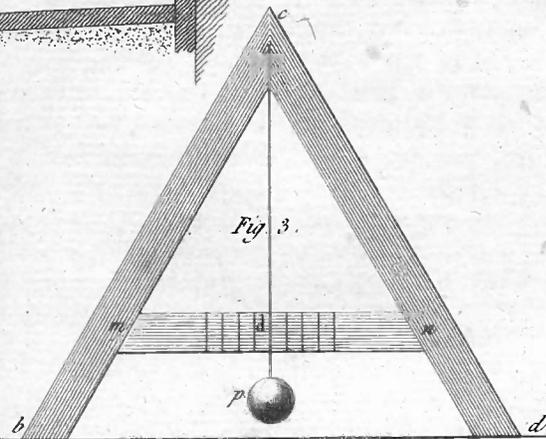
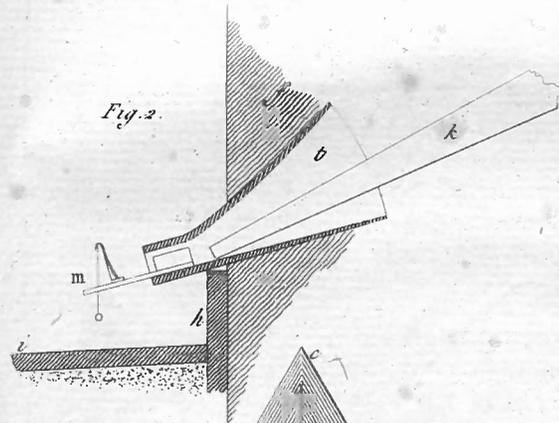
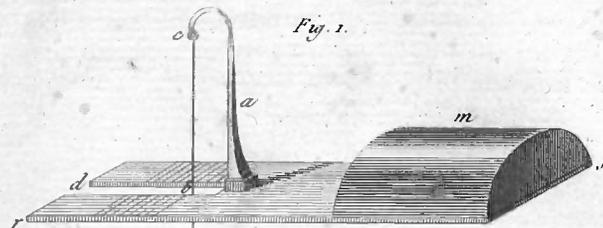
---

(1) La tuyère a pour figure la surface d'un cône coupé par un plan horizontal passant par l'axe. Ce plan donne de l'assiette à la tuyère, et en forme le fond sur lequel sont placés les buses et l'instrument.

110 SUR LES MESURES A OBSERVER, etc.

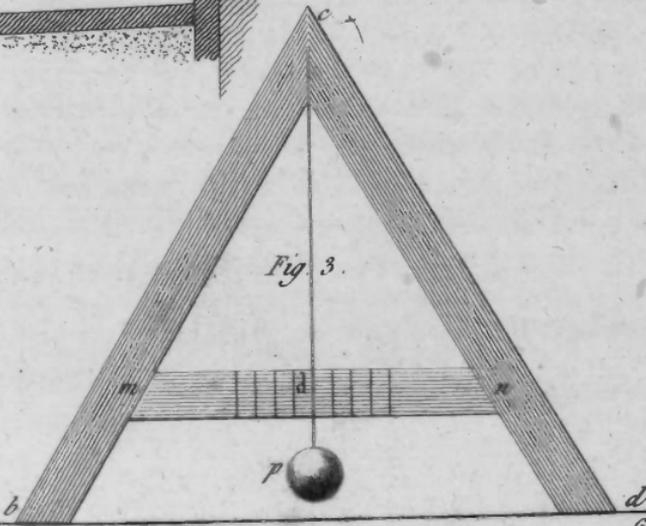
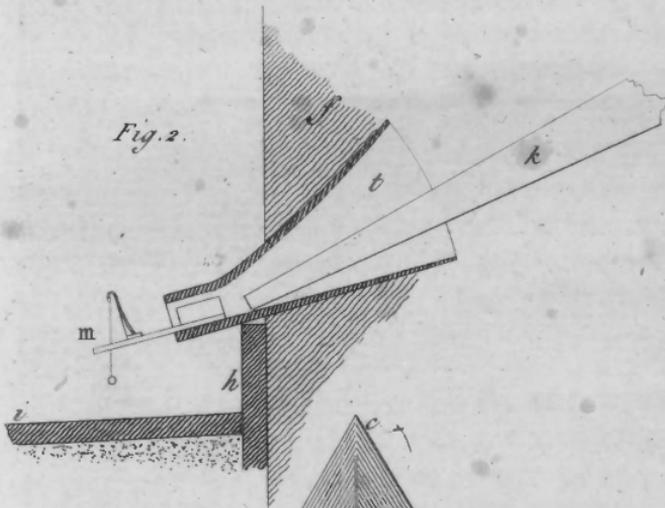
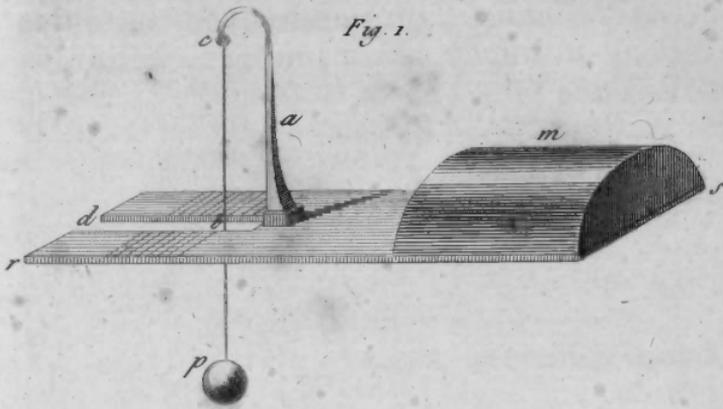
Je me propose de revenir sur cet objet dans un second Mémoire, où je ferai connaître des instrumens du même genre propres à conduire à des résultats plus exacts.

INSTRUMENS DES FORGERONS.



Gravé par N.L. Rousseau.

INSTRUMENS DES FORGERONS.



Gravé par N. L. Rousseau.

---

SUR LES EAUX THERMALES  
DE DAX.

(Extrait du *Bull. Polymathique.*)

UNE infinité de sources thermales sourdent à Dax de divers endroits, avec une abondance plus ou moins grande. On en rencontre presque partout, dans quelque lieu que l'on creuse de quatre à dix mètres de profondeur. On voit l'eau sourde dans tous les fossés qui entourent la ville; elles se montrent à tous les pas sur les bords de l'Adour (sur la rive gauche seulement). On les voit sourdre du milieu même de son lit, et les eaux de cette rivière en sont sensiblement échauffées dans les endroits où elles sourdent.

Cette foule innombrable de sources chaudes ou froides, est cependant circonscrite, d'une part, par les fossés même de ville, sur une étendue d'environ huit cent mètres de l'Est à l'Ouest, c'est-à-dire, depuis les sources de Saint-Pierre jusqu'à celles des Baignots, où elles cessent tout-à-coup, pour ne plus reparaître qu'aux pieds des roches escarpées de Tercis, où on rencontre plusieurs sources d'une eau froide, ou légèrement tempérée et délicieuse.

Les plus marquantes de toutes ces sources, celles par conséquent sur lesquelles nous nous arrêterons plus particulièrement, sont : 1°. la fontaine chaude ; 2°. la source des fossés ; 3°. les sources des Baignots ; 4°. les sources adouriennes.

Les différences qu'on observe dans la température, viennent moins de leur éloignement du foyer calorifique, que de leur mélange avec les eaux froides qu'elles rencontrent à la surface de la terre.

Lorsque nous disons que les sources d'eaux thermales sont circonscrites dans un espace de quelques centaines de mètres carrés, on imagine bien, sans doute, que nous n'entendons pas y comprendre celles de Préchac, Saubusse et Tercis, qui en sont peu distantes, il est vrai, mais qui ne doivent pas être comprises sous la dénomination générale d'*eaux thermales tarbelliennes*.

#### *De la fontaine chaude.*

La fontaine chaude, connue, dans le 13<sup>e</sup>. siècle, sous le nom de *fontaine de la Néhe*, fixe l'esprit de l'observateur d'une manière plus particulière que les autres, soit par l'abondance de l'eau qu'elle fournit (1), soit par sa grande chaleur (2), soit enfin par une plante

(1) Trente-huit pieds cubes par minute.

(2) Elle varie de 49 à 55 degrés (échelle de Réaumur), suivant les distances de l'œil de la source. En l'an 5 nous

(*tremella*

(*Tremella thermalis*), qui y croît avec une abondance peu commune.

Cette fontaine est située dans l'intérieur de la ville, et à cent pas de la rivière où elle va se dégorger par un aquéduc fait exprès. L'eau est retenue dans un bassin de forme irrégulière (à peu près carré), de treize cent seize mètres carrés environ. On le remplit et vide à volonté ; et l'intérieur, dont le pourtour est cimenté, est construit de manière à pouvoir approcher d'assez près de l'œil de la source. Cet œil forme un cône renversé, à ouverture très-large, où il y a toujours de huit à neuf mètres d'eau, ni plus ni moins (1).

Cette eau est constamment limpide, à moins que quelque crue extraordinaire des eaux ne vienne la troubler par leur mélange. Son abondance est la même dans les plus grandes sécheresses, comme après les pluies les plus long-

---

trouvâmes 60 degrés ; mais des nouvelles observations nous ont prouvé qu'il devait y avoir un vice de graduation dans le thermomètre dont nous fîmes usage à cette époque.

(1) On avait cru pendant long-tems, et beaucoup de personnes croient encore, qu'on ne peut trouver le fond de cette fontaine ; mais M. de Secondat se convainquit, dans son tems, que cette profondeur n'excédait pas vingt-cinq pieds. (Voyez les détails de cette opération dans un petit traité qui a pour titre : *Essai de physique, etc. etc.*) Nous nous sommes convaincus depuis, que cette profondeur n'avait pas varié, malgré les débris qu'on y jette, et dont il est impossible de la débarrasser entièrement d'abord, mais cependant que le courant doit entraîner.

tems continuées. On la voit soursdre par une infinité d'endroits, et mener avec elle une quantité plus ou moins grande de gaz aqueux.

Les bulles de gaz qui crevent à la surface de l'eau, jointes aux vapeurs épaisses et continues qui s'en élèvent particulièrement le matin et le soir, sur-tout par un tems froid et humide, donnent à ce bassin l'aspect d'une vaste chaudière d'eau en ébullition. Ces vapeurs sont si abondantes, qu'elles forment, dans quelques circonstances, un brouillard très-épais, qui se répand dans toutes les rues environnantes.

Cette eau n'a aucun mauvais goût, ni aucune saveur marquée. Elle exhale une odeur faible et difficile à comparer. Cette odeur se dissipe insensiblement à mesure que l'eau se refroidit. Néanmoins elle n'est pas agréable à boire, ce qui peut venir de ce qu'elle ne contient pas la quantité d'air qui doit nécessairement être combiné avec l'eau, pour qu'elle ait les qualités de la bonne eau potable. Le savon ne s'y dissout que très-imparfaitement.

Les boulangers s'en servent pour la fabrication du pain, et les autres particuliers l'emploient à tous les usages domestiques.

Les savonneuses y blanchissent le linge, prétendant trouver, dans sa chaleur, une très-grande facilité pour le dégrasser; et leur opinion n'est pas absolument dénuée de fondement, puisque le calorique est le dissolvant par excellence, mais aussi elles consomment,

en pure perte, une très-grande quantité de savon.

Aux approches du bassin, il paraît se développer une odeur légèrement hépatique, qu'on soupçonne provenir de l'eau thermale. Cependant les réactifs, capables d'y déceler le gaz hydrogène sulfuré, n'en ont point annoncé l'existence. C'est pourquoi on doit nécessairement en chercher la cause dans la décomposition de la plante dont nous avons parlé, et dans la combinaison des vapeurs de l'eau avec celle des matières animales que les bouchers ont coutume de jeter dans un petit bassin qui est contigu au grand, et dans lesquels on lave les intestins des animaux.

Cette eau ne dépose aucun sédiment particulier, ni dans son trajet, ni sur les parois intérieures du bassin.

Dans la rigole qui sert de déversoir, on trouve non-seulement le *Tremella thermalis*, mais encore le *Conferva tremelloïde* (variété *Gamma*, de Rath), et la végétation de ses bords y est très-vigoureuse; c'est à un point tel, que le *facies* des plantes en est presque changé, tant elles sont luxariantes.

Enfin, avant de terminer ce que nous avons à dire de cette fontaine, nous ferons remarquer que l'on a fait, depuis très-peu de tems, construire, dans une maison attenante, des bains de propreté, où l'on peut aller se baigner à toutes les heures du jour.

*Analyse de l'eau de la fontaine chaude par les réactifs.*

Diverses expériences, faites avec soin, nous ayant convaincus que l'eau de toutes les sources tarbéliennes est la même, à la température près, que celle de la fontaine chaude, nous ne nous sommes spécialement occupés que de celle-ci.

Nous convenons, avec quelques auteurs, que les réactifs sont insuffisans pour l'analyse rigoureuse des eaux, et peuvent induire en erreur ceux qui s'arrêteraient à leur usage seul, à moins qu'on ne les employât en très-grande quantité, comme l'a proposé et pratiqué M. Fourcroy dans son analyse de l'eau d'Enghien; mais comme nous n'avons cherché qu'à connaître les corps tenus en dissolution dans ces eaux, afin de déterminer la marche que nous devons suivre dans le travail analytique, nous avons recouru aux effets des réactifs pour nous fournir ces instructions préliminaires. En conséquence, nous avons fait sur l'eau dont il est question, et à l'instant même qu'elle sortait de l'œil de la source, les expériences suivantes: avant tout, nous ne devons pas oublier de faire remarquer que l'aréomètre s'est tenu sensiblement à zéro, cette eau étant seulement un peu plus dense que l'eau distillée.

1°. La teinture de tournesol et celle de fleurs

de violettes n'ont point été altérées: donc elle ne contient ni acide ni alkali à nu.

2°. Les alkalis purs et à l'état de carbonate ont déterminé, dans cette eau, un précipité assez abondant, qui indique la présence d'une ou de plusieurs terres.

3°. L'eau de chaux y forme un nuage léger, qui pourrait être dû à de la magnésie ou à de l'alumine, tenues en dissolution par les acides sulfuriques ou muriatiques, ou même par l'acide carbonique, ou encore à la chaux dissoute par l'excès de ce dernier acide, malgré la température de ces eaux: ce fait n'est pas sans exemple.

4°. Le muriate de baryte y produit un précipité blanc qui se dépose sur-le-champ, le nitrate de mercure un précipité jaune; l'un et l'autre de ces réactifs y indiquent l'acide sulfurique, qui a régénéré, avec le premier, le *spath pesant*, et formé, avec le second, le *turbith minéral*.

5°. Le nitrate d'argent donne naissance à un précipité floconneux, qui a été bien reconnu pour de la lune cornée.

6°. L'oxalate d'ammoniaqué y a démontré la présence de la chaux, par le précipité blanc insoluble qu'il a formé.

7°. L'ammoniaque, introduit dans l'eau sous forme gazeuse, y a occasionné promptement un nuage blanc, qui doit être attribué à la présence de la magnésie.

8°. Les réactifs propres à démontrer le fer, s'il eût été contenu dans ces eaux, ont été employés sans fruit, notamment le gallate de potasse que notre ami commun, M. Lartigue, pharmacien de Bordeaux, nous a indiqué comme le réactif qui découvrirait le plus petit atome de fer, même lorsque les prussiates ou la teinture gallique étaient insuffisants.

9°. Ceux capables d'y déceler le sulfure hydrogéné ou le gaz hydrogène sulfuré, comme l'acide nitreux rutilant, l'acide muriatique oxygéné et l'acétate de plomb, n'en ont point annoncé l'existence.

Les réactifs, dont nous venons de rapporter les effets, indiquent, dans les eaux thermales de Dax, l'existence au moins des acides sulfuriques, muriatiques, et peut-être de l'acide carbonique, de la magnésie et de la chaux dans un état de combinaison. L'analyse, par l'évaporation, qui est celle qui convient à leur nature, va nous servir de preuve, et nous démontrer dans quel ordre et dans quelle quantité ces principes y sont contenus (1).

(1) M. Meyrac avait borné là ses expériences dans son premier travail, mais M. Sennebier, de Genève, ayant obtenu, en analysant une eau thermale, les mêmes produits que lui dans celle-ci, et ayant remarqué les mêmes caractères, sans avoir pu découvrir le soufre, le fit avertir, par l'intermédiaire du docteur Copelle, de Bordeaux, à faire les expériences suivantes.

1°. Une pièce d'argent polie, placée sous l'eau à l'endroit d'où elle sourd, et retirée au bout de 48 heures, faisait res-

*Analyse de la même eau par l'évaporation.*

1°. Cinquante livres d'eau thermale de la fontaine chaude, évaporées avec le ménage-ment et les précautions nécessaires, ont donné un résidu qui, bien sec, pesait six gros et dix grains. Cette opération n'a présenté aucun phénomène particulier: le résidu exposé à l'air attiroit promptement l'humidité.

2°. Trois gros cinq grains, ou la moitié de ce résidu, mis dans une petite capsule de verre avec trois onces d'alcool rectifié, y ont été laissés pendant six heures; ayant eu soin de remuer de tems en tems, la liqueur a été décantée, et ce qui restait au fond ayant été

---

marquer sur la plaque qui reposait sur la plante, dont le fond du bassin est tapissé, plusieurs taches d'un brun-rougeâtre, bordées d'un cordon bleu; l'autre face n'avait subi aucune altération. La même expérience, répétée plusieurs fois et à différentes époques, a donné les mêmes résultats.

2°. La pièce d'argent trouée a été attachée avec une ficelle, et suspendue, au moyen d'un morceau de liège, à l'œil de la source et à une partie de sa circonférence; retirée au bout de 48 heures, la blancheur n'était plus la même; elle était un peu noircie des deux côtés; du reste, point de taches.

3°. L'état métallique de la pièce rétabli, et la pièce plongée dans le bassin hors de l'œil de la source, pendant 48 heures, en a été retirée sans autre altération, que quelques petites taches du côté qui avait reposé sur la plante.

4°. La même pièce ayant séjourné dans l'eau thermale, depuis le moment où elle avait été puisée jusqu'au moment du refroidissement parfait, n'a présenté aucune altération.

lavé avec du nouvel alcool, la partie insoluble dans ce dernier a été desséchée à une douce chaleur; elle ne pesait que deux gros vingt grains.

3°. J'ai répété, sur les deux gros vingt grains avec de l'eau distillée à froid, la même opération que le résidu avait subi dans l'alcool: il y a perdu soixante-onze grains; donc il ne restait plus qu'un gros vingt-un grains de résidu.

4°. Environ quatre onces de vinaigre distillé, versées sur ce gros vingt-un grains de résidu, y ont produit une effervescence sensible; ils lui ont enlevé treize grains; reste un gros huit grains.

5°. Le gros huit grains de résidu a été traité avec deux livres d'eau distillée, dans laquelle il a bouilli pendant un quart-d'heure; il y a perdu trente-six grains: la substance insoluble, après avoir été séchée, ne pesait donc que quarante-quatre grains.

Cette partie, qui a résisté à l'action des différens menstrues employés, est d'un gris-blanc, rude au toucher, un peu croquante sous la dent, ne se vitrifiant point avec le carbonate de soude, et donnant, traitée au creuset avec le flux noir, une matière qui, en attirant l'humidité de l'air, répandait une odeur hépatique. Elle a été reconnue pour du sulfate de chaux, qui, à des atomes près, se dissout en totalité à chaud, dans l'eau distillée, lorsque celle-ci est employée en assez grande quantité.

L'alcool qui a servi au premier lavage, a été

éaporé à une douce chaleur avec les portions qui avaient été passées sur ce qui restait au fond de la capsule, et a donné pour résultat une masse saline, qui, abandonnée à elle-même pendant quelques heures, s'est liquéfiée en grande partie: on y voyait néanmoins des petits cristaux cubiques, qui, au moyen d'un lavage par de l'alcool bien déflegmé, ont été séparés. Le sel, parfaitement sec, pesait 15 grains; il était très-blanc, régulièrement cristallisé en cubes; sa décrépitation sur les charbons ardents, et sa décomposition par l'acide sulfurique, ne laissent aucun doute que ce ne soit du muriate de soude.

L'alcool qui avait enlevé le sel déliquescent, a été également évaporé, et cette évaporation a fourni, pour résultat, une substance saline, qui n'affectait aucune forme régulière. L'acide sulfurique concentré, versé sur ce sel, en a dégagé de l'acide muriatique, sous forme de vapeurs blanches excitant la toux, en s'emparant de la base salifiable, avec laquelle il a formé un sel très-soluble, dont la magnésie seule fait la base.

L'eau distillée, qui a servi à la troisième opération, a été également évaporée, et a donné du sulfate de soude très-pur, dont les cristaux étaient très-réguliers.

Le vinaigre distillé de la quatrième expérience a de même été évaporé dans une capsule de verre; il y a laissé un sel déliquescent, qui a facilement été reconnu pour être de l'acétate de magnésie.

Enfin, l'eau distillée dans laquelle avait bouilli le résidu de l'opération no. 5, a été aussi évaporée avec soin, et a laissé un dépôt qui n'était que du sulfate de chaux.

### Récapitulation.

D'après les expériences ci-dessus, il résulte que cinquante livres d'eau thermale de la fontaine chaude ont fourni, savoir :

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Muriate de soude. . . . .        | 30 grains.        |
| Muriate de magnésie sec. . . . . | 1 gros 18         |
| Sulfate de soude. . . . .        | 1 70              |
| Carbonate de magnésie . . . . .  | 26                |
| Sulfate de chaux . . . . .       | 2 16              |
| Total. . . . .                   | 6 gros 16 grains. |

(La suite à l'un des Numéros prochains.)

## ESSAI

Sur la Géologie (1) du Nord de la France.

Par J. J. OMALIUS-D'HALLOY.

### INTRODUCTION.

Nous ne sommes pas encore loin de l'époque où la minéralogie ne consistait qu'en quelques notions économiques sur l'exploitation et les usages des minéraux utiles : elle était peu faite, dans cet état, pour attirer l'attention du génie français, et l'art des mines fit des progrès plus rapides chez l'étranger, dont nous restâmes long-tems tributaires pour un grand nombre de préparations métallurgiques. Mais les belles découvertes du siècle dernier ayant absolument changé la face des sciences physiques, nous vîmes s'élever, au milieu de nous, des minéralogistes dont les travaux seront toujours célèbres dans les fastes de la science, et qui donnèrent aux Français le goût d'une étude

(1) Je n'entends par le mot de *géologie*, que cette branche de l'histoire naturelle des minéraux, que les auteurs allemands appellent *géognosie*. J'ai préféré la première de ces dénominations, parce qu'elle a été la plus généralement employée en France.

qu'ils avaient d'abord négligée. Aussi, pendant que la victoire réunissait à notre territoire des contrées riches en minéraux, d'habiles observateurs prouvaient, par une fôte de découvertes, que le sol de l'ancienne France recelait une multitude de substances dont on n'y avait pas soupçonné l'existence.

Utilité des descriptions géologiques.

Quelques nombreuses qu'aient été ces découvertes, nous pouvons nous flatter qu'il en reste encore beaucoup à faire; et on sait que les descriptions géologiques qui donnent le détail des diverses masses de terrains, sont d'un très-grand secours pour les recherches de ce genre.

Sous ce rapport, le Nord de la France actuelle est peut-être une des parties de l'Europe qu'on connaisse le moins, ce qui me fait hasarder la publication de cet Essai, dans l'espérance qu'il pourra engager des personnes plus instruites à parcourir des provinces dignes d'exciter la curiosité des minéralogistes. Je verrai avec plaisir relever les erreurs que j'ai pu commettre, et ajouter de nouvelles observations à une description que je suis loin de regarder comme complète. Je regrette principalement de ne pouvoir traiter des nombreux fossiles que recèlent une partie des couches minérales de ce pays : les résultats géologiques qu'un savant célèbre a su tirer dans ces derniers tems, de ses immenses connaissances en zoologie, prouvent qu'actuellement aucune branche de l'histoire naturelle ne peut marcher seule, et que l'étude du globe terrestre, entre autre, a les plus grands rapports avec celle des êtres organisés.

Celle-ci n'est qu'un essai.

Au reste, mon but n'est que de donner une idée des différens terrains qui constituent les parties septentrionales de la France, et j'espère qu'on voudra bien se rappeler que je n'entreprends ni une statistique minéralogique, ni une description générale des produits économiques de ces contrées; c'est dans les Mémoires qu'ont déjà publié ou que publieront encore MM. les Ingénieurs des Mines, qu'on trouvera des détails satisfaisans à cet égard.

Je me servirai de la nomenclature établie par M. Haüy. Mais comme ce savant, spécialement appliqué à la minéralogie proprement dite, s'est peu occupé de la partie géologique, je serai obligé, en parlant de nos différentes roches, de citer quelques modifications qui ne sont point indiquées dans sa méthode. En conséquence, il convient, pour plus de clarté et pour éviter les répétitions, d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

La nomenclature de M. Haüy peut servir en géologie.

Je dois observer auparavant, qu'il me paraît qu'une méthode géologique n'a pas besoin d'un langage différent de celui consacré par le célèbre auteur de la *Théorie des Cristaux*. Je ne vois pas la nécessité que la nomenclature exprime toujours la position et pour ainsi dire l'âge de chaque roche. A la vérité, si toutes les parties du globe avaient éprouvé les mêmes révolutions, si toutes étaient formées des mêmes couches, aussi régulièrement que les cercles concentriques d'un arbre dicotylédon; enfin si les substances anciennes ne ressemblaient jamais aux nouvelles, alors ce genre de nomenclature serait le comble de la perfection. Mais il s'en faut de beaucoup que les choses

soient ainsi ; on sait que les divers bassins ont éprouvé des catastrophes variées, qui ont donné naissance dans un pays à des couches dont les analogues ne se retrouvent pas dans le bassin voisin. On sait également que des minéraux formés à des époques et sous des conditions différentes, ont quelquefois tant de ressemblance, qu'il est impossible de les distinguer. Et pourquoi voudrait-on mettre le géologue hors d'état de désigner un échantillon dès qu'il ne connaîtra pas le lieu, et pour ainsi dire la profondeur où il se trouvait ? n'est-il pas plus simple qu'il puisse, ainsi que le minéralogiste, nommer une roche dès qu'il aura reconnu sa composition ? C'est ensuite aux descriptions particulières à nous expliquer les systèmes de formation des différens bassins, et à nous apprendre, par exemple, que dans les environs de Paris (1) la substance la plus ancienne est la craie, sur laquelle se pose un premier étage de calcaire siliceux et de calcaire coquiller, etc.

Il est un moyen qui me semble rendre la méthode minéralogique de M. Haüy, applicable au but que je propose, c'est simplement d'y ajouter, comme espèces, ou plutôt comme modifications géologiques, quelques roches particulières, que leur nature douteuse ne permet pas encore de réunir à une espèce minéralogique ; car on doit convenir que la plupart des roches ne sont que des variétés ou des mélanges

Mais il faut y ajouter quelques modifications géologiques.

(1) *Géographie minéralogique des environs de Paris*, par MM. Cuvier et Brongniart. (Voyez le *Journal des Mines*, n°. 138).

de ces mêmes espèces. Il est heureux, pour la géologie, de pouvoir aussi participer à cette belle application de la géométrie à l'étude des minéraux. Combien de fois les caractères extérieurs ne nous mettraient-ils pas dans le cas de séparer des roches dont l'identité est annoncée par quelques lames cristallines qui se trouvent dispersées dans la masse ?

L'introduction de trois de ces espèces géologiques et de quelques variétés dans l'espèce du quartz, me permettront, j'espère, de parler de toutes les roches des pays que j'essaie de décrire ; je vais les passer successivement en revue.

Les *grès* et les *brèches quartzzeuses*, considérés dans leur état de pureté, constituent des masses de quartz douées d'une texture particulière. Il me semble qu'en faisant abstraction des circonstances géologiques de leur formation, on doit les regarder comme de simples variétés que peut affecter cette espèce de roche. On sait que le grès est formé de petits grains agglutinés, et que lorsque ces grains deviennent en tout ou en partie d'une certaine grosseur, leur réunion s'appelle *brèche*. J'étends, d'après M. Haüy, ce dernier nom aux agrégats composés de grains arrondis ou *poudings*, aussi bien qu'à ceux qui ne renferment que des fragmens anguleux. Il y a dans les substances dont j'aurai occasion de parler, des mélanges si intimes de ces deux modifications, qu'il serait impossible de tracer une séparation naturelle entre le *pouding* à parties arrondies et la *brèche* à fragmens anguleux ; distinction qui serait bien inutile, puisqu'ils se trouvent l'un et l'autre dans les mêmes formations, et absolument dans

Variétés géologiques du quartz.

Grès et brèches.

Identité des brèches et poudings.

les mêmes gisemens. Les brèches sont ordinairement composées de quartz-agate : j'en ferai cependant connaître de quartz hyalin pur.

Il y a des  
*Grauwackes*  
qui sont des  
grès.

J'ai cru pouvoir comprendre parmi les sous-variétés du grès des roches de nos départemens septentrionaux, qui réunissent tous les caractères des *grauwackes* des minéralogistes allemands. J'ai cherché à me rendre raison de leurs différences avec le véritable grès ou sandstein : il m'a paru qu'elles se réduisaient à deux principales : 1<sup>o</sup>. l'époque de formation : les *grauwackes* en général, et celles-ci en particulier, appartenans aux terrains de transition, tandis que le grès des auteurs allemands n'existe que dans les terrains secondaires : 2<sup>o</sup>. la nature moins pure des *grauwackes*. Sur quoi j'observerai qu'il y a dans ce même terrain de transition, ainsi qu'on le verra ci-dessous, des roches formées de grains de quartz blanc agglutinés ensemble, c'est-à-dire, des grès aussi purs qu'il soit possible de s'en représenter. Mais ces roches alternant avec des schistes, conservent rarement cette pureté, et sont ordinairement souillées d'argiles et autres matières, état dans lequel elles me paraissent constituer de véritables *grauwackes*, substance qui, dans ce cas, n'est à mes yeux qu'un passage entre les grès purs et les schistes. Or je ne crois pas qu'il soit nécessaire d'avoir des noms spécifiques pour saisir tous les passages ou nuances ; car tandis qu'il y a, dit M. Haüy, une barrière insurmontable entre les espèces considérées dans leur état de perfection, c'est-à-dire, lorsqu'elles jouissent de formes cristallines, les passages sont libres entre les roches, et à la

la rigueur, il peut exister dans la nature autant de nuances de roches qu'il y a de combinaisons possibles entre les espèces minéralogiques. On pourrait au reste indiquer ces divers mélanges par les épithètes de *grès micacés*, *grès argileux*, *grès calcarifère*, etc.

Le quartz commun (*gemeiner-quartz*) des auteurs allemands, est appelé par M. Haüy, *quartz-hyalin amorphe*. Cette dénomination très-bonne, quand il n'est question que de donner un caractère d'opposition aux formes cristallines, ne peut pas figurer dans une description géologique qui s'occupe spécialement des masses non cristallisées, et qui tire ses principaux caractères des variétés de tissu. Il me semble qu'on pourrait la remplacer, pour une partie de ces quartz, par celle de *compacte*, comme on l'a déjà fait dans la chaux carbonatée ; mais tous les *quartz amorphes* ne sont point véritablement compactes ; M. de Saussure a notamment observé dans les plaines de la Crau (1), une substance qui semble, dit-il, *limitrophe entre les grès durs et les quartz proprement dits*. Il la considère comme un *quartz grenu*. Cette variété, qui tient à peu près le même rang entre le quartz compacte et le grès, que la craie entre la chaux carbonatée compacte et la chaux carbonatée grossière, est très-commune dans les terrains qui font le sujet de ce Mémoire, et mérite d'être distinguée des autres masses quartzzeuses. Le nom admis par Saussure peut difficilement s'accorder avec le principe que je viens de poser ; car dès qu'on range

Quartz  
compacte.

Quartz  
grenu.

(1) *Voyage dans les Alpes*, §. 1550 et 1594.

le grès parmi les variétés de quartz, on ne devrait plus donner, à une modification différente, l'épithète de *grenu*, qui convient par excellence au grès. Cependant, comme les distinctions qu'on établit en histoire naturelle ont souvent un sens relatif plutôt qu'absolu, j'emploierai ce nom de *quartz grenu*, pour éviter de former un mot nouveau, et en prévenant préalablement, que je désigne par cette dénomination, un quartz dont le tissu grenu, par rapport à la variété compacte, présente des grains moins sensibles et essentiellement plus petits que ceux du grès. Du reste, cette variété a une singulière tendance à se confondre avec le quartz compacte et le grès; elle alterne et se mêle aussi avec les schistes: alors elle est ordinairement souillée par des matières étrangères qui lui donnent un aspect terne, une cassure matte, une opacité parfaite. Je donnerai dans la suite des détails sur son gisement et ses variations; je ne crois pas qu'elle ait été distinguée par l'école allemande du *quartz commun en masse*.

Quartz  
feuilleté.

Une autre modification qu'affectent encore nos roches quartzieuses, c'est le tissu *feuilleté* ou *schisteux* qui se rapporte, selon les qualités de la pâte, aux substances appelées dans la géognosie allemande, *quartz-schiefer*, *sandstein-schiefer*, *kiesel-schiefer*, et même à quelques *grauwacken-schiefer*.

Résumé  
sur le  
quartz.

Par suite de ces observations, voici quelles sont les dénominations que je donnerai aux diverses *variétés de tissu* ou de *formes indéterminables* de l'espèce du quartz dont j'aurai occasion de parler.

- 1°. Quartz laminaire.
- 2°. ——— feuilleté.
- 3°. ——— compacte.
- 4°. ——— grenu.
- 5°. ——— grès.
- 6°. ——— brèche.
- 7°. ——— roulé.
- 8°. ——— arénacé (sable).
- 9°. ——— concrétionné.

On voit par cette énumération, que je n'ai fait, à peu près, qu'appliquer à cette espèce les mêmes principes qui ont servi à établir les variétés de la chaux carbonatée, dans l'ouvrage de M. Haüy; car outre le rapprochement que j'ai déjà indiqué pour quelques variétés, on sait qu'il y a des auteurs qui ont comparé les chaux carbonatées saccharoïde et grossière à des grès calcaires.

La *cornéenne* est une de ces substances douteuses dont je parlais ci-dessus, et qui mérite d'être considérée provisoirement comme une espèce géologique. Je désignerai par ce nom, toutes les roches ainsi nommées dans l'appendice du *Traité* de M. Haüy. Ce qui comprend, comme on sait, les trapps des minéralogistes suédois, les amygdaloïdes et les porphyres dont la pâte n'est point feldspathique (*petrosilex* et *klingsstein*) ou argileuse.

La cornéenne.

Mais il y a une autre substance de la géognosie allemande qui demande quelques observations. On sait qu'on appelle *grunstein* une roche formée d'amphibole et de feldspath: souvent ces deux substances sont en parties séparées, et alors nulle difficulté de les reconnaître

Le grunstein homogène paraît être une cornéenne.

dans la minéralogie française, comme formant une roche amphibolique avec le feldspath. Mais quelquefois ces élémens se mêlent si intimement, qu'on ne peut plus les distinguer, et qu'alors on n'aperçoit qu'une roche homogène.

Il paraît (1) que l'école allemande, quittant en ce moment sa précision ordinaire pour indiquer les différens états des roches, continue d'appeler celle-ci du même nom que quand les élémens étaient distincts. Je sens bien qu'aidé des circonstances du gisement, on peut suivre le passage du *grunstein*, formé de cristaux séparés, à celui d'un tissu homogène, et que dans ce cas on peut se représenter, par la pensée, que cette roche est effectivement due à un mélange. Mais supposons-nous pour un instant privé de cette connaissance, quel moyen aurons-nous pour reconnaître le mélange intime de deux espèces minéralogiques? Je sais aussi que j'ai avancé tout-à-l'heure qu'on ne doit pas saisir toutes les nuances. Mais dans le cas présent, puisque nous avons déjà admis une espèce géologique, qui paraît n'être elle-même qu'un mélange d'amphibole et d'autres matières, et que nous trouvons dans ce *grunstein* homogène tous les caractères minéralogiques de la cornéenne, n'est-il pas plus simple de l'associer à cette roche?

Le schiste  
et l'argile.

On aurait pu, ainsi que l'a fait M. Haüy, réunir le schiste avec l'argile. Plusieurs raisons

(1) Je dis *il paraît*, car j'ai vu des minéralogistes formés à cette école, qui cessaient d'appeler *grunstein* le mélange de l'amphibole et du feldspath, dès que les élémens cessaient d'être visibles.

m'ont engagé à les considérer séparément. D'abord, comme il n'est question que d'espèces ou modifications géologiques pour l'établissement desquelles on n'a pas encore de règles bien fixes, il n'y a pas grand inconvénient à les conserver toutes deux. Ensuite je rapporterai dans le cours de cet Essai, quelques observations qui pourraient faire naître l'idée, qu'une partie de nos schistes se réuniront, peut-être, à une espèce minéralogique différente de l'argile.

Les schistes de nos provinces septentrionales présentent deux grandes divisions qui s'accordent très-bien avec deux des variétés établies dans l'ouvrage de M. Brongniart, l'une est le schiste *ardoise*, l'autre le schiste *argileux*: cette dernière dénomination a le défaut d'attribuer à ce nom une signification différente de celle que lui assigne l'école allemande; j'en ferai cependant usage, et je prévien en conséquence que par le mot de schiste argileux, je serai loin d'indiquer les *thonschiefer* des Allemands, qui comprennent nos ardoises; mais que je parlerai simplement de la variété à laquelle M. Brongniart a donné ce nom, et dont je ferai connaître les caractères en traitant des terrains où elle se trouve. Je range parmi les schistes les *ampélites* du même auteur, dont les deux variétés existent dans nos départemens: il en est une qui se rapproche du schiste argileux, l'autre de l'ardoise.

Il convient en outre, qu'avant de passer aux descriptions particulières, je fasse connaître les divisions géologiques que j'emploierai.

On sait que les divers terrains qui constituent le globe, n'ont point été formés d'un seul jet,

Schistes ardoise et argileux de M. Brongniart.

Des divisions géologiques.

mais que leur origine se rattache à des époques et à des circonstances différentes, d'où sont venues les divisions en terrains primitifs, secondaires, tertiaires, etc.

Les terrains du Nord de la France paraissent se diviser en deux grandes formations, ceux en couches inclinées, et ceux en couches horizontales.

Lorsqu'on a parcouru le Nord de la France, on peut y distinguer d'abord deux grandes époques de formations générales, qui ont donné naissance à deux ordres de terrains qui diffèrent entre eux par plusieurs caractères, dont un des plus remarquables est que d'un côté les couches sont toujours *horizontales*, et que de l'autre, leur position ordinairement *inclinée*, varie depuis le plan vertical jusqu'au plan horizontal; mais ceci demande une petite digression.

M. de Saussure a dit (1) que les couches des montagnes secondaires sont d'autant plus irrégulières, qu'elles s'approchent davantage des primitives. J'exprime ce principe de la manière suivante : *Dans un même bassin les terrains en couches inclinées sont toujours plus anciens que ceux en couches horizontales.* Quand cette proposition ne serait pas, pour ainsi dire, la traduction d'un principe posé par l'un de nos plus célèbres géologues, par le savant qui peut-être a le plus observé la nature, il me paraît que la théorie, loin de pouvoir la réfuter, conduirait seule à l'établir; car, quoique nous ne connaissions pas les causes de l'inclinaison, nous convenons tous qu'elles doivent leur origine à un ordre de chose qui n'existe plus; aussi tous les auteurs qui ont entrepris d'expliquer ce phénomène, ont été forcés de

Les premiers sont les plus anciens.

(1) *Voyage dans les Alpes*, §. 287.

supposer l'existence de différens effets qui ne se renouvellent plus. Or, quelqu'aient été les causes de ces effets, on ne peut disconvenir qu'il est arrivé une époque où elles ont cessé d'agir, et c'est alors qu'ont été formées les couches horizontales. On pourrait objecter que les causes d'inclinaison se reproduisaient dans un même bassin à différentes époques, et qu'il pouvait se former alternativement des couches inclinées et des couches horizontales, mais ce serait une hypothèse gratuite qui n'est encore fondée, de ma connaissance, sur aucune observation suffisante, et qui me semble même très-difficile à admettre en théorie.

A la vérité, ce principe ne doit s'entendre que d'une manière générale; car, ainsi que je l'ai observé, la variété d'inclinaison étant une des propriétés des couches inclinées, elles ont quelquefois une position semblable à celle des couches essentiellement horizontales. Il arrive aussi que ces dernières ont subi l'effet de quelques causes accidentelles et locales qui les ont fortement inclinées; mais ces espèces d'anomalies occupent rarement une étendue considérable, et comme il y a d'autres caractères qui coïncident avec cette division, on peut presque toujours distinguer facilement ces deux grandes formations.

En général, la masse des terrains en couches inclinées de nos départemens septentrionaux, manifeste des indices d'une origine plus ancienne que celle des terrains horizontaux: une partie ne contient pas de corps organisés, la portion qui en renferme présente des végétaux et des animaux différens des genres actuels, et

Différences générales entre ces terrains.

transformés en matières pierreuses ou charbonneuses; les pierres y sont dures, les cristallisations fréquentes, les filons métalliques abondans, le pays est ordinairement montueux, déchiré par des vallées profondes, bordées d'escarpemens rapides et remplies de débris; tout y annonce les suites de catastrophes violentes.

Dans les couches horizontales, au contraire, les êtres organisés ont en général conservé leur nature; ils appartiennent à des espèces plus rapprochées de celles qui existent actuellement; les pierres sont tendres, les filons métalliques très-rare, le pays est plat ou orné de collines en pentes douces.

Mais outre ces caractères généraux, on reconnoît encore dans chacune de ces deux grandes divisions, divers systèmes de couches, jouissant de propriétés particulières qui indiquent des circonstances de formation très-différentes.

On peut d'abord distinguer dans les terrains en *couches inclinées*, ceux qui contiennent beaucoup de corps organisés, et ceux où il paraît qu'on n'en a pas encore trouvé: ces derniers sont en général composés de roches cornéennes, de quartz, d'ardoises, etc. Pour les étudier avec plus de facilité, je les diviserai en deux formations, je rangerai dans l'une les quartz et les ardoises, je placerai dans l'autre les diverses variétés de cornéennes, et je la désignerai par le nom de *formation trappéenne* qu'elle porte dans l'école allemande. On n'a pas de notions bien positives sur l'ancienneté comparative de ces deux formations, car la superposition de leurs couches est, pour ainsi dire, voilée par les effets de l'inclinaison que ces

Les terrains inclinés se subdivisent en ceux qui contiennent des corps organisés et ceux où il n'y en a pas.

Formation trappéenne.

couches paraissent devoir à des causes analogues, et les unes et les autres ne contiennent point de corps organisés. Mais quelques raisons d'analogie me portent à croire que le terrain trappéen est le plus ancien de nos départemens; d'abord je n'ai pas encore vu d'intermédiaire entre ces roches et celles qui renferment des êtres organisés; ce qui n'a pas lieu pour les ardoises: ensuite nos porphyres contiennent beaucoup de cristaux de feldspath, substance qui appartient ordinairement aux terrains très-anciens.

Pour que la série de ces formations soit en rapport avec la superposition apparente des couches, je conserverai à celles des trapps l'étendue qu'on lui donne dans la géognosie allemande; c'est-à-dire, que j'y comprendrai les *basaltes* du Nord de la France, qui paraissent placés en dessous des ardoises, en observant toutefois que je ne prétends pas, par cette disposition, décider qu'ils soient plutôt le produit de l'eau que celui du feu; mais que mon but est simplement d'indiquer leur différence avec les terrains dont l'origine ignée est incontestable, et qui dans ce pays se trouvent superposés aux autres couches régulières; de sorte que les naturalistes qui regardent la liquéfaction ignée de tous les basaltes comme démontrée, ne doivent voir, dans cette classification, qu'une division du terrain volcanique en deux formations, l'une placée entre les cornéennes et les ardoises, l'autre considérée comme postérieure à la déposition des couches environnantes.

J'appellerai le terrain formé de couches, Formation ardoisière.

On y annexera les basaltes sans rien en conclure sur leur origine.

souvent alternatives de schiste ardoise et de quartz, *formation ardoisère*, parce que l'ardoise est son produit économique le plus important et la substance la plus abondante. Ce terrain, qui occupe des chaînes continues, présente sur ses bords des liaisons avec les couches inclinées qui renferment des empreintes d'animaux et de végétaux.

Formation bituminifère.

Ces dernières couches constituent un terrain très-remarquable sous le rapport économique et minéralogique qui abonde en combustibles fossiles, en minerais métalliques, etc. Il est en général formé de couches alternatives, de chaux carbonatée bituminifère, de grès et de schistes argileux. Comme un de ses caractères particuliers est de présenter les mines de houilles les plus riches de la France, peut-être même de tout le continent européen, et que le calcaire y est toujours imprégné de bitume, j'ai cru pouvoir le désigner par le nom de *formation bituminifère*.

Tous ces terrains inclinés ont du rapport avec ceux de transition.

Quoique l'absence et la présence des corps organisés établissent une très-grande différence entre ces diverses formations, je suis porté à croire qu'elles se rapportent aux terrains des transition des auteurs allemands; de sorte qu'il n'y aurait pas de véritables terrains primitifs dans le Nord de la France. Je n'ai point osé établir cette division en première ligne, parce que je ne suis pas assez sûr de mes connaissances à cet égard, d'autant plus que ces terrains recèlent des houilles grasses qu'on a toujours regardées comme secondaires, et des cornéennes que certains auteurs ont considérées comme primitives.

On a vu, par le beau travail sur les environs de Paris (1), combien on pouvait distinguer de formations dans les terrains horizontaux. Le Nord de la France, qui en contient de plus anciens que la craie, présenterait probablement un plus grand nombre de circonstances différentes; mais n'étant pas à même d'opérer avec cette précision rigoureuse qui caractérise les recherches dont je viens de parler, je n'établirai que quatre formations générales dans nos couches horizontales.

La plus ancienne qui se rapproche jusqu'à un certain point des terrains inclinés, dont les couches jouissent quelquefois d'une inclinaison très-sensible, est formée de grès et de brèches rougeâtres que les Allemands appellent *Rothes Todtes liegendes*; je la nommerai également *formation du grès rouge*, cette couleur étant en général un caractère assez constant, mais cependant qui n'est point exclusif, puisqu'on voit souvent ces grès qui se lient au calcaire par l'intermédiaire des grès jaunâtres.

Quoique les couches horizontales de chaux carbonatée présentent un grand nombre d'époques et de formations qui sont très-sensibles, je les réunis sous le nom de *formation du calcaire horizontal*, me réservant d'indiquer dans la suite quelques-unes des principales différences.

Au-dessus du calcaire, il y a dans certains endroits des amas de sable et de grès qui

(1) *Description*, etc., par MM. Cuvier et Brongniart, *Journal des Mines*, n°. 138.

paraissent provenir d'un dépôt particulier, que je distinguerai par le nom de *formation du grès blanc*. Ces couches ne constituent jamais à elles seules une grande étendue de pays; elles sont seulement répandues par lambeaux ou par taches au-dessus des autres terrains, sur-tout du calcaire horizontal.

Terrain meuble.

Toutes ces formations sont en général recouvertes par des dépôts plus ou moins profonds de matières très-différentes, connues sous les noms de *sables, d'argiles, limon d'attérissement, terre végétale*, etc. parmi lesquels on pourrait probablement distinguer des traces d'origines très-différentes, telles que des terrains marins, des terrains d'eau douce, des alluvions, des terres produites par la destruction locale des couches inférieures, etc. Je les réunis toutes en un seul groupe qu'il est impossible de bien caractériser, à cause des grandes variations que présentent ces amas; mais comme une de leurs propriétés les plus générales est de différer des couches régulières par le défaut d'adhérence des parties, j'ai cru pouvoir les nommer *formation du terrain meuble*, dénomination qui est cependant très-imparfaite, puisqu'il existe de ces matières agglutinées en forme de grès. Au reste, les sables de cette formation se distinguent de ceux qui accompagnent le grès blanc par plusieurs caractères, dont un des plus remarquables est la présence des cailloux roulés qui ne se trouvent pas dans les grès blancs.

Terrain volcanique.

Outre les basaltes que j'ai annexés à la formation trappéenne, le Nord de la France présente, comme je l'ai déjà indiqué, des *terrains*

dont l'origine *volcanique* est évidente, et qui diffèrent des basaltes en ce qu'ils sont toujours posés sur les couches environnantes, tandis que les basaltes sont recouverts par les ardoises: ce terrain constituera une dernière *formation* que je place à la suite des autres sans vouloir prétendre que ces volcans aient agi après les révolutions qui ont donné naissance au terrain meuble.

J'avais eu envie de décrire chacune de ces formations à la suite les unes des autres, en les examinant successivement dans les différens lieux où elles se trouvent; mais cette manière obligeait de passer à chaque instant dans des contrées fort éloignées, et forçait de revenir plusieurs fois dans un même pays, ce qui eût entraîné des répétitions fastidieuses et n'eût point offert le tableau de la constitution géologique de chaque bassin. Une description par département nécessitait encore plus de répétitions et rendait plus difficile la connaissance des arrondissemens géologiques. J'ai cru, d'après ces motifs, que le parti le plus avantageux était de diviser le territoire que j'entreprends de faire connaître, en *régions* ou *cantons géologiques*, pour l'établissement desquels je combinerai la nature et l'aspect du terrain avec les positions géographiques.

Motifs qui ont porté à diviser le territoire en régions géologiques.

Les dénominations qu'il convenait de donner à ces régions, ne laissaient pas de présenter certaines difficultés: je ne pouvais les désigner par la nature du terrain et les noms de départemens, puisqu'une même formation se retrouve dans des parties très-éloignées les unes des autres, et que les départemens sont quelquefois

Difficulté de nommer ces régions.

traversés par plusieurs de ces divisions naturelles : une simple série numérique n'eût point assez facilité la mémoire ; j'ai pensé que je pouvais employer, soit les noms vulgaires par lesquels les habitans distinguent déjà des pays caractérisés par un aspect ou des productions particulières, soit les noms des anciennes provinces qui pourraient se trouver comprises dans l'étendue de ces régions, et qui ayant perdu leur démarcation administrative, ne présentait pas une idée aussi exacte à cet égard que les départemens actuels.

Je vais faire connaître, d'une manière sommaire, les diverses divisions de ce genre que j'établirai dans le Nord de la France.

La portion de notre territoire, embrassée par les bassins géologiques, qui feront le sujet de cette description, peut être bornée au Sud par une ligne qui couperait obliquement le 49<sup>e</sup>. degré de latitude boréale, en s'étendant des limites méridionales du département du Pas-de-Calais à celles du Mont-Tonnerre, ce qui comprend les neuf départemens de la Belgique, les quatre nouveaux départemens du Rhin, le Pas-de-Calais, le Nord, une partie des Ardennes et de la Moselle, et quelques communes de l'Aisne.

Lorsqu'on considère ces pays d'une manière générale, on voit qu'ils se divisent en deux bandes, l'une élevée et montueuse au Sud-Est, l'autre basse et unie au Nord-Ouest.

En examinant plus attentivement le pays bas de l'Ouest, on remarquera que sa portion méridionale est en partie formée des mêmes terrains que les pays montueux de l'Est, tandis que la portion septentrionale est composée de

Démarcation du pays qu'on va décrire.

Il se divise d'abord en deux bandes, l'une montueuse, l'autre basse et unie.

Sous-division de cette dernière en régions.

couches horizontales plus récentes, ce qui établira une seconde division.

En continuant cette analyse, on observera que la majeure partie de la coupe septentrionale est susceptible d'une culture avantageuse, tandis qu'il existe au Nord-Ouest un canton moins étendu qui ne présente en général que de vastes *bruyères* ou landes sablonneuses. Cette région, qui renferme le département des Deux-Nèthes, partie de la Meuse-Inférieure, etc. est connue sous le nom vulgaire de *Campine*.

Le reste de cette grande plaine en couches horizontales, comprend toute la ci-devant *Flandre*, et pourrait être désigné par le nom de cette province.

Les terrains plus anciens que je viens d'indiquer au Sud de la Flandre, sont partagés par un pays de calcaire horizontal, en deux groupes inégaux : l'un, à l'Ouest, qui n'occupe qu'une portion du département du Pas-de-Calais, est connu depuis long-tems, dans la minéralogie, sous le nom de *Boulonnais* ; l'autre, à l'Est, renferme l'ancienne province du *Hainaut* et quelque cantons adjacens.

Le calcaire horizontal qui sépare le Hainaut du Boulonnais, n'est que l'extrémité du vaste bassin crayeux de la Picardie ; mais comme il n'entre point dans le plan de cet Essai de traiter de tout ce bassin, je considérerai cette portion septentrionale, composée du ci-devant pays d'*Artois*, comme une région particulière.

Le pays montueux que nous avons laissé au Sud-Est, est traversé dans toute sa longueur par une bande aride, formée de ce terrain que j'ai appelé de formation ardoisière, qui s'étend

La Campine.

La Flandre.

Le Boulonnais.

Le Hainaut.

L'Artois.

Sous-division du pays montueux.

L'Ardenne. depuis le département de la Roër jusqu'à celui des Ardennes, et qui forme une région très-bien caractérisée, qu'on désignait déjà du tems de César sous le nom d'*Ardenne*.

Le Condros. Entrel' Ardenne et la Flandre il y a une seconde chaîne qui fait, en quelque manière, l'intermédiaire entre ces deux extrêmes, et dont le sol appartient à la formation bituminifère. Je la distinguerai par le nom de *Condros*, quel'usage vulgaire applique à la majeure partie de cette étendue.

L'Ardenne s'unit, par son extrémité Nord-Ouest, à une autre masse de pays inontueux, qui décrit, pour ainsi dire, le second côté d'un angle aigu. Cette masse se prolonge du département de la Roër à celui de la Moselle, et est traversée par la rivière de ce nom, qui faute d'un meilleur moyen de division, me servira à la partager en deux régions; celle qui est au Nord est connue sous le nom vulgaire d'*Eiffel*. La partie méridionale comprend les plateaux élevés du *Hundsruock*, et les terrains qui recèlent les riches mines de mercure du Mont-Tonnerre, les belles agates d'Oberstein, et les abondantes houillères de la Sarre.

L'Eiffel.  
Le Hund-  
sruock.

Cette région est bordée de deux côtés par des collines de grès rouge et de calcaire horizontal qui la séparent, à l'Ouest, de l'Ardenne, et à l'Est, des montagnes du Bergtrass en Allemagne. Ces collines ne sont que les extrémités septentrionales de deux vastes bassins, dont l'un occupe les plateaux de la Lorraine, et l'autre s'étend dans les départemens du Bas et du Haut-Rhin, et même sur la rive droite de ce fleuve. Les raisons qui m'ont obligé de diviser le bassin de la Picardie, nécessitent en-

core

core ici l'établissement de deux petites régions. Celle de l'Est, comprise dans les départemens des Forêts, de la Sarre et de la Moselle, a la ville de *Luxembourg* pour point central; l'autre, qui ne renferme qu'une portion du département de Mont-Tonnerre, pourrait conserver le nom de *Palatinat*, qui a été si connu dans la minéralogie; mais qui, considéré comme ancienne province, s'étendait au-delà du Rhin et embrassait les mines de mercure que j'ai annexées au *Hundsruock*.

Le Luxem-  
bourg.

Le Palati-  
nat.

Je ferai connaître l'étendue et la démarcation de chacune de ces régions, en traitant de leurs descriptions particulières que je vais entreprendre, en commençant par la plus septentrionale. J'observerai préalablement, qu'en indiquant les lieux où passent les limites séparatoires, je ne nommerai ordinairement que des villes ou des bourgs, chefs-lieux de canton; ce qui donnera les moyens de les trouver plus facilement sans entraîner d'erreurs sensibles, d'autant plus qu'on ne doit pas se représenter ces limites tirées ordinairement de la différence du terrain comme formant des lignes droites: la plupart, au contraire, sont dentelées et sinueuses, mais il serait trop long d'entrer dans le détail de ces replis (1).

Je ne rapporterai, en général, que des faits que j'ai vus par moi-même: dans le cas contraire,

(1) Il serait même assez facile, par le moyen de ces démarcations, de tracer sur une carte du Nord de la France l'espace qu'occupe chaque espèce de terrain. J'en ai enlu-

j'aurai soin d'indiquer les sources où je les aurai puisés.

## PREMIÈRE RÉGION.

## LA CAMPINE.

Démarcation.

Cette région est bornée à l'Ouest par l'Escaut, au Nord par la Hollande, à l'Est par le Rhin, et au Sud par une ligne tirée de l'Escaut au Rhin qui passerait près de Malines (Deux-Nèthes), Hasselt, Maëstricht (Meuse-Inférieure), et Juliers (Roër) : de sorte qu'elle comprend le département des Deux-Nèthes en entier, la majeure partie de la Meuse-Inférieure, quelques communes de la Dyle, et les arrondissemens de Clèves et Creveldt au département de la Roër.

Dénomination.

Le nom de *Campine*, qui remplace depuis quelques siècles la dénomination plus ancienne de *Taxandrie*, est appliqué par l'usage vulgaire à la portion aride des départemens des Deux-Nèthes, de la Meuse-Inférieure et du Brabant hollandais.

Constitution physique.

Ce pays fait partie de la vaste étendue de terrain sablonneux qui recouvre la Hollande,

minée de cette manière, où la formation trappéenne est indiquée par une teinte verdâtre, la formation ardoisière par le bleuâtre, le terrain bitumineux par le noirâtre, le grès rouge par le violet-rougeâtre, le calcaire horizontal par le jaune (on peut varier cette couleur pour indiquer les diverses formations de ce calcaire), le terrain volcanique par le rouge vif, enfin les pays où il n'y a absolument que du terrain-meuble, sont recouverts d'une teinte de bistre.

le Nord de l'Allemagne, la Pologne, etc. Il est uni et peu élevé au-dessus de la mer; il présente beaucoup de ces plaines incultes qu'on connaît sous le nom de *bruyères*, et qui ont souvent la propriété de retenir les eaux au point de former des marais ou de grands étangs. Au reste, ces sables, quoiqu'arides dans leur état de pureté, sont très-propres à la culture lorsqu'ils contiennent un peu de limon ou qu'on leur fournit de l'engrais: c'est ainsi que les parties qui avoisinent le Rhin, la Meuse et l'Escaut, peuvent se ranger parmi les terres fertiles, et qu'on est souvent étonné de trouver au milieu des landes des villages qui, semblables aux *oasis* des déserts d'Afrique, sont environnés d'une brillante végétation.

La Campine est peu faite pour attirer l'attention du minéralogiste; on n'y trouve en général, à quelque profondeur qu'on s'enfonce, que des couches horizontales de sable de diverses couleurs, blanchâtre, grisâtre, jaunâtre, bleuâtre, verdâtre, etc.; les couches blanches qui sont les plus communes et les plus exclusivement quartzieuses, sont naturellement les plus arides. Ces sables renferment, mais généralement en petite quantité, des cailloux roulés, qui ressemblent parfaitement aux diverses variétés de quartz des terrains en couches solides qui s'étendent vers le midi.

Dans quelques parties, notamment au canton de Beringen (Meuse-Inférieure), on trouve un grès ferrugineux enfoui dans le sable, par couches horizontales, ordinairement peu épaisses. Cette substance, d'une couleur brune, est

Terrain-meuble.

Sable.

Cailloux roulés.

Grès ferrugineux.

quelquefois si abondante en fer, que son intérieur offre l'aspect métallique du fer oxydé hématite; aussi on l'appelle vulgairement *Pierre de fer*. Tandis que tout en ce pays annonce le transport, ce grès seul manifeste une formation locale; il semble que lors de la déposition de ces sables, le liquide qui les transportait, avait quelquefois la propriété de dissoudre le fer, et que dans certaines circonstances, la dissolution étant parvenue à une saturation convenable, a agglutiné une partie du sable, de manière à former une couche mince, plus ou moins cohérente; idée qui expliquerait non-seulement la formation de ce grès, mais rendrait encore raison de la cause, pour laquelle les sables sont toujours plus blancs que les cailloux qu'ils renferment.

Tourbe.

Le seul produit économique qu'on exploite dans cette région est la tourbe, qui paraît se former naturellement dans quelques-uns des marais qui recouvrent le sol.

Corps organisés.

On sait que les plaines sablonneuses du Nord de l'Europe recèlent des débris d'animaux marins et même de grands quadrupèdes. J'ignore si on y trouve une succession d'espèces, variées suivant les couches, de même que dans les véritables terrains secondaires.

## DEUXIÈME RÉGION.

### LA FLANDRE.

Cette région, beaucoup plus étendue que la précédente, est bornée à l'Ouest et au Nord par la mer, l'Escaut oriental et la Campine; à l'Est et au Sud par une ligne qui se dirigerait de l'extrémité orientale du département de la Meuse-Inférieure jusqu'au Pas-de-Calais, en passant par les environs de Dalhem, Liège, Avenne (Ourthe), Hall (Dyle), Grammont, Renaix (Escaut), Lille et Cassel (Nord); ce qui comprend non-seulement l'ancienne province de Flandre, c'est-à-dire, les départements de la Lys, de l'Escaut et partie du Nord; mais encore presque toute la Dyle, la portion méridionale de la Meuse-Inférieure, et quelques communes de l'Ourthe.

Démarcation.

L'aspect physique et la fertilité de la Flandre sont assez connus pour qu'il soit inutile d'en parler. Je rappellerai seulement que c'est un pays bas et uni; les plateaux les plus élevés règnent dans le voisinage de la Meuse, et n'ont pas 200 mètres au-dessus de la mer; le sol s'abaisse ensuite sur deux plans différens, l'un dirigé à l'Ouest, l'autre au Nord, en se rapprochant de la mer et de la Campine, et en se terminant par des plaines si basses, qu'on sait que l'art seul les préserve de l'inondation. La surface ne présente, en général, que de vastes plaines horizontales; il y a seulement vers le

Constitution physique.

Sud-Est une chaîne de petites collines arrondies qui commence aux environs d'Audenarde (Escaut), et s'étend vers Bruxelles, Louvain et Maëstricht.

Constitution géologique.

Tout le sol de cette région appartient aux formations en couches horizontales; on y distingue le terrain-meuble, le grès blanc et le calcaire. Ce dernier y manifeste des modifications qui indiquent deux formations différentes, l'une est la chaux carbonatée grossière, l'autre la chaux carbonatée crayeuse.

Calcaire horizontal. Craie.

La craie ne se trouve en Flandre que dans une bande étroite qui règne le long des terrains plus anciens du Hainaut et du Condros, en s'étendant sur une longueur de 11 myriamètres vers les limites des départemens de la Meuse-Inférieure, de l'Ourthe et de la Dyle, depuis le canton d'Aubel (Ourthe) jusqu'à celui de Nivelles (Dyle).

Cette craie diffère, sous plusieurs rapports, de la véritable craie, et mériterait peut-être mieux d'être considérée comme une marne, nom sous lequel on la connaît dans le pays (1); elle est toujours tendre, friable, se délite et se pulvérise dès qu'elle est exposée aux influences météoriques; sa couleur est ordinairement blanchâtre; elle prend quelquefois une teinte bleuâtre qui est produite par le mélange de parties argileuses, et c'est alors une véritable marne; elle est toujours en couches par-

(1) En patois, *marle*, *maye*, *mêlé*, etc.

faitement horizontales; elle se montre rarement au jour, étant constamment recouverte par un dépôt très-épais de terrain meuble. Le pays qu'elle constitue, et qu'on connaît en grande partie sous le nom vulgaire de *Hesbaie*, est très-plat; mais sa surface n'est pas absolument horizontale et présente de petites ondulations. Cette chaux carbonatée est très-favorable à l'amendement des terres, aussi on l'exploite pour cet usage dans toute l'étendue où elle se rencontre, et les cultivateurs en font beaucoup de cas. On l'emploie encore dans les environs de Liège pour préparer une couleur analogue à celle connue à Paris sous le nom de *blanc de bougival*.

Ces couches crayeuses alternent avec quelques couches d'argile bleuâtre, peu employée dans les arts. On trouve dans leur intérieur des rognons ou masses pierreuses qui ne sont pas les mêmes dans toute la chaîne. Vers la partie septentrionale, c'est-à-dire, dans les départemens de l'Ourthe et de la Meuse-Inférieure, ce sont de véritables quartz agates pyromiques, semblables à ceux qui existent dans les craies de la Champagne, etc. Ils sont de même déposés sous la forme de rognons en lits horizontaux; on les emploie également comme pierre à briquet; ils passent, mais très-rarement, à la couleur blonde des belles pierres à fusil du département de Loire-et-Cher.

Quartz agate pyromaque.

Les craies ou marnes de la partie méridionale du département de la Dyle ne contiennent plus de pyromiques, mais on y rencontre de

Grès calcaireux.

grosses masses, formées communément d'un grès calcarifère qui passe quelquefois au calcaire grossier ou au grès pur. On emploie ces masses pour la bâtisse. Il existe aussi principalement, dans les environs de Nivelles, beaucoup de fragmens de grès analogues à ceux-ci, épars dans le terrain meuble; il est probable qu'ils ont la même origine.

Fossiles.

Les corps organisés ne sont pas très-abondans dans les craies de cette région; ils paraissent être les mêmes que ceux du bassin de Paris; on y distingue spécialement des bélemnites.

Chaux carbonatée grossière.

La chaux carbonatée grossière forme une seconde chaîne à peu près parallèle à la bande crayeuse, qui s'étend des environs d'Audenarde (Escaut) jusqu'au-delà de Maëstricht. Quoiqu'elle soit, ainsi que la craie, recouverte par un dépôt assez épais de terrain meuble, son existence est annoncée à l'extérieur par l'aspect du sol qui présente de petites collines comme la plupart des autres pays de cette formation.

Cette substance présente de grandes variations. En général, celle qu'on extrait dans les environs de Bruxelles, est assez cohérente pour être légèrement sonore et donner des pierres de taille aussi bonnes que celles de Paris: elle est ordinairement jaunâtre; son tissu est grenu; elle renferme quelquefois beaucoup de sable quartzéux. On voit notamment, au Sud de Bruxelles, des couches où les parties calcaires sont comme enfouies dans une masse sableuse;

De Bruxelles.

d'autres fois elle se souille d'argile, et paraît même alterner avec des couches de marne; on l'emploie pour la bâtisse et la fabrication de la chaux, tant sur les lieux qu'en Hollande où elle s'exporte par les canaux. Ces couches calcaires renferment beaucoup d'animaux fossiles. Il paraît, d'après les descriptions de M. Burstin (1), que les nombreuses coquilles qui s'y trouvent sont analogues à celles du calcaire coquiller du bassin de Paris. Cet auteur cite aussi plusieurs animaux vertébrés, tels que des tortues et des poissons.

Le calcaire grossier des environs de Maëstricht n'est point aussi solide que celui de Bruxelles; cela n'empêche pas qu'il n'ait encore été plus exploité dans les tems anciens, ce qui provient probablement de la facilité du transport que procurait la Meuse. On connaît les immenses carrières de ce pays, semblables à des villes souterraines; la pierre qu'on en extrait est en général tendre et friable, et se dégrade aisément à l'air; sa couleur est jaunâtre; elle donne une si mauvaise chaux, qu'on ne l'emploie point à cet usage. Elle recèle, comme on sait (2), une grande quantité d'animaux marins; les coquilles y sont dans un état de conservation admirable; on y trouve plusieurs espèces de tortues et de grands ossements qu'on avait rapporté au crocodile, mais

Calcaire de Maëstricht.

Fossiles.

(1) *Oryctographie de Bruxelles*, 1784, Maire.(2) Voyez l'*Histoire nat. de la Montagne Saint-Pierre*, par M. Faujas de Saint-Fond. Paris, an 7.

que le savant qui a, pour ainsi dire, créé l'histoire des animaux fossiles, regarde comme appartenant à un genre différent.

On trouve des rognons de quartz agate pyromaque dans les couches inférieures qui avoisinent le plus la craie ; ils sont quelquefois modelés en échinites ou autres corps organisés.

Le calcaire grossier de la Flandre plus récent que la craie.

Tout porte à croire que le calcaire grossier de la Flandre est, comme celui de Paris, plus récent que la craie. Cette opinion est d'abord attestée, pour Maëstricht, par la superposition de ce calcaire sur la craie, qui s'aperçoit facilement aux pieds des coteaux qui bordent la Meuse au Sud de cette ville. Quoique je ne connaisse point encore de preuve semblable pour le reste de la chaîne, des raisons d'analogie permettent de croire que le même ordre de chose y a lieu ; car outre le rapprochement qui existe entre le calcaire des environs d'Audenarde, de Bruxelles, etc. avec celui de Maëstricht, on a vu que tout le long du Hainaut et du Condros, c'est la craie qui recouvre immédiatement les terrains plus anciens en couches inclinées, tandis que le calcaire grossier en est plus éloigné ; ce qui me paraît suffire pour indiquer une formation postérieure.

Avant de quitter ce terrain, j'indiquerai un fait assez singulier, c'est que les anciennes constructions de Liège contiennent un calcaire grossier, d'un jaune foncé, qui est beaucoup plus solide que tous ceux qu'on extrait actuellement dans les environs de Maëstricht,

endroit le plus rapproché où existe cette formation.

On trouve quelquefois au-dessus du calcaire horizontal, des plateaux recouverts de grands amas de sable de la formation du grès blanc ; on en voit un, entre autre, dans les environs de Hall (Dyle), où il y a des sables de diverses couleurs, qui renferment, outre de gros blocs de grès blanc, d'autres corps qu'on pourrait désigner sous le nom de *grès fistuleux*, parce qu'ils se modelent sous toutes sortes de formes, et que leur intérieur présente souvent un tuyaux creux. On cite encore une plaine de cette nature dans les environs de Jodogne (Dyle), qui fournit de très-beaux grès blancs ; mais comme cette substance est plus abondante dans le Hainaut, je me réserve d'en parler ci-dessous.

La majeure partie de la région qui nous occupe, savoir, l'arrondissement de Dunkerque, le département de la Lys, celui de l'Escaut presque en entier, et quelques communes de la Dyle, ne présente point d'autres couches minérales que des amas de terrain meuble, principalement de sable quartzueux qui ressemblerait absolument à celui de la Campine, s'il n'était en général plus mélangé d'argile, et sur-tout si l'industrie infatigable des habitans n'avait soin d'y fournir des engrais, de la marne, etc. de manière que toute la surface est cultivée et ne présente presque pas de bruyères ; on rencontre de tems en tems des indices du même grès ferrugineux que celui du canton de Béringhen.

Terrain meuble.

Sables.

Argiles.

Dans la partie Sud-Est, au contraire, le terrain meuble, du moins la partie superficielle, est composée de cet heureux mélange de silice, d'alumine, de carbonate de chaux, et de terreau qui constitue les meilleures terres à culture. Il présente aussi des amas d'argiles qui sont employées à faire des briques, des tuiles, des carreaux et même des poteries.

Cailloux.

Les cailloux de quartz roulés sont assez communs dans plusieurs cantons; on en cite qui se rapprochent des agates cornaline et sardoine. On voit quelquefois de ces cailloux agglutinés de manière à former une brèche grossière (*pouding*).

Couche sableuse particulière.

L'examen de tous ces terrains meubles, considérés sous le rapport de la succession des dépôts et des corps organisés, serait fort intéressant. Tout ce que je puis indiquer, c'est qu'il paraît que les premières couches, savoir, celles qui ont suivi immédiatement la chaux carbonatée grossière, sont composées d'un sable quartzueux jaunâtre mélangé de calcaire, quelquefois un peu agglutiné en forme de grès tendre, et contenant une grande quantité de coquilles, la plupart voisines des huîtres, des comes, des vis, etc. Dans les départemens de l'Ourthe et de la Meuse-Inférieure, ces couches recèlent aussi beaucoup de quartz-agates, ordinairement jaunâtres, un peu translucides sur les bords, dont la cassure est imparfaitement conchoïde, quelquefois légèrement grenue, même cireuse. Ils ont quelque ressemblance avec les quartz-agates communs, ou

Quartz-agates jaunâtres.

meulières compactés des environs de Paris; mais ils s'en distinguent aisément par la propriété de ne jamais passer au tissu cellulaire. Ils sont en fragmens de diverses grosseurs qui ont souvent la forme d'une portion de calotte sphérique évasée en dedans; les angles sont en général assez rabattus, mais on reconnaît facilement que la plupart ne sont pas de véritables cailloux roulés. Le liquide qui a déposé, ou du moins transporté ce terrain, paraît s'être étendu plus loin que celui où se formait le véritable calcaire grossier; car on en trouve des indices, non-seulement sur le sol crayeux, mais encore au-dessus des formations inclinées. Le fait le plus intéressant de ce genre, est une colline composée de couches de ce terrain meuble très-abondant en quartz-agates jaunes, située au Sud de la ville d'Aix-la-Chapelle, et qui s'élève assez haut sur le terrain bitumineux.

On n'exploite aucun minerai métallique dans cette région. M. Burtin dit cependant, qu'il existe une mine de fer oxydé rubigineux au Sud-Est de Bruxelles, où elle forme un dépôt superficiel de plus de deux myriamètres de circonférence.

La tourbe est très-abondante, principalement dans la partie maritime du département de la Lys; on l'emploie non-seulement comme combustible, mais ses cendres, connues sous le nom vulgaire de *cendres de mer*, sont extrêmement recherchées par l'agriculture. Les bois fossiles ou lignites s'y trouvent aussi en-

Métaux.

Tourbe.

Lignite.

fouis dans les sables et les argiles. On cite principalement un grand dépôt de ce genre trouvé à Aelteren (Lys) ; ils paraissent provenir de végétaux différens de ceux qui existent actuellement dans le pays.

(La suite à nn prochain Numéro.)

## A N N O N C E S

CONCERNANT les Mines, les Sciences et les Arts.

I. *Expériences sur la mesure du pendule à secondes, sur différens points de l'arc du méridien compris entre Dunkerque et l'île de Formentera.*

LE rapport du mètre avec la longueur du pendule à secondes, est intéressant à connaître pour nos mesures. Il suffirait pour en retrouver le type, si elles étaient jamais perdues. Cette connaissance est également utile pour la figure de la terre. Par cette double raison, on a observé le pendule avec beaucoup de soin sur différens points de la ligne méridienne que l'on vient de mesurer entre Formentera et Dunkerque. Les expériences faites à Formentera par MM. Biot et Arago, ont été examinées et calculées par une commission du Bureau des longitudes. Elles sont au nombre de dix, et leurs écarts, autour de la moyenne, ne s'élèvent pas au-delà de  $\frac{4}{100}$  de millimètre, ou  $\frac{2}{100}$  de ligne environ. Le résultat moyen, déduit de leur ensemble, donne la longueur du pendule à secondes décimales à Formentera, et dans le vide égal à  $0^m,7412661$ .

D'après la théorie de la figure de la terre, exposée dans le second volume de la *Mécanique céleste*, en partant des expériences très-exactes, faites à Paris par Borda, on trouve pour cette longueur,  $0^m,7411445$ .

La différence est  $\frac{6}{100}$  de millimètre ou  $\frac{3}{5}$  de ligne, elle peut être due aux irrégularités de la figure de la terre; peut-être aussi, à ce que l'on n'a pas employé dans le calcul l'aplatissement  $\frac{1}{105}$  qui est donné par la théorie de la lune. La même expérience vient d'être répétée par MM. Biot et Mathieu à Bordeaux et à Figeac, sous le parallèle de  $45^\circ$ , et

elle a donné un résultat à très-peu près le même que la théorie citée. On l'a faite aussi à Clermont en Auvergne, et malgré la diverse nature de ces lieux, la différence de la théorie à l'expérience est encore insensible. On va encore répéter les mêmes observations à Dunkerque à l'extrémité de l'arc mesuré; mais auparavant, on vient de la répéter à Paris avec les mêmes appareils qui avaient été employés en Espagne. On a trouvé un résultat qui ne diffère de celui de Bordeaux que de  $\frac{1}{100}$  de millimètre. Ce qui confirme à la fois les mesures de Formentera et de Paris.

II. *Essais sur la théorie des nombres; par M. LEGENDRE.*  
*Seconde édition; à Paris, chez Courcier.*

Depuis que la première édition de cet ouvrage a paru (en 1798), la théorie des nombres a fait des progrès importants. M. Gauss a publié en 1801 ses *Disquisitiones arithmeticae*, dans lesquelles on trouve une foule de choses absolument nouvelles, ou présentées d'une manière nouvelle, sur la science des nombres et l'analyse indéterminée. Ce sont principalement ces progrès qui ont donné lieu à M. Legendre de perfectionner son ouvrage; car la première édition présentait, d'une manière qui laissait peu à désirer, l'état de la science à l'époque où elle fut publiée. Il nous serait difficile d'indiquer ici tous les changemens que l'auteur a faits à son ouvrage: ils sont tels, dit l'auteur, qu'une moitié environ du volume est devenue un ouvrage nouveau. L'un de ces changemens est relatif au théorème de Fermat, sur la décomposition de tout nombre en trois triangulaires, théorème que M. Gauss a démontré le premier, en toute rigueur, dans les recherches que nous venons de citer. M. Legendre a aussi ajouté à cette seconde édition, une cinquième partie dans laquelle il expose la belle théorie de M. Gauss, sur la résolution des équations à deux termes, qui se trouve liée d'une manière remarquable aux propriétés les plus abstraites des nombres.

---

## JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 141. SEPTEMBRE 1808.

---

NÉCESSAIRE

DU MÉTALLURGISTE,

*Composé d'instrumens propres à déterminer  
 d'une manière prompte et facile les diverses  
 dispositions des foyers de forges et four-  
 neaux.*

Par M. GALLOIS, Ingénieur des Mines.

J'ai rappelé dans le précédent numéro de ce Journal, les mesures à observer dans les dispositions des foyers d'affinage de la fonte, qui influent plus particulièrement sur le succès de l'opération, et j'ai décrit les instrumens que les forgerons emploient pour déterminer ces mesures.

On ne peut se rendre compte de ces mesures,

Volume 24.

L

données par des instrumens que la routine seule a fait adopter, qu'en les rapportant aux divisions ordinaires du cercle, et on n'y peut parvenir que difficilement et toujours imparfaitement.

Cette difficulté qui se renouvelle à chaque opération, et le peu d'exactitude dans les résultats, m'ont fait sentir la nécessité d'instrumens plus précis et plus comparables. L'avantage que j'ai retiré de ceux que je vais décrire, me détermine à les faire connaître dans la vue de multiplier des observations qui doivent contribuer à l'avancement de l'art.

#### I. Instrument propre à mesurer les inclinaisons.

Au lieu de faire passer le pendule *p* à travers une fente pratiquée dans la règle *rs* (voyez la fig. 1 de la planche VII, n°. 140), je le suspends de manière qu'il se trouve entièrement au-dessus, et je supprime la fente fig. 1, pl. VIII. J'établis la masse *m* à laquelle je donne, comme dans l'instrument des ouvriers, la forme de l'orifice de la tuyère pour la faire entrer dans cet orifice, et pour maintenir par son poids la partie de l'instrument qui reste au dehors. Sur cette règle est fixée une tige *a* et un quart de cercle *bd*, divisé en 90 deg., et qui a pour centre le point de suspension *c* du pendule *cp*. Il résulte de cette construction que quand la règle est horizontale, le pendule passe

par zéro degré (1), l'élévation de l'instrument et les différens détails représentés à côté, suffisent pour en faire concevoir l'ensemble.

Cet instrument est en laiton, et la masse *m* est remplie de plomb. La tige *a* et l'arc *bd*, doivent être très-minces pour charger le moins possible cette partie de la règle.

La division par laquelle passe le fil qui suspend le pendule, exprime en degrés du cercle l'inclinaison du plan sur lequel repose l'instrument, qui pouvant s'appliquer sur les diverses plaques du creuset et sur les buses, tient en même-tems lieu de l'instrument n°. 3, décrit dans le précédent Mémoire (voyez pl. VII, fig. 3), et sert pour les deux usages.

On peut de plus prendre l'inclinaison de la tuyère, dans le cours du travail, en plaçant l'instrument entre les deux buses, et en interceptant par un corps le vent qui est réfléchi en partie par les parois de la tuyère vers les soufflets et qui agiterait le pendule *p*. On a aussi, pour éviter cet effet, donné une certaine masse au pendule.

Il peut de même servir à prendre l'inclinaison des tuyères des hauts fourneaux.

Comme j'aurai occasion de revenir souvent sur les usages de cet instrument par les appli-

---

(1) Les dimensions de tous les instrumens représentés sur la planche sont de grandeur naturelle.

cations que j'en ferai dans des Mémoires subséquens, j'ai pensé convenable de lui donner un nom, et je l'ai appelé *secteur de forge*.

## II. Instrument propre à mesurer les angles.

Il était encore utile de mesurer les angles que forment entre elles les plaques d'un foyer de forge ou les parois d'un fourneau en général, ordinairement déterminés par des tracés peu correctes et compliqués.

L'instrument destiné à cet usage est une *fausse équerre* (fig. 2), composée de deux règles en laiton, larges et ayant au plus 2 millimètres d'épaisseur, terminées par un demi-cercle à une de leurs extrémités. Elles sont fixées l'une sur l'autre par un boulon, qui entre carrément dans la règle supérieure et adjacente à la vis : le boulon est garni de deux rondelles assez larges qui serrent, au moyen de l'écrou, les deux règles pour rendre le mouvement plus doux, à la manière des compas. Ainsi ajustées, elles s'ouvrent et se ferment de même : on en rend le jeu plus ou moins facile au moyen de la clef *f*, représentée de profil en *g*. La circonférence du demi-cercle qui termine la règle inférieure est divisée en 180 degrés, et la règle supérieure est coupée suivant le diamètre *xu*, par une entaille à *biseau vu*, à laquelle on donne la figure *tvu*.

Quand l'instrument est fermé ou que les deux règles sont superposées l'une sur l'autre,

le *biseau vu* correspond à zéro degré, et quand on les ouvre le nombre des degrés correspondant à ce biseau, indique la mesure de l'ouverture de l'angle *acb* ou *mon* qui lui est égal, à cause du parallélisme des côtés des règles (1).

L'angle indiqué par la figure est de 60 degrés.

On peut par ce moyen mesurer très-facilement, soit un angle plan saillant *acb*, en embrassant ces plans avec les deux règles de l'instrument, soit un angle rentrant *mon*, en faisant entrer l'instrument dans l'ouverture des deux plans et en dressant les deux règles contre.

Indépendamment des usages indiqués ci-dessus et auxquels il est principalement destiné, il peut servir à mesurer, 1°. l'angle que forment entre elles les buses des soufflets pour avoir la direction du vent dans l'intérieur d'un feu d'affinerie ou d'un haut fourneau : 2°. l'obliquité de la tuyère par rapport au creuset : 3°. l'obliquité de l'orifice de la tuyère, qui n'est pas, dans certains cas, perpendiculaire à l'axe : 4°. les embrasures dans les diverses constructions en maçonnerie : 5°. la coupe des

---

(1) La graduation et les chiffres ponctués dans la figure doivent être supposés rapportés sur la règle inférieure d'après ce qui vient d'être dit.

pierres et des bois : 6°. les parois de l'ouvrage d'un haut fourneau : 7°. en général les angles des périmètres d'un polygone quelconque : et enfin , 8°. l'angle le plus avantageux à donner aux outils qui servent à tailler les métaux.

J'appellerai par la suite cet instrument *rapporteur de forge*.

Les deux instrumens que je viens de proposer peuvent également avoir leur utilité dans la levée des plans de fourneaux à manches et à réverbères, des tables à laver le minerai et des machines, et en général dans la mesure des solides d'un certain volume.

Je les ai renfermés pour mon usage dans un étui. Il convient, dans ce cas, que la tige *a* de l'instrument, *fig. 1*, se démonte de dessus la règle avec l'arc *b d*, ainsi que la masse *m*; ce qu'il est facile d'obtenir en ajustant sur la règle des coulisses plates *i h*, ou à *queue d'aronde l*, dans lesquelles le pied de la tige *a* ou le *tenon k* de la masse *m* se glissent et se maintiennent par frottement.

J'ai compris dans cet étui un *aplomb composé* et un *mètre ployant*, qu'il est souvent difficile de se procurer en parcourant les établissemens.

L'*aplomb* (*fig. 3*) est une masse cylindrique *p* en laiton, d'un centimètre de rayon, terminée par une pointe conique *b* en acier trempé, et portant une tête *a*, qui se dévisse

et qui est percée dans son axe pour y faire passer le cordeau que l'on arrête par un nœud. Dans cet état il sert à abaisser d'un point donné une verticale, comme l'aplomb des charpentiers, ou à déterminer l'axe d'un haut fourneau. Quand il s'agit simplement de s'assurer de la verticalité d'un mur ou d'une parois, on renferme la pointe *b*, au moyen d'une virole, dans une boîte *c* de même diamètre *d* que le corps de la masse *p* avec laquelle elle forme alors une surface cylindrique continue, et on y adapte, comme aux aplombs des maçons, une plaque carrée *q* (nommée un *chat*), vue de profil en *r*, qui a pour côté le diamètre du cylindre, et qui est percée au milieu d'un trou de la grosseur du cordeau auquel il sert de point de suspension.

La *fig. 4* représente une portion de mètre divisée en règles de buis *a, b, . . . .* d'un décimètre chaque, qui se reploient à charnières les unes sur les autres, et qui rassemblées toutes les dix, occupent l'espace *c*.

Enfin, j'ai cru utile de joindre à ces instrumens deux verres colorés *a, b* (*fig. 5*), pour soulager la vue quand on observe l'intérieur des tuyères, ou un feu ardent. Ces verres sont de nuances différentes, afin de choisir celle qui convient le mieux à la vivacité de la lumière que l'œil doit supporter. La lumière de l'objet peut encore être plus affaiblie si l'on regarde à travers les deux verres placés l'un sur l'autre.

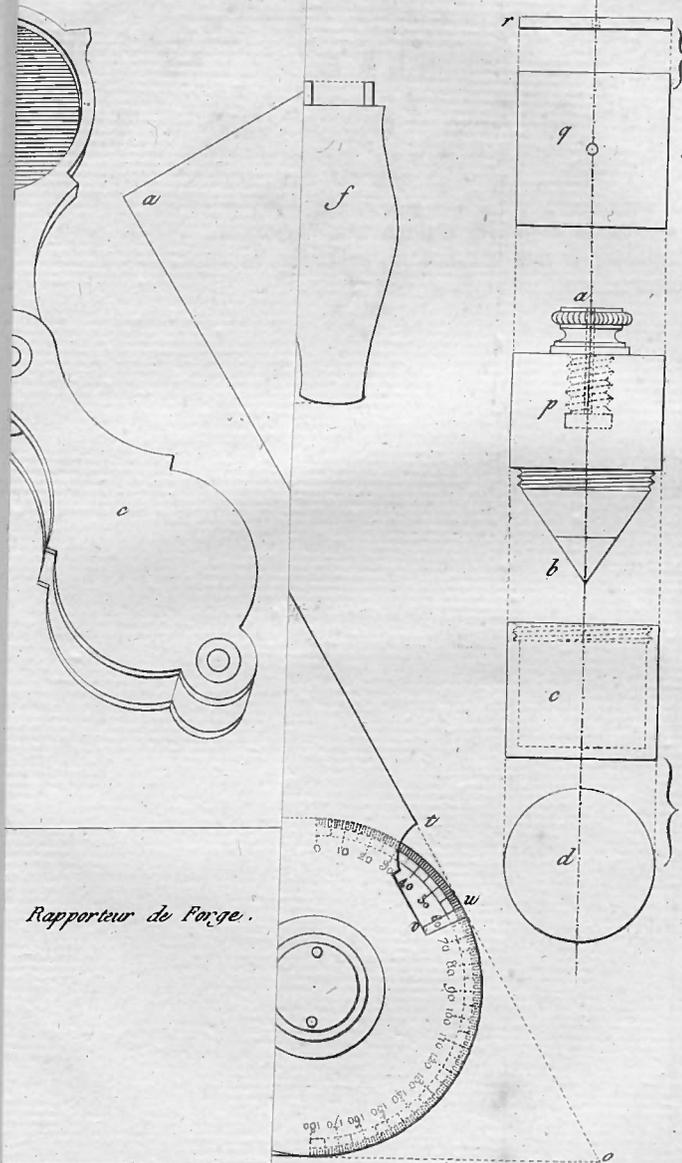
## NOTE.

MM. Marie Putois et Rochette, Ingénieurs en instrumens de mathématiques, demeurans quai de l'Horloge à Paris, ont déjà exécuté avec soin et beaucoup de précision, plusieurs des instrumens dont M. Gallois a donné la description dans son Mémoire, et on peut s'adresser à eux pour s'en procurer la collection complète.

## LLURGISTE.

Vol. 24. Pl. VIII.

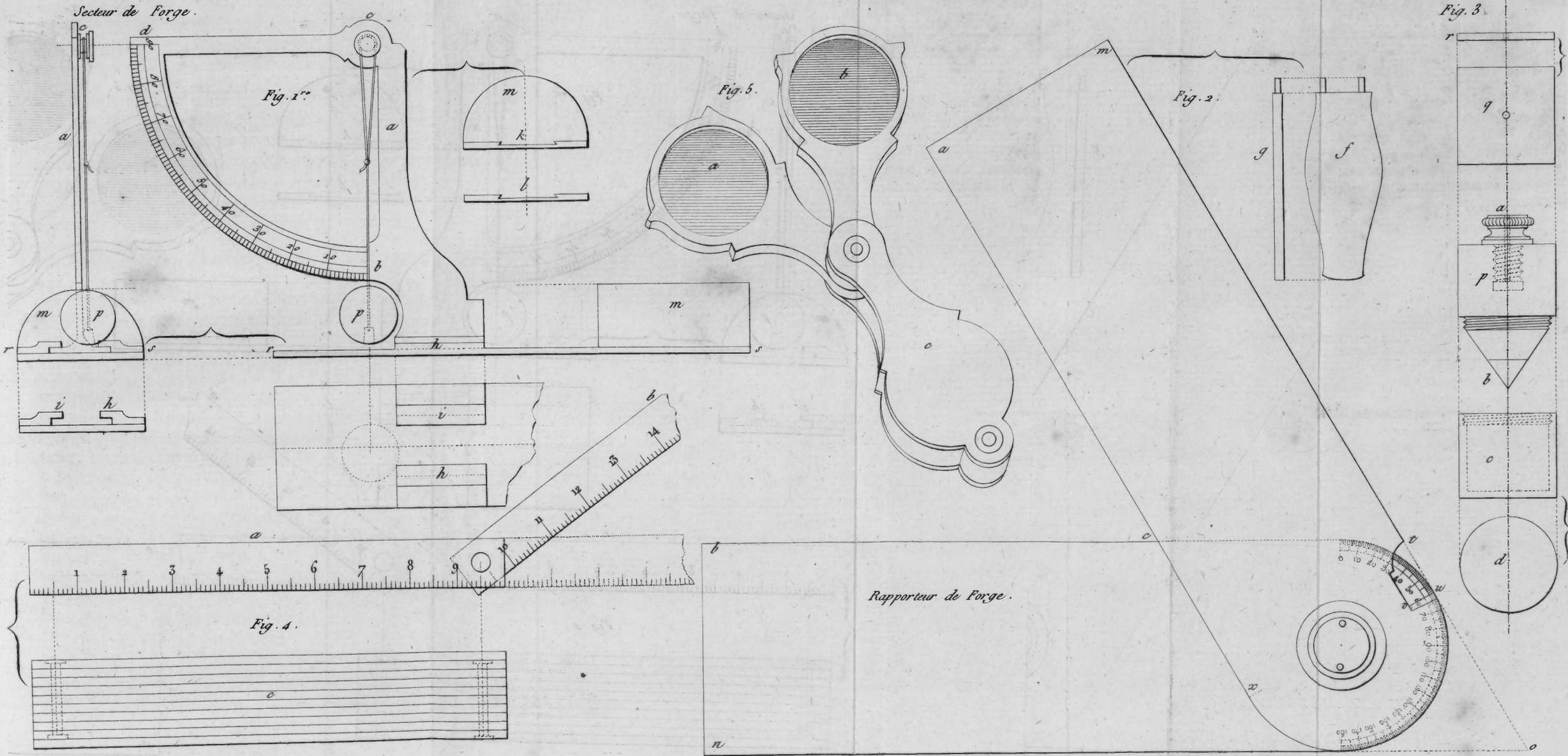
Fig. 3.



Rapporteur de Forge.

Gravé par N.L. Rousseau.

# NÉCESSAIRE DU MÉTALLURGISTE.



## E S S A I

*Sur les Réfractions astronomiques dans la zone torride, correspondantes à des angles de hauteurs plus petits que dix degrés, et considérées comme effet du décroissement du calorique.*

Par M. DE HUMBOLDT.

Lu à la première Chambré de l'Institut le 29 février 1808.

Nous avons déjà parlé, dans le n<sup>o</sup>. 137 de ce Journal, des recherches que M. de Humboldt a communiquées à la première Classe de l'Institut. Ces recherches tendent, comme on l'a vu, à résoudre ce problème, si les réfractions astronomiques sont les mêmes sous l'équateur que celles qu'on observe dans la zone tempérée? « La résolution de ce problème pouvait, dit l'auteur, paraître moins importante à une époque où de bons observateurs, munis d'instrumens imparfaits, quoique d'un rayon très considérable, se trouvaient exposés à commettre des erreurs de douze ou quinze secondes sexagésimales. Il importait peu alors qu'un voyageur réduisît ses observations d'après la table de réfraction de La Caille, ou d'après celle que Bouguer a dressée pendant son séjour à Quito. Il paraît même (j'en ai trouvé plusieurs exemples dans mes recherches géographiques) que la grande harmonie que l'on observe quelquefois entre les latitudes déterminées de nos jours,

et celles qui sont indiquées dans des relations de voyages anciens, se fonde sur une compensation accidentelle de l'erreur de l'instrument, et de la déviation trop grande ou trop petite que l'observateur avait attribuée au rayon de lumière pendant son passage dans l'atmosphère. Mais on ne doit plus compter sur des compensations accidentelles dans un tems où presque tous les élémens peuvent être soumis au calcul le plus rigoureux. La grande perfection des instrumens, la méthode ingénieuse de diminuer à l'infini ou de faire disparaître les erreurs d'observations en prenant des multiples de l'angle à mesurer, la réunion de ces avantages fait parvenir les astronomes à l'exactitude d'une seconde centésimale. Plus ces progrès de l'astronomie pratique sont admirables, plus il importe que dans la réduction de la hauteur apparente de l'astre à la hauteur vraie, le calculateur ne soit pas exposé à commettre des erreurs quadruples de celles que l'on peut supposer au résultat de l'observation. Ces mêmes considérations, depuis l'usage plus fréquent des cercles répéteurs, ont engagé les astronomes et les géomètres à soumettre à de nouveaux examens, ce que Simpson, Mayer et Bradley nous ont transmis sur la théorie des réfractions. Il suffit de citer les observations nombreuses faites par M. Delambre pour déterminer la réfraction correspondante à  $49^\circ$  de hauteur, et l'analyse complète des phénomènes de réfraction de la lumière contenue dans le quatrième volume de la *Mécanique céleste*. C'est en suivant les idées énoncées dans ce dernier ouvrage, que je développerai mes recherches sur la consti-

tution de l'atmosphère dans la zone torride, et sur l'influence que cette constitution exerce sur l'inflexion des rayons dans les couches d'air atmosphérique ».

Au moment de la publication de notre n<sup>o</sup>. 137, le travail de M. de Humboldt ne nous était pas encore parvenu ; nous avons alors été forcés, pour ne pas différer de faire connaître le résultat de ce beau travail, de nous borner à insérer dans ce recueil une courte Notice qui venait de paraître dans le *Nouveau Bulletin des Sciences*. Mais actuellement nous nous trouvons à portée de fixer, d'une manière plus particulière, l'attention de nos lecteurs sur les différentes recherches auxquelles M. de Humboldt s'est livré, ce savant ayant eu la complaisance de faire remettre un exemplaire de son ouvrage à M. Gillet-Laumont, Membre du Conseil des Mines.

L'ouvrage de M. de Humboldt est divisé en trois parties.

L'auteur, dans la première (la partie historique), développe les opinions diverses qu'ont eues les astronomes sur les réfractions de la zone torride.

Dans la seconde partie (la partie physique), il examine la constitution physique de l'atmosphère équinoxiale, et les causes qui, d'après l'état actuel de nos connaissances, peuvent modifier la déviation des rayons lumineux.

Enfin la troisième partie (la partie astronomique) présente les observations astronomiques que M. de Humboldt a faites à des hauteurs auxquelles la loi du décroissement de la température détermine le pouvoir réfringent

des couches, ou, ce qui est identique, la vitesse de la lumière.

La Notice qui a déjà été publiée dans ce Journal, peut suffire pour donner une idée générale de la première et de la troisième partie de l'ouvrage de M. de Humboldt: quant à la seconde partie, nous avons pensé qu'on nous saurait gré de l'avoir fait ici imprimer en entier, attendu que cette partie est consacrée à des objets qui sont étroitement liés à ceux auxquels ce recueil est destiné.

---

PARTIE PHYSIQUE.

La réfraction est l'effet de l'action qu'exercent les couches d'air atmosphérique sur la route du rayon de lumière. Cette action dépend des propriétés chimiques et physiques du mélange gazeux, propriétés que l'on pourrait réunir dans une équation de condition, et qui présentent autant de quantités variables dont il importe d'examiner l'influence sur la déviation de la lumière.

*Oxygène et Azote.*

L'oxygène, d'après les expériences de MM. Biot et Arrago, étant de tous les fluides, et même de tous les corps de la nature, celui qui réfracte le moins, et le pouvoir réfringent de l'oxygène à l'azote étant dans le rapport de 86 à 103, les réfractions devraient varier à la même température et à la même pression barométrique d'une époque et d'une

zone à l'autre, si, comme on le supposait autrefois, la constitution chimique de l'atmosphère était variable selon la différence des saisons et des lieux. D'après les hypothèses reçues alors, l'air de mer et celui de la zone torride, plus riches en oxygène, l'air des hautes montagnes plus abondant en azote et en hydrogène, devraient altérer le jeu des réfractions atmosphériques. Mais des observations exactes ont constaté que le rapport des parties constituantes de l'atmosphère n'est pas variable; que, favorisé par les vents et par l'effet du courant ascendant, le mélange gazeux est uniforme depuis le niveau de l'Océan jusqu'au-delà de 6000 mètres de hauteur; que si toutefois il existe une légère variation, elle ne peut pas aller au-delà d'un ou de deux millièmes d'oxygène.

Ces résultats importants sont conformes aux expériences et aux calculs faits par MM. Biot et Arrago. Le prisme et le cercle répéteur ont conduit ces astronomes à une analyse de l'air presque aussi exacte que celle que l'on obtient par le moyen de l'eudiomètre à gaz hydrogène. En effet, tel est l'admirable enchaînement des phénomènes de la nature, que depuis longtemps, par la mesure seule d'un angle de réfraction, le géomètre aurait pu prouver au chimiste que l'air atmosphérique ne contient pas vingt-sept ou vingt-huit centièmes d'oxygène.

Mais cette identité constante de composition chimique, cette quantité absolue de gaz vital reconnue dans l'air atmosphérique, ont-elles toujours été les mêmes, ou seraient-elles, dans la suite des siècles, variables avec l'intensité des forces magnétiques, avec la hauteur moyenne

du baromètre qui indique la hauteur de l'atmosphère, et avec la température moyenne des lieux ? Les sciences naturelles et l'art de bien observer sont trop neufs encore pour que l'histoire physique du globe puisse prononcer sur des problèmes aussi délicats. La mer, qui occupe trois cinquièmes de la surface de notre planète, et qui est remplie de débris de mollusques et d'autres matières animales propres à se décomposer ; le terreau humecté, les argiles mêlés d'oxyde de fer et d'hydrures de carbone, peut-être même le roc schisteux ou amphibolique, ces cimes pierreuses qui s'élancent au-dessus de la région des nuages, agissent sur l'atmosphère qui les entoure. Ils paraissent fixer plus d'oxygène qu'ils ne dégagent d'acide carbonique. La décomposition de ce dernier acide est le travail diurne et bienfaisant des végétaux ; mais la culture de l'homme, en substituant aux forêts des plantes herbacées et des céréales, parvient à altérer peu à peu l'équilibre primitif de l'océan aérien. Il se pourrait que, par des procédés lents et presque imperceptibles, la croûte de notre planète enlevât, en vieillissant, plus d'oxygène à l'atmosphère qu'elle ne lui en rend annuellement. Par conséquent, il serait possible encore que du tems d'Hipparque, la lumière des astres eût éprouvé dans sa route une déviation différente de celle que l'on observera quelques milliers d'années après nous. On reconnaîtrait dès-lors que la réfraction n'est pas toujours fonction de la densité seule des couches d'air atmosphérique. Mais ne nous perdons pas dans des idées purement hypothétiques, lorsqu'il ne s'agit que

de l'ordre actuel des choses et des faits capables d'être exactement observés !

*Hydrogène et Acide carbonique.*

De toutes les substances gazeuses, l'hydrogène est celle dont le pouvoir réfringent est le plus fort. Il est frappant que ce même gaz, comme l'a découvert M. Gay-Lussac, est aussi celui dont la capacité pour le calorique est la plus grande. Son pouvoir réfringent surpasse huit fois celui de l'oxygène ; il est à celui de l'air atmosphérique comme 661 : 100. Mais l'hydrogène mêlé à l'air atmosphérique en diminue le pouvoir réfringent ; car il s'en faut de beaucoup que la légèreté spécifique de l'hydrogène soit compensée par l'excès de sa force réfractive. Dans un Mémoire lu à l'Institut en ventôse an XIII, nous avons déterminé, M. Gay-Lussac et moi, le *minimum* de gaz hydrogène que l'on peut découvrir avec certitude dans un mélange d'azote et d'oxygène. Nous avons indiqué un moyen précis par lequel on peut évaluer jusqu'à  $\frac{1}{1000}$  d'hydrogène. Ce moyen, inconnu lors de mon expédition à l'équateur, n'a point encore été employé sur l'air des tropiques ; mais ayant constaté qu'en Europe, quelle que soit la région d'où souffle le vent le plus impétueux, l'atmosphère ne contient pas d'hydrogène, et que l'air recueilli, soit à 6000 mètres de hauteur, soit au milieu d'un nuage, comme au Mont-Cenis, ne diffère pas sensiblement de l'air des plaines, on peut supposer que ce manque d'hydrogène est général dans toutes les zones et à toutes les hauteurs. Je n'ignore pas

que la considération de la grande légèreté spécifique de l'air inflammable, jointe à des hypothèses météorologiques, a fait supposer à quelques physiciens que la dernière couche de l'océan aérien est une couche d'hydrogène, site inabordable des phénomènes lumineux, de l'aurore boréale, des étoiles filantes, et peut-être des bolides même. Cette couche s'étendrait jusqu'aux dernières limites de l'atmosphère, jusqu'au point où la force centrifuge est balancée par la pesanteur. Mais pourquoi, en s'éloignant perpendiculairement de la surface de la terre de plus d'un demi-myriamètre, ne voit-on pas augmenter la quantité d'hydrogène atmosphérique? Comment cet hydrogène serait-il parvenu à se réunir dans une couche séparée? et une fois réuni, comment se serait-il conservé dans cet état d'isolement? Les connaissances que nous avons acquises, depuis quelques années, sur la manière suivant laquelle se comportent au contact deux gaz d'une gravité spécifique différente, rendent peu probable que l'hydrogène qui s'élève de la surface de la terre puisse se réunir dans une couche particulière placée à la limite supérieure de l'atmosphère. L'expérience nous prouve qu'au moindre mouvement les fluides aériformes se pénètrent, et que les molécules du gaz plus pesant s'insinuent entre les molécules du gaz plus léger, sans se placer d'après la loi de leur pesanteur spécifique. Lorsqu'on mêle 21 d'oxygène à 79 d'hydrogène, cet air atmosphérique à base d'hydrogène reste uniforme dans sa composition, quelle que soit la durée du repos auquel on abandonne le mélange. L'analyse chimique

chimique m'a offert les mêmes résultats, que j'aie éprouvé l'air contenu dans la partie supérieure ou celui de la partie inférieure du vase. L'analogie nous conduit à croire que l'hydrogène, dégagé par les marais, par plusieurs sources, par les mines et par les volcans, se mêle uniformément à l'air atmosphérique. Il s'y mêle d'autant plus facilement, que l'atmosphère est perpétuellement agitée par de petites variations de température et de pression barométrique. L'effet de cette agitation est si frappant, que malgré l'abondance des sources d'hydrogène sulfuré que l'on trouve, par exemple, dans la *Campagne de Rome*, le chimiste ne découvre dans l'atmosphère ambiante pas plus de cet hydrogène que dans l'air de mer ou dans les vents qui soufflent du large. L'idée de cette uniformité dans la composition chimique de l'atmosphère rassure l'astronome, lorsqu'il se défie du fluide aériforme à travers lequel lui parvient la lumière des astres. Mais cette même uniformité fait aussi le désespoir du physiologiste. Réfléchissant sur la salubrité des climats, il croit en appeler en vain au tribunal de l'eudiométrie moderne. Le chimiste lui répond que, d'après les expériences intéressantes de MM. Thénard et Dupuytren, des quantités d'hydrogène sulfuré, beaucoup trop petites pour être appréciées dans nos instrumens, trop petites pour produire des changemens dans les réfractions, exercent encore une influence destructive sur la vie animale.

L'ensemble de ces considérations physiques nous prouve qu'il n'y a aucune raison d'ad-

mettre une couche de gaz hydrogène aux limites de notre atmosphère. Il est même difficile de concevoir l'existence de cette couche à l'époque reculée où se formait le noyau de notre planète. Dès-lors l'hydrogène se serait mêlé au reste de l'atmosphère qui était agitée par les courans. La quantité moyenne d'hydrogène répandue dans l'air ne peut être qu'infiniment petite. Ce résultat d'expériences directes a été confirmé par l'harmonie frappante que trouvent MM. Biot et Arrago, entre le pouvoir réfringent de l'air atmosphérique observé, et entre le pouvoir réfringent calculé dans l'hypothèse, que l'atmosphère est un simple mélange d'azote et d'oxygène. De plus, en considérant les produits de la putréfaction des matières organiques, en réfléchissant sur la réunion peu commune des circonstances sous lesquelles, par une simple décomposition de l'eau, il s'élève de la surface du globe du gaz inflammable pur, nous trouvons que le *minimum* d'hydrogène atmosphérique dont nous admettons l'existence, devient par là même moins redoutable pour les astronomes; que cet hydrogène, pour la plus grande partie, est un mélange d'hydrogène carburé, oxy-carburé, phosphuré et sulfuré. Le phosphore se combinant avec le soufre et avec le carbone, comme l'ont fait voir Pelletier et M. Proust; le soufre hydrogéné dissolvant aisément le phosphore, comme l'ont prouvé MM. Clément et Desormes, il est plus que probable que les miasmes mêlés à l'atmosphère, contiennent des variétés particulières de gaz hydrogène dans lesquelles deux ou trois

substances oxygénables sont dissoutes à la fois. Il est probable aussi que sous les tropiques, où une chaleur constante et une grande humidité favorisent le développement des êtres organisés, ces émanations gazeuses sont plus communes que dans les climats tempérés; elles y causeraient un jeu de réfractions extraordinaires, si elles parvenaient à s'accumuler momentanément. Mais cette crainte s'évanouit, lorsqu'on considère, 1°. les circonstances qui s'opposent à cette accumulation dans une région où le mouvement perpétuel de l'air, depuis l'équateur aux pôles, cause l'apparence des vents alisés; 2°. les quantités extrêmement petites de ces émanations, que des expériences eudiométriques les plus exactes nous permettent de supposer dans l'air; 3°. le fait remarquable et rassurant que l'hydrogène, qui contient d'autres substances oxygénables en dissolution, a un pouvoir réfringent qui n'est pas le tiers du pouvoir réfringent de l'hydrogène pur, et qui n'est que le double de celui de l'air atmosphérique. Il résulte aussi de ces mêmes considérations, que les phénomènes singuliers de réfraction, et sur-tout ceux de réflexion aérienne que l'on n'observe que dans certaines régions de la terre, par exemple, à Reggio et dans la partie méridionale de la Calabre, ne peuvent guère s'expliquer par l'hypothèse d'une constitution particulière et locale de l'atmosphère. Ces phénomènes n'ont été qu'imparfaitement observés jusqu'ici; ils se présentent à des hauteurs considérables au-dessus de l'horizon. Il ne faut pas les confondre avec les effets du mirage

commun. La *Fata Morgana* paraît être l'effet catoptrique d'une aggrégation de vapeurs vésiculaires. Il n'est plus permis d'en chercher la cause dans l'abondance du gaz hydrogène qu'autrefois des physiciens voyageurs supposaient exister dans les pays agités par des volcans et par des tremblemens de terre.

Ce que nous venons d'exposer sur le *minimum* d'hydrogène contenu dans l'atmosphère, s'applique aussi à l'acide carbonique, dont la quantité, d'après mes expériences, peut être évalué sous l'équateur de trois à huit millièmes. D'ailleurs ce fluide, quoique plus dense, est moins propre à modifier les réfractions atmosphériques. D'après MM. Biot et Arrago, son pouvoir réfringent est à peu près le même que celui de l'air atmosphérique; il ne le surpasse que de  $\frac{1}{1000}$ . Les belles expériences faites par M. Malus, sur le charbon, n'altèrent pas ce résultat; elles indiquent seulement un pouvoir réfringent du carbone plus grand que celui qu'admet M. Biot, observation qui diminue la quantité d'hydrogène que l'on se croyait forcé d'admettre dans le diamant. C'est à tort qu'un célèbre astronome italien a récemment attribué à une accumulation momentanée d'acide carbonique, les petites variations de réfractions observées à Malte et en Sicile aussi long-tems que souffle le sirocco. Cette abondance d'acide carbonique sur les bords de la Méditerranée n'a été constatée par aucune expérience directe. D'après le rapport trouvé entre le pouvoir réfringent de l'acide carbonique et celui de l'air commun, il faudrait que

l'atmosphère devînt énormément méphitisée avant que l'effet des réfractions fût d'une ou de deux secondes sexagésimales.

### Condensation.

Mais la déviation de la lumière ne dépend pas uniquement de la quantité d'oxygène, d'azote, d'hydrogène ou d'acide carbonique; elle ne dépend pas uniquement du rapport dans lequel se trouvent les parties constituantes de l'atmosphère. Le pouvoir réfringent des fluides est modifié par l'état de condensation plus ou moins grand que présentent les élémens aéri-formes. L'inflexion du rayon lumineux n'est pas la même dans l'oxyde d'azote et dans un mélange physique d'oxygène et d'azote. Or, malgré le principe d'identité de composition que nous venons d'établir, les réfractions de la zone torride pourraient être différentes de celles des zones tempérées, si, par l'effet d'une température plus ou moins élevée, l'oxygène exerçait une action chimique plus ou moins grande sur l'azote. D'après cette opinion répandue dans plusieurs ouvrages de physiologie, la respiration ou plutôt la décomposition de l'air dans les poumons dépendrait, outre la quantité d'oxygène inspiré, du degré d'affinité par lequel cette base est liée à l'azote atmosphérique. Quelques phénomènes chimiques qui n'ont pas encore été rigoureusement analysés, par exemple, l'observation qu'un mélange de 0,25 d'oxygène et 0,75 d'acide carbonique n'est

pas propre à entretenir la flamme, ont paru favoriser cette idée. Mais nous pourrions citer un grand nombre d'expériences précises qui rendent probable que, dans l'état aériforme, ces bases n'exercent aucune ou du moins une très-faible action chimique les unes sur les autres. La condensation ne commence à influer d'une manière sensible sur le pouvoir réfringent, que lorsque les élémens gazeux entrent dans une union très-intime. Le gaz ammoniacal nous en offre un exemple frappant. MM. Biot et Arrago ont trouvé que ce gaz agit sur la lumière comme un simple mélange physique de 0,80 d'azote et de 0,20 d'hydrogène, en évaluant les élémens d'après le poids. C'étaient, en effet, les nombres qui résultaient de l'analyse de M. Davy. Le même chimiste ayant annoncé depuis, à l'occasion de ses découvertes sur les substances alcalines, que l'ammoniaque contenait 0,20 d'oxygène, M. Berthollet fils reprit le beau travail de son père, publié dans les *Mémoires de l'Académie* de l'année 1785. Des expériences très-exactes, qui ne diffèrent pas entr'elles d'un centième, lui ont appris qu'un volume de 100 parties d'ammoniaque est composé de 75,5 d'hydrogène et de 24,5 d'azote, ce qui donne en poids, d'après les densités de la Table de Biot, 18,83 d'hydrogène et 81,17 d'azote. En calculant, d'après ces données de M. Berthollet fils, le pouvoir réfringent pour le gaz ammoniacal, on trouve 2,08471, tandis que par observation on trouve 2,168. Le gaz ammoniacal contenant un peu plus d'hydrogène que n'en admettait

autrefois M. Berthollet le père (1), et 0,02 de moins qu'en supposait M. Biot, d'après Davy, l'effet de la condensation devient sensible; car le pouvoir réfringent du composé est de 2,168; au lieu de 2,08471.

Nous avons vu jusqu'ici que la constitution chimique de l'atmosphère, sous l'équateur, ne présente aucune modification particulière propre à favoriser l'opinion de l'influence des climats sur les réfractions moyennes, influence qui fut indépendante de la température et de la pression barométrique de l'air. En supposant sous les tropiques, comme quelques physiciens l'ont fait arbitrairement, plus d'acide carbonique ou (à composition égale) plus de condensation de bases, ces différences, bien loin d'expliquer, comme le feraient des accumulations d'hydrogène et d'oxygène, une diminution dans le pouvoir réfringent du mélange, tendraient plutôt à en augmenter les effets.

#### *Humidité. Brume. Nuages.*

Il en est de même d'une quatrième et dernière cause qu'il nous reste à examiner, de

---

(1) M. Berthollet le père (*Mém. de l'Acad.*, 1785, p. 324), trouva en volume 72,50 d'hydrogène, 27,50 d'azote, ce qui lui donna, en supposant la pesanteur spécifique de l'hydrogène à celle de l'azote, = 1 : 11 en poids, 19,33 d'hydrogène et 80,67 d'azote. Mais, d'après la table des densités de MM. Biot et Arrago, il résulte de l'expérience de M. Berthollet 16,6 d'hydrogène et 83,4 d'azote.

l'humidité. Si l'influence de cette cause est sensible, elle doit augmenter l'inflexion des rayons lumineux sous l'équateur, quelle que soit la grandeur de l'angle apparent que l'on observe. En effet, dans ces climats brûlans, le sol couvert d'épaisses forêts, et humecté par des pluies presque continuelles, répand des masses d'eau énormes dans un air dont la température varie de 22 à 36°. L'humidité extrême de ces régions équinoxiales contraste avec la sécheresse à laquelle l'atmosphère polaire se trouve réduite par le froid.

La gravité spécifique de la vapeur d'eau étant, à forces élastiques égales, à la gravité spécifique de l'air comme 10 : 14, celui-ci pèse d'autant moins, qu'il est plus près du degré extrême de sa saturation. Or, l'air humide n'est qu'un mélange d'eau et de vapeurs; par conséquent, sa densité est aussi moins grande que celle d'un air plus sec. On peut concevoir par là comment, sous l'équateur, une source constante de chaleur et d'humidité produit une diminution dans les hauteurs moyennes du baromètre, l'air dilaté dans des colonnes plus élevées refluant sans cesse sur les colonnes voisines, et pesant moins à cause de son mouvement ascensionnel. On peut en conclure de même que, si la vapeur d'eau avait exactement le même pouvoir réfringent que l'air, les réfractions devraient être moindres dans l'air humide que dans l'air sec. Mais des expériences précises, faites par les deux savans distingués que l'Institut en avait chargés, ont confirmé ce que le génie du géo-

mètre avait prédit depuis long-tems. M. Laplace avait prouvé que l'état hygroskopique de l'air ne pouvait avoir qu'un effet presque imperceptible sur les réfractions, l'excès de la force réfringente de la vapeur aqueuse sur celle de l'air étant compensé, en grande partie, par sa densité plus petite. Les formules développées dans le dixième livre du quatrième volume de la *Mécanique céleste*, annoncent même que, si la compensation n'est pas tout-à-fait complète, ce manque d'équilibre entre la dilatabilité et le pouvoir réfringent doit plutôt renforcer que diminuer l'effet des réfractions équatoriales. Aussi MM. Delambre et Biot, dans une suite d'observations très-exactes faites au cercle répétiteur, n'ont pas vu varier sensiblement les réfractions pendant que l'hygromètre indiquait de fortes variations d'humidité.

Tels sont les effets de l'eau dissouté dans l'atmosphère d'une manière à ne pas en altérer la transparence. Mais la vapeur qu'on appelle *vésiculaire* ne paraît pas toujours suivre les mêmes lois. Il ne s'agit point ici de déterminer si le brouillard et les nuages sont des amas de globules solides, comme M. Monge a tâché de le prouver dans son Mémoire sur la Météorologie, ou si, comme j'incline à croire avec beaucoup d'autres physiciens, les nuages sont composés de sphères creuses dans lesquelles, probablement, un air extrêmement humide est enveloppé d'une pellicule plus ou moins mince d'eau. Il suffit ici d'examiner les circonstances qui peuvent influer sur la différence de réfractions qu'of-

freint les nuages et le brouillard. Les brouillards sont des couches de vapeurs qui, reposant sur le sol, environnent l'observateur. Les nuages, au contraire, sont des couches plus légères suspendues dans un air parfaitement transparent. Cet état de choses doit contribuer à modifier les réfractions dans ces amas de vapeurs vésiculaires. L'expérience nous offre des exemples de ces contradictions apparentes. M. Arrago, à l'invitation de M. Laplace, a pris quelques hauteurs méridiennes du soleil vu à travers des nuages qui en laissaient apercevoir distinctement les bords. Cet astronome n'a pas observé que les réfractions fussent changées par le passage du rayon à travers un groupe de vapeurs vésiculaires. Pendant mon séjour dans le royaume de Quito, j'ai pris des angles d'élévation de la cime de plusieurs volcans, nommément de ceux d'Ilinissa et de Cotopaxi, au moment que des flocons de nuages blancs et transparens couvraient la crête de la Cordillère. J'étais sûr d'évaluer, je ne dis pas une quantité absolue, mais bien une différence de cinq ou six secondes sexagésimales. Cependant, je ne trouvai pas que l'angle apparent fût sensiblement variable avant et au moment de la formation du nuage.

Le brouillard ne produit pas constamment le même effet. Dans une matière aussi délicate, il importe de réunir tous les faits qui ont été bien constatés. En parcourant le grand travail de M. Delambre, sur les réfractions atmosphériques, contenu dans le second volume de la *Base du système métrique*, on y trouve

des observations très-curieuses faites à Bois-commun pendant un tems de brouillard épais. La vapeur vésiculaire augmenta tellement le jeu des réfractions terrestres, que neuf résultats donnèrent à M. Delambre le facteur  $n$  entre 0,146 et 0,175, tandis que des mesures prises par un air transparent présentent ce facteur de la moitié plus petit, égal à 0,078. Mais cette contradiction apparente entre l'action qu'exerce le nuage sur le rayon lumineux et l'action qu'on attribue au brouillard, n'a pas de quoi nous étonner. Les nuages, selon des observations directes que j'ai eu occasion de faire sur la pente de la Cordillère des Andes, ont souvent 12 à 1600 mètres d'épaisseur perpendiculaire. On conçoit comment, malgré ce volume, malgré cet agroupement énorme de vapeurs vésiculaires, le rayon lumineux peut passer à travers le nuage, comme s'il passait à travers un verre parfaitement plan. Si les globules de vapeurs sont solides, l'observateur voit le disque solaire par des rayons qui passent par le centre, ou par des rayons qui traversent l'air humide dans lequel nagent les globules : si, au contraire, les petites sphères sont creuses, la lumière, en pénétrant dans l'intérieur à travers une pellicule d'eau très-mince, éprouve, en entrant, la même inflexion qu'elle subit en sortant. L'extinction de la lumière doit être presque nulle, si (comme le rend probable M. Laplace, dans son *Supplément à la Théorie de l'action capillaire*) l'enveloppe est une lame d'eau dont l'épaisseur est plus petite que le rayon d'activité sensible de ses

molécules. L'air dans lequel se trouvent les vapeurs vésiculaires est saturé d'eau, et, comme nous venons de le voir tantôt par les expériences du prisme de M. Biot, l'eau dissoute n'altère aucunement le jeu des réfractions.

Il paraît donc que les expériences de M. Arago et les miennes, sur le pouvoir réfringent des nuages, sont conformes à la théorie. Les phénomènes extraordinaires observés par M. Delambre pendant un mois entier à Boiscommun, peuvent avoir été causés, non par l'état hygrométrique de l'atmosphère, mais par les anomalies dans la loi du décroissement du calorique dans les couches d'air supposées. C'étaient des observations de réfractions terrestres, même des angles de dépression; par conséquent, les réfractions atmosphériques observées à Boiscommun, étaient modifiées par la différence de densité entre la couche d'air qui forme le brouillard, et entre les couches qui agissent sur ce dernier. L'observateur, enveloppé dans le brouillard, se trouve dans l'air humide qui remplit les interstices de la vapeur vésiculaire; il est environné d'un air condensé par un refroidissement subit et local. En effet, d'autres observations prouvent qu'à des angles de hauteur auxquels l'influence du décroissement du calorique est imperceptible, le brouillard n'exerce pas d'influence sur les réfractions. Dans le grand nombre d'observations d'Antarès, faites avec le plus grand soin à l'Observatoire Impérial, on n'a pas remarqué qu'après avoir employé les corrections nécessaires pour le baromètre et le thermomètre, les passages

d'Antarès, par le méridien, aient donné des angles sensiblement différens, selon qu'on les a pris par un tems sec et dans une brume assez épaisse. Il serait important d'examiner si les mêmes brouillards, qui altèrent la réfraction terrestre, affectent aussi la déviation des rayons qui nous arrivent sous des angles au-dessus de 12 ou 14°. Ces observations décideraient si les brouillards agissent par une autre voie qu'en diminuant le jeu du calorique rayonnant à la surface du globe, et en ralentissant le décroissement du calorique.

Il résulte de ces considérations développées dans la seconde partie de mon Mémoire, que la constitution chimique de l'atmosphère, non plus que son état hygrométrique, ne présentent aucune cause qui puisse expliquer une diminution dans les réfractions sous l'équateur. L'inflexion du rayon lumineux, supposé qu'il nous parvienne sous un angle plus grand que 10°, est simplement fonction de la pression et de la température de la couche inférieure de l'air qui entoure l'observateur. Quelques astronomes ont jeté des doutes sur la correction thermométrique appliquée à des extrêmes de chaleur et de froid; mais en se rappelant que, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, les dilations des gaz sont proportionnelles à leur température, et que depuis le point de la glace fondante jusqu'à 100°, la marche du thermomètre à air est la même que celle du thermomètre à mercure, on se voit forcé d'admettre que la correction thermométrique est croissante uniformément avec les degrés du thermomètre

à mercure observé à l'air libre au moment que l'angle est pris à l'instrument. Cette uniformité se manifeste d'une manière frappante dans deux observations de M. Swanberg, que nous allons développer plus bas, et qui présentent la plus grande harmonie, quoique l'une eût été faite à  $29^{\circ}$  et l'autre à  $13^{\circ}$  au-dessous de zéro, le baromètre n'ayant varié que de douze millimètres.

#### *Décroissement du Calorique.*

Il nous reste à examiner la constitution de l'atmosphère des tropiques, sous le rapport qui influe le plus sur les réfractions horizontales et presque horizontales : je parle de la loi du décroissement du calorique dans les couches d'air superposées les unes aux autres. Si cette loi fut trouvée différente dans les zones diverses, les réfractions au-dessous de  $10^{\circ}$  devraient l'être aussi, malgré l'identité dans la composition chimique de l'atmosphère, et malgré l'influence nulle de la sécheresse et de l'humidité. En effet, un astronome distingué, séduit par la comparaison des réfractions observées par Piazzi et Masklyne, a tenté de prouver récemment, *a priori*, que le décroissement du calorique doit être plus rapide dans les climats chauds, et que par conséquent la réfraction horizontale doit augmenter en raison inverse de la température moyenne des lieux. Cette assertion, si elle embrasse les observations faites pendant l'été, est démentie par un grand nombre d'expériences que j'ai

eu occasion de faire pendant le cours de mon expédition à l'équateur. Aucun autre voyageur ne s'étant occupé de ces recherches sur le décroissement du calorique dans l'atmosphère de la zone torride, je réunirai dans une table les résultats de mes observations faites dans les deux hémisphères. Je m'arrêterai aux seuls nombres. Le détail des localités sur lesquelles se fonde le choix des observations, et la probabilité des résultats qu'elles présentent, se trouve discuté dans un Mémoire qui va paraître dans ceux de l'Académie de Berlin pour l'année 1807.

Si, au lieu d'un noyau solide enveloppé d'un fluide aériforme, nous nous figurons un sphéroïde gazeux transparent, et tournant sur lui-même autour du soleil, nous concevons que les rayons solaires n'y produiraient de la chaleur, qu'autant que la lumière serait affaiblie en passant par des couches d'air plus ou moins denses. L'extinction de la lumière y serait la seule cause de la chaleur. Par conséquent, la température serait moindre vers la surface que dans les couches intérieures. La température augmenterait d'abord avec la densité croissante des couches ; mais, à cause de l'affaiblissement même des rayons lumineux, cette température parviendrait probablement à son *maximum* dans un point éloigné du centre et de la surface. Jus- qu'ici notre sphéroïde gazeux ressemblerait à ces corps célestes que Herschel a nommés des *Nébuleuses planétaires*.

Imaginons maintenant un noyau solide au milieu de ce fluide aériforme : dès ce moment,

nous voyons naître deux autres causes de température ; le faible effet de l'extinction de la lumière se perd auprès de l'effet du calorique rayonnant et du courant ascendant. Il est inutile de discuter ici la possibilité d'une quatrième cause. Nous n'agiterons pas la question, si les fluides aériformes peuvent conduire le calorique sans mouvement de translation dans les molécules. Un physicien célèbre, M. de Rumford, s'est occupé de la résolution de ce problème. Il ne nous intéresserait que dans le cas où des vents chauds souffleraient dans les hautes régions seules de l'atmosphère. Cependant, l'agitation de l'air mêlerait bientôt les molécules voisines ; il serait même alors impossible de faire abstraction du mouvement de translation.

L'effet du courant ascendant, comme celui du calorique rayonnant, n'avait pas échappé à la sagacité d'Aristote et de ses disciples. J'ai développé, dans un autre endroit, que dans le premier livre des *Meteorologica*, et dans la vingt-cinquième section des Problèmes attribués à Aristote, la hauteur des nuages et leur densité sont considérées comme des phénomènes qui dépendent de l'ascension de la chaleur, et qui contribuent à en modifier l'action (1).

Le décroissement du calorique étant l'effet simultané de trois causes générales, de l'ex-

(1) *Aristotelis opera omnia*, t. II, ed. Casaub., p. 458.  
327.

inction

inction de la lumière pendant son passage à travers les couches d'air plus ou moins denses, de la chaleur rayonnante et du courant ascendant, tout ce qui modifie ces causes doit aussi modifier la loi du décroissement. Ce dernier doit être plus lent au-dessus de la surface de la mer ou au-dessus d'une campagne couverte de neige, qu'au-dessus d'un désert dénué de végétaux ou au-dessus d'une couche horizontale de schiste micacé. Il doit être plus rapide sur la pente d'une montagne conique, qu'au-dessus d'une cordillère qui présente de grands plateaux élevés par étages les uns au-dessus des autres. Mais en discutant la réfraction moyenne correspondante à de petits angles de hauteurs entre 6 et 10°, il ne s'agit aussi que de la loi du décroissement moyen. Nous verrons tantôt que cette loi est plus constante qu'on devrait le supposer, à cause des variations de température produites par les courans d'air horizontaux et verticaux ; nous trouverons qu'elle est aisée à reconnaître à travers un grand nombre de petites perturbations locales.

La progression selon laquelle les couches d'air superposées sont plus froides selon qu'on s'éloigne de la surface du globe, peut être reconnue par cinq voies différentes, dont les deux premières seules paraissent mener à des résultats certains. Ces moyens sont des ascensions aérostatiques, des voyages vers la cime de montagnes isolées et à pente rapide, la comparaison des températures moyennes observées pendant plusieurs années dans deux endroits qui auraient une élévation très-différente, et

qui seraient peu éloignés l'un de l'autre, la température des sources et celle des cavernes, que quelques physiciens osent nommer la température de l'intérieur du globe. On pourrait y ajouter la connaissance des réfractions horizontales, et un septième moyen, peu exact, celui de déduire le décroissement du calorique de la hauteur à laquelle se maintiennent les neiges éternelles dans les différentes zones du globe.

*Voyages dans les Andes.*

Des excursions faites à la cime d'un pic élevé et très-escarpé, offrent presque les mêmes avantages que les ascensions aérostatiques, l'observateur au pied du pic se trouvant, pour ainsi dire, dans la même verticale que l'observateur placé au sommet. Dans le tableau suivant de mes expériences, on peut distinguer, sous ce rapport, comme plus exactes, les excursions que nous avons faites, M. Bonpland et moi, au Mexique, à la cime du Naucampatepetel, appelé aujourd'hui le *Cofre de Perote*, et au Nevado de Toluca; sur les bords de la mer du Sud, à la cime de Rucu-Pichincha; sur la côte de Venezuela, à la Sille de Caraccas; à l'île de Ténériffe, au sommet du pic de Teyde. Je nomme ce volcan le dernier, parce que, rapproché des côtés du continent de l'Afrique, il a le désavantage d'être baigné quelquefois par des courans d'air chaud qui soufflent de l'Est et du Sud-Est. En effet, M. Labillardière, qui est parvenu huit ans avant moi, le 17 octobre 1791, à la cime du pic de Ténériffe, et qui y a fait un nombre

d'observations importantes, rapporte, dans la relation de son voyage, qu'à 3700 mètres de hauteur, en automne, l'air y avait une température de  $18^{\circ},7$  du thermomètre centigrade. Aussi le vent, comme l'indique l'observateur lui-même, était Sud-Sud-Est. Par conséquent, la différence de température entre la cime et l'air de la côte ne dépassait pas  $9^{\circ}$ , au lieu qu'avec un vent Ouest qui ne souffle pas du continent de l'Afrique, je trouvai une différence de  $20^{\circ}$ : Lamanon, lors de l'expédition de Laperouse, en trouva  $19^{\circ}$ . Cette harmonie, entre les résultats obtenus sous des circonstances favorables, est d'autant plus frappante, que j'observai au bord du cratère, mais à l'ombre et très-éloigné du sol,  $+2^{\circ},7$ , tandis que le thermomètre de Lamanon marquait  $+11^{\circ},6$ . L'une de ces observations donne un décroissement de chaleur de 184 mètres, l'autre de 195 mètres par degré centigrade, décroissemens qui ne diffèrent entre eux que de 11 mètres.

Le tableau suivant indique l'époque de l'observation; la latitude des lieux, fondée sur mes propres déterminations astronomiques; la hauteur de la colonne d'air parcourue, calculée d'après la formule barométrique de M. Laplace, en y appliquant le nouveau coefficient de M. Ramond; la différence de température entre la couche inférieure et supérieure, et la loi du décroissement pour  $1^{\circ}$  du thermomètre centigrade.

Les hauteurs des colonnes d'air que j'ai traversées sont, la plupart, entre 3000 et 5800 mètres: j'y ai ajouté les résultats du décroisse-

196 SUR LES RÉFRACTIONS ASTRONOMIQUES  
 ment du calorique relatif à 1° du thermomètre  
 de Réanmur.

| LIEUX ET ÉPOQUES<br>de<br>L'OBSERVATION.   | LATITUDE<br>des<br>lieux. | HAUTEUR<br>de la<br>colonne<br>d'air<br>parcourue. | DIFFÉR.<br>de tem-<br>pérature<br>entre la<br>couche<br>infér. et<br>supér.<br>(Therm.<br>centig.) | LOI<br>DU DÉCROISSEMENT.       |                                |
|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                            |                           |                                                    |                                                                                                    | Pour 1 deg.<br>centigrade.     | Pour 1 deg.<br>du<br>therm. R. |
| Coffre de Perotte. . .<br>(février 1804.)  | 19° 29' bor.              | 4047 <sup>m.</sup>                                 | 22°,1                                                                                              | 183, <sup>m.</sup> 1           | 117, <sup>t.</sup> 3           |
| Nevado de Toluca. . .<br>(septembre 1803.) | 10° 6' bor.               | 4619 <sup>m.</sup>                                 | 23°,2                                                                                              | 198, <sup>m.</sup> 7           | 128, <sup>t.</sup> 1           |
| Silla de Caraccas. . .<br>(janvier 1800.)  | 10° 37' bor.              | 2603 <sup>m.</sup>                                 | 13°,7                                                                                              | 189, <sup>m.</sup> 8           | 121, <sup>t.</sup> 4           |
| Fuerte de la Cuchilla.<br>(décembre 1799.) | 10° 33' bor.              | 1512 <sup>m.</sup>                                 | 8°,5                                                                                               | 177, <sup>m.</sup> 8           | 114, <sup>t.</sup> 1           |
| Guadalupe. . . . .<br>(juillet 1801.)      | 4° 36' bor.               | 3287 <sup>m.</sup>                                 | 16°,9                                                                                              | 194, <sup>m.</sup> 4           | 124, <sup>t.</sup> 3           |
| Pichincha. . . . .<br>(mai 1802.)          | 0° 14' austr.             | 4679 <sup>m.</sup>                                 | 23°,7                                                                                              | 197, <sup>m.</sup> 8           | 126, <sup>t.</sup> 3           |
| Chimborazo. . . . .<br>(juin 1802.)        | 1° 28' austr.             | 5876 <sup>m.</sup>                                 | 29°,1                                                                                              | 201, <sup>m.</sup> 9           | 129, <sup>t.</sup> 4           |
| Pico de Teneriffa. . .<br>(juin 1799.)     | 28° 17' bor.              | 3704 <sup>m.</sup>                                 | 20°,1<br>19°,0                                                                                     | 184, <sup>m.</sup> 2<br>194, 9 | 118, <sup>t.</sup> 3<br>125, 3 |
| Terme moyen. . . . .                       |                           |                                                    |                                                                                                    | 191, <sup>m.</sup> 4           | 122, <sup>t.</sup> 6           |

Les extrêmes des résultats obtenus ne diffèrent du résultat moyen, pour les *minimum* et les *maximum*, que de 10 et de 14 mètres. D'après cette harmonie frappante, on pourrait supposer que les observations contenues dans le tableau, ont été choisies parmi un grand nombre, et que le choix n'a pas été fait avec toute l'impartialité requise. Nous éloignerons ce soupçon, en observant que tout le journal de mon voyage, n'offre d'autres expériences que celles rapportées dans le tableau, à l'exception de deux seulement faites dans des circonstances peu favorables. Cependant, ces deux observations rejetées, offrent encore un résultat qui ne diffère que de 21 et 25 mètres du résultat moyen. En ne les rejetant pas, on aurait pour la loi du décroissement 193 mètres, au lieu de 191 mètres.

*Température moyenne de toute l'année.*

*Effet des plateaux.*

S'il existait à la cime de l'Etna, du pic de Ténériffe ou de Pichincha, des observatoires dans lesquels on fit des expériences diurnes sur la température de l'air, sur son humidité et sa tension électrique, sur les réfractions horizontales, sur les variations horaires de la déclinaison magnétique, expériences comparables à d'autres qu'à la même époque on ferait dans les plaines voisines, l'ensemble de ces travaux importants répandrait un grand jour sur la connaissance physique du globe et de l'atmosphère qui l'enveloppe. La comparaison des températures moyennes d'une année

entière donnerait, sans doute, sur le décroissement du calorique, un résultat plus exact que des ascensions aérostatiques ou des excursions faites à la cime des montagnes les plus élevées. Mais (par malheur pour le progrès des sciences physiques) dans la zone qui est le centre de la culture intellectuelle, les villes considérables situées sur les plateaux les plus élevés en Europe (Madrid et Inspruck), n'ont pas 600 mètres d'élévation au-dessus du niveau de l'Océan. Il est vrai que dans les Pyrénées et dans les Alpes, deux villages, Heas et Saint-Remy, sont placés à 1400 et 1600 mètres de hauteur. Le couvent du Saint-Bernard est l'endroit le plus élevé qui soit perpétuellement habité en Europe : sa hauteur perpendiculaire est de deux mille mètres. Mais nous ne connaissons point la température moyenne de cet endroit ; nous l'ignorons dans la zone tempérée pour toute couche d'air plus élevée que celle dans laquelle se trouve le couvent du Saint-Gothard. Au contraire, dans la partie équinoxiale du nouveau continent, l'homme habite des plateaux dont la hauteur est bien au-delà de 4000 mètres. Je ne parle pas de quelques hameaux épars ; nombre de villes considérables, comme Huancavelica et Mictipampa au Pérou, sont construites sur le dos des Andes à 3700 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer du Sud. Cette position extraordinaire facilitera singulièrement le progrès des sciences physiques, quand la civilisation du monde, accélérant la marche qu'elle a tenue depuis long-tems de l'Est à l'Ouest, arrivera des côtes orientales de l'Océan Atlan-

tique aux rives du Missouri et du Marañon. Jusqu'ici le peu d'observations que l'on a pu recueillir sur la température moyenne des grandes villes de Quito, de Santa-Fe de Bogota, de Mexico et de Popayan, ne saurait conduire à un résultat exact sur la loi du décroissement du calorique. La position de ces villes s'y oppose ; elles ont été fondées au milieu de vastes plaines élevées de 1800 à 3000 mètres au-dessus des côtes voisines. On peut considérer ces plateaux comme des bancs ou des bas-fonds de l'océan aérien ; fixant les rayons solaires, ils élèvent la température des courans d'air froid et raréfié qui baignent leur surface. A la cime du Chimborazo, l'air est généralement de 34° plus froid que celui des côtes, parce que la couche d'air qui enveloppe le sommet est éloignée de 6550 mètres de la surface du globe qui absorbe et fixe les rayons. Si tout le diamètre de la terre augmentait de 6500 mètres, la couche d'air dont nous venons de désigner la température, serait rapprochée de la croûte de notre planète et aurait le climat des plaines actuelles. Par un effet analogue, les plateaux dans lesquels sont situées les grandes capitales de l'Amérique espagnole, donnent à ces villes une température beaucoup plus élevée qu'elles ne devraient avoir à cause de leur hauteur. Cette influence des plateaux, sur l'air des hautes régions de l'atmosphère, se manifeste dans le tableau suivant, dans lequel j'ai réuni mes observations sur la température moyenne de quatre villes principales du Nouveau-Continent. Sur le dos prolongé de la Cordillère, dans les hautes plaines des Andes, on trouve

à 1600 mètr. de hauteur la température moyenne d'Alger, à 2700 mètres celle de Florence et de Rome ; mais sur la pente rapide , partout où il n'y a point de plateaux , il faut descendre beaucoup plus bas pour trouver des climats analogues à ceux de l'Italie et de l'Afrique septentrionale.

| LIEUX<br>d'observation. | LATITUDE<br>des lieux. | ÉLÉVATION<br>au-dessus<br>du niveau de<br>la mer. | Température<br>moyenne<br>observée sur<br>le therm.<br>centigr. | DÉCROISSEMENT<br>du calorique. |                            |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                         |                        |                                                   |                                                                 | Pour 1°<br>centigrade.         | Pour 1°<br>du<br>therm. R. |
| Quito. . . . .          | 0° 13' 17" austr.      | 2907.m.                                           | 15°,0                                                           | 244 <sup>m</sup> ,4            | 157 <sup>t</sup>           |
| Popayan. . . . .        | 2° 26' 17" bor.        | 1769.m.                                           | 20°,6                                                           | 283 <sup>m</sup> ,1            | 181 <sup>t</sup> ,6        |
| S. Fede Bogota.         | 4° 35' bor.            | 2660.m.                                           | 16°,5                                                           | 256 <sup>m</sup> ,1            | 164 <sup>t</sup> ,5        |
| Mexico. . . . .         | 19° 25' 55" bor.       | 2277.m.                                           | 16°,9                                                           | 249 <sup>m</sup> ,3            | 160 <sup>t</sup> ,6        |

Terme moyen. . . . . 258<sup>m</sup>,4 165<sup>t</sup>,7

Ces expériences , faites dans des plateaux propres à échauffer l'air ambiant , donnent , conformément à la théorie développée plus haut , un décroissement plus lent que celui qui résulte des ascensions aérostatiques ou des excursions entreprises vers la cime de pics isolés. Au lieu de 191 mètres , on trouve pour terme moyen 258 mètres. Il est aussi intéressant d'observer que l'influence des plateaux sur la température est si uniforme , que trois observations s'accordent entre elles à 12 mètres près , et que la seule observation faite dans un plateau beaucoup moins élevé et abrité contre les vents

froids , ne diffère que de 25 mètres du terme moyen des autres.

### Température des Sources.

La troisième méthode indiquée pour déterminer la loi du décroissement du calorique , est la température décroissante des sources qui sont plus ou moins élevées au-dessus du niveau de l'Océan. Ce phénomène curieux a été l'objet des recherches de plusieurs savans distingués , de Saussure , de Cavendish , et récemment d'un physicien minéralogiste , M. de Buch , qu'une noble ardeur pour les sciences a guidé au Cap-Nord , pour y étudier les phénomènes que présente la nuit polaire. Les sources indiquent le plus souvent la température moyenne des lieux. Elles l'indiqueraient toujours , si les petits courans d'eau qui filtrent dans l'intérieur des roches venaient de la même hauteur , et si , par conséquent , ces eaux ne réunissaient pas au sein de la terre des températures moyennes qui appartiennent à des élévations différentes. M. Hunter , à l'invitation de Cavendish , a mesuré la chaleur des sources qui arrosent à la Jamaïque la pente des montagnes Bleues. Depuis le niveau de la mer jusqu'à la hauteur de 1272 mètres , M. Hunter trouva que la température de ces sources diminuait peu à peu de 26°,5 à 16°,5 du thermomètre centigrade. Ce décroissement est beaucoup trop rapide pour ne pas croire que la source la plus élevée , et par conséquent la plus froide , celle de Wallen-Housse , ne reçoive ses eaux de la cime des montagnes Bleues , qui ont 2218 mètres d'élé-

vation au-dessus des côtes de la Jamaïque. Pendant le cours de mes voyages, j'ai eu occasion de faire un grand nombre d'observations analogues. Dans la province de Caraccas, j'ai trouvé constamment (comme je l'ai exposé dans un autre endroit) que les sources étaient de 4—5° plus froides que la chaleur moyenne du lieu où elles venaient au jour. De même, dans la plaine de Rome, les sources ont 11—12°, tandis que la chaleur moyenne de l'air y est de 16°.

*Cavernes.*  
La température des cavernes, ou celle des galeries creusées par la main de l'homme, indiquerait aussi le décroissement du calorique, s'il était possible d'observer cette température sous des conditions qui excluraient l'influence d'une multitude de causes locales et même variables dans les mines les plus voisines. Je ne doute pas qu'on ne pût obtenir des résultats intéressans sur ce que l'on désigne du nom pompeux de la température de l'intérieur du globe, si sur la pente de la Cordillère des Andes, on creusait des galeries (dans une roche sèche qui ne contiendrait ni partie métallique, ni fentes ouvertes à la circulation de l'air) de 1000 mètres environ, depuis le niveau de la mer du Sud, jusqu'à 4800 mètres de hauteur. Les expériences faites depuis tant d'années dans les caves de l'Observatoire Impérial, et dans quelques autres endroits de l'Europe, prouvent que l'on trouverait dans ces galeries une chaleur identique avec la température moyenne des couches d'air qui sont placées à la même

hauteur que la bouche de la mine. Mais le voyageur, qui n'a à sa disposition que les creux ouverts par la main de la nature ou par l'industrie de l'homme, est bien éloigné de pouvoir fournir des résultats satisfaisans; il mesure la température de la croûte du globe, modifiée par la décomposition des substances métalliques, par la formation des fluides aériiformes, par la force conductrice qu'ont les différentes roches pour le calorique, et par des courans d'eau et d'air dont il ignore l'origine et la longueur du chemin tortueux. Je me suis trouvé aux Andes, dans l'hémisphère austral, dans les mines dont le fond était élevé de 3700 mètres au-dessus du niveau des mers; l'air y était constamment de 13°,7 à 14°,2, tandis que l'atmosphère extérieure variait de  $-2\frac{1}{2}$  à  $+8^\circ$ . Deux mille sept cents mètres plus bas que cette mine péruvienne de Micuipampa, dans la caverne du Guacharo, dans la province de Cumana, le thermomètre centigrade indiquait 18°,7. Sur les côtes de l'île de Cuba, la température des cavernes calcaires voisines de la Havane, est de 22°. Ces résultats sont d'autant plus curieux, qu'on ne peut les obtenir qu'à la pente du groupe colossal des Andes. On n'y méconnaît pas l'influence de l'élévation des sites sur la température des cavernes et des mines; mais ces observations, que j'ai tâché de multiplier aussi souvent que les circonstances l'ont permis, ne sont pas d'une nature à pouvoir mener à la connaissance exacte de la loi que nous cherchons.

*Limite des Neiges perpétuelles.*

La différence de hauteur à laquelle se trouvent les neiges perpétuelles, depuis le pôle jusqu'à l'équateur, présente un sixième et dernier moyen par lequel on pourrait être tenté de vouloir résoudre le problème du décroissement de la chaleur. Si, conformément à la supposition de Bouguer, cette limite inférieure se trouvait exactement à la hauteur d'une couche d'air dont la température moyenne est zéro, la simple détermination de cette hauteur, comparée à la température moyenne de la plaine voisine, offrirait dans chaque zone le décroissement du calorique. Or, d'après les mesures faites dans les différentes parties du globe par Saussure, Ramond, Ohlsen, M. de Buch et par moi, les neiges éternelles commencent :

Sous l'équateur à 4800 m. de hauteur.

|               |      |
|---------------|------|
| 20° de lat. à | 4600 |
| 45° . . . .   | 2550 |
| 62° . . . .   | 1750 |
| 65° . . . .   | 950  |

Les températures moyennes correspondantes à ces latitudes indiquées, sont, d'après les observations les plus exactes :

|                  |       |
|------------------|-------|
| Pour 0° latitude | 27°   |
| 20°              | 26°   |
| 45°              | 12,7° |
| 62°              | 4°    |
| 65°              | 0°    |

Il suit de la comparaison de ces deux séries de nombres, un décroissement moyen de chaleur, qui ne s'accorde guère avec le résultat des

voies plus directes. Le manque d'harmonie se fait peu sentir depuis l'équateur jusqu'au parallèle de 45°, où l'on trouve, au lieu de 191 mètres par degré du thermomètre centigrade, 177, 176 et 200 mètres. Mais plus on approche du pôle, et plus on s'aperçoit que la méthode est défectueuse ; on trouverait 437 mètres et 950 mètres pour la Norvège et pour l'Islande. Cependant la cause de ces irrégularités est facile à entrevoir. Nous prouverons plus bas que le décroissement de la chaleur dans l'air est fonction de la température moyenne des plaines ; et que par conséquent le décroissement, dans la même zone, est plus lent en hiver qu'en été. En considérant le décroissement moyen de toute l'année, on le trouve aussi plus rapide dans les régions équinoxiales que dans la zone plus voisine du pôle. Des observations de réfractions horizontales faites récemment à Torneo, fixent même les limites de ces variations ; elles prouvent que le décroissement correspondant à 62° de latitude, bien loin d'être la moitié de celui observé sous l'équateur, n'est encore que d'un cinquième plus lent. Si l'on parcourt les différentes zones depuis les tropiques jusqu'au cercle polaire ; si l'on jette les yeux sur les dernières mesures très-exactes faites par MM. de Buch, Ohlsen et Vellafsen, on est frappé de la grande hauteur à laquelle commencent les neiges perpétuelles au-delà du 58° de latitude boréale. On voit diminuer la température moyenne, depuis Paris jusqu'en Norvège, en raison de 3 : 1, tandis que les limites des neiges perpétuelles sont en rapport de 5 : 3. Mais la cause de ce

phénomène n'est pas l'effet seul de la lenteur du décroissement du calorique ; des expériences directes prouvent ( et ce point n'a pas encore été discuté par les physiciens ) que la couche d'air par laquelle passe la courbe des neiges éternelles , n'a pas la même température moyenne dans les différentes zones du globe ; que bien loin d'être à zéro , comme Bouguer et après lui tous les physiciens l'ont supposé , elle est au-dessus de zéro sous l'équateur et au-dessous dans les régions boréales. M. Cotta a déduit soigneusement la température moyenne du couvent du Saint-Gothard , des observations qui y ont été faites à l'invitation de la Société météorologique de Manheim : cette température moyenne est d'un degré au-dessous du point de la congélation. Cependant , le couvent est baigné par des vents chauds venant des plaines de la Lombardie , et le passage du Saint-Gothard est de près de 600 mètres plus bas que la limite des neiges perpétuelles. Les frères Moraves , qui observent assidûment le thermomètre à Nain , situé sur la côte orientale du Labrador , sous les  $56^{\circ} 55'$  de latitude , y trouvent la température moyenne de  $3^{\circ}$  au-dessous de zéro , et cependant Nain est encore éloigné de  $9^{\circ}$  du cercle polaire , et peut-être de plus de  $20^{\circ}$  du point où la courbe des neiges éternelles coïncide avec la surface du globe. M. Pictet , qui nous a fourni des observations curieuses sur la hauteur des neiges à la pente du Buet , pense aussi que ces neiges commencent dans une couche d'air , dont la température moyenne peut être évaluée à  $4^{\circ}$  au-dessous du point de la congélation. Plus au Nord , cette couche

d'air est plus froide encore ; car , plus les neiges descendent , et plus elles sont exposées à la chaleur que pendant l'été communique la surface du globe aux couches d'air supérieures. Ces variations de température , dont l'influence est en rapport inverse avec la hauteur à laquelle commencent les glaces , se manifestent aussi dans le phénomène que l'on peut appeler l'*oscillation* de la limite inférieure ; oscillation qui sous l'équateur est de 50 mètres , sous le tropique du Cancer de plus de 600 mètres , sous les  $45^{\circ}$  de plus de 2000 mètres.

Dans la zone torride , où l'influence des saisons est nulle , on trouve les neiges perpétuelles à une élévation dont la température moyenne est à peu près  $1^{\circ}$  au-dessus de zéro. Il est infiniment rare , dans la Cordillère des Andes , de voir entre 4000 et 5300 mètres de hauteur le thermomètre à zéro , sur-tout depuis sept heures du matin jusqu'à huit heures du soir : à cette époque , la température de l'air reste généralement entre  $3^{\circ}$  et  $9^{\circ}$  ; quelquefois elle monte , et c'est très remarquable , jusqu'à  $15^{\circ}$  ou  $19^{\circ}$ . A la pente du Chimborazo , à 5550 mètres d'élévation , par un tems froid et brumeux , le soleil ayant été caché pendant vingt-deux heures de suite , il se soutint encore à  $2^{\circ},8$  au-dessus de zéro. Le plus grand froid que les académiciens français observèrent , en 1737 , dans leur cabane de Pichincha , située près de la limite des neiges perpétuelles , était au lever du soleil de  $-6^{\circ}$ . Or , la température du jour était entre  $3^{\circ}$  et  $9^{\circ}$  : il s'ensuit que la moyenne est aussi au-dessus de zéro. Ce résultat est conforme à la théorie ; car à ces

hauteurs il tombe presque journellement de la neige, le thermomètre étant à 1° ou 2° *au-dessus* du point de la congélation. Ce qui en fond pendant quelques heures est compensé par une nouvelle précipitation. La couche intérieure est défendue par la couche extérieure; l'équilibre se maintient dans un air dont la température moyenne est celle à laquelle il tombe de la neige dans tous les climats. Il suit de ces recherches, que la connaissance de la limite des glaces éternelles, ne peut pas conduire à la connaissance de la loi du décroissement, cette limite n'étant pas seulement fonction du décroissement, mais aussi d'une autre quantité qui est variable selon les latitudes, et que nous ne pouvons déterminer qu'imparfaitement.

Nous venons de discuter les six méthodes par lesquelles on pouvait espérer de fixer la loi du refroidissement des couches d'air superposées. Nous avons vu que les ascensions aérostatiques et les voyages faits à la cime de montagnes escarpées, sont les seuls moyens qui mènent à la résolution complète d'un problème, dont dépend l'inflexion des rayons lumineux au-dessous de dix degrés de hauteur apparente. Le résultat d'une série d'expériences, dont les extrêmes s'accordent à 14 mètres près, est que dans la région équinoxiale, où la température moyenne de la plaine est de 22° à 26°, le décroissement moyen est de 191 mètres pour 1° du thermomètre centigrade. Il nous reste à comparer ce décroissement avec celui observé dans la zone tempérée; car, comme nous l'avons développé plus

plus haut, si les réfractions horizontales ou presque horizontales étaient aussi petites sous l'équateur que Bouguer les indique, la cause de ce phénomène ne pourrait être fondée que sur un décroissement qui serait plus rapide sous les tropiques et plus lent en Europe.

*Expériences faites en Europe sur le décroissement du calorique.*

Mais nous verrons bientôt que cette différence n'est qu'imaginaire. Je ne parlerai pas des rêves d'un grand homme, qui crut que la température de l'air pouvait augmenter à mesure que l'on s'éloignait de la surface du globe. Daniel Bernouilli, dans son *Traité d'Hydrodynamique*, attribue le froid que l'on sent sur les montagnes à quelque influence secrète du sol. Séduit par de fausses observations du P. Feuillée, il ajoute: *Non puto absurdum esse si dicamus calorem aeris medium eo majorem esse, quo magis a superficie maris distat.* Je ne citerai pas les nombres auxquels s'arrête Lambert dans sa *Pyrométrie* et dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin* pour l'année 1772. Des spéculations théoriques conduisirent ce géomètre à admettre que le décroissement du calorique, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1000 mètres de hauteur, est de 80 mètres; depuis 1000 jusqu'à 3000 mètres, de 100 mètres; et au-delà de la cime de l'Etna, de 129 mètres. Saussure, guidé par des expériences directes, suppose le décroissement pendant l'été de 160 mètres, pendant l'hiver de 230 mètres. Son voyage à la cime de l'Etna lui

donne 177 mètres, celui au Mont-Blanc 142 mètres; mais Saussure même regarde le dernier résultat comme peu exact, à cause des circonstances particulières qui ont accompagné l'observation.

Le résultat le plus précis que nous ayons jusqu'à ce jour, sur le refroidissement des couches d'air atmosphérique, est celui fourni par la seconde ascension aérostatique que M. Gay-Lussac a faite à l'invitation de l'Institut: le thermomètre indiquait à terre  $+ 27^{\circ},7$  à 3700 mètres au-dessus de Paris  $8^{\circ},5$  à 6980 mètres —  $9^{\circ},5$ . Il en résulte, pour la première colonne d'air de 1900 toises, un décroissement de 193 mètres; pour la région de l'atmosphère, située entre la hauteur du pic de Ténériffe et celle du Chimborazo, 182 mètres; pour toute la hauteur de 7000 mètres, 187 mètres. Si l'on admet que le petit changement de température de  $3^{\circ}$  qui a eu lieu à la surface de la terre pendant la durée de l'ascension, s'est fait sentir instantanément à l'énorme hauteur à laquelle se trouvait le voyageur (supposition qui ne paraît pas tout-à-fait exacte), on aura 173 mètres au lieu de 193 mètres. Il suit de cette observation précieuse, qu'à une époque où, sous les  $49^{\circ}$  de latitude, la température de la plaine était égale à la température moyenne des tropiques, la loi du décroissement du calorique était la même dans les deux zones. Le résultat que je trouve pour l'équateur, ne diffère de celui obtenu au-dessus de Paris, que de 2 mètres, et dans le cas d'une supposition moins fondée, de 18 mètres sur 191 mètres. Cette distribution égale du calorique, cet équilibre de température

dans lequel se placent des couches d'air horizontalement éloignées les unes des autres de plus de 2000 lieues, ont de quoi exciter notre admiration. Au-dessus de la hauteur du Mont-Blanc, nous avons, M. Gay-Lussac et moi, l'un sous les  $49^{\circ}$  de latitude, l'autre sur la pente du Chimborazo, observé à un demi-degré près, aux mêmes hauteurs, les mêmes températures.

*Effet du froid des plaines sur la loi du décroissement du calorique.*

Nous pourrions nous arrêter aux résultats que nous venons d'obtenir; ils suffisent pour prouver que la loi que suit le décroissement du calorique sous l'équateur, n'y peut pas produire une différence de réfractions horizontales avec celles qui ont été observées pendant l'été dans le Nord de l'Europe. Mais pour compléter ces recherches sur la constitution physique de l'atmosphère, il est important de discuter un autre point sur lequel nous manquons d'observations précises. Si la température des couches d'air superposées décroît au-dessus d'une plaine dont l'air ambiant est entre  $22^{\circ}$  et  $30^{\circ}$ , à raison de 191 mètres par degré du thermomètre centigrade, il ne s'en suit pas de-là que cette loi soit la même, lorsque l'air de la plaine s'éloigne de cette température normale à laquelle ont été faites les observations sous l'équateur et en Europe. Les habitans des montagnes savent, et la théorie de l'échauffement du globe par les rayons solaires l'explique facilement, qu'en hiver il fait beaucoup moins

froid sur les grandes hauteurs qu'on ne devrait le supposer, d'après la différence de température observée en été entre les montagnes et les plaines. Saussure crut (comme je l'ai rapporté plus haut) que si le décroissement en été était de 160 mètres, il devrait être de 230 mètres pendant les hivers de l'Europe. Aucune observation directe n'a été faite jusqu'ici pour confirmer cette supposition. Les hauteurs des trois couvens du Saint-Gothard, du Saint-Bernard et du Mont-Cenis, sont beaucoup trop petites pour donner des résultats exacts. Des excursions vers la cime de montagnes considérablement élevées, des ascensions aérostatiques, sont des entreprises également dangereuses à exécuter par un froid très-rigoureux. Afin de résoudre cependant un problème si intéressant pour la théorie des réfractions et des mesures barométriques, je me suis servi de la voie indirecte qu'a indiquée, le premier, M. Laplace, dans le quatrième volume de sa *Mécanique céleste*. Le voyage aérien de M. Gay-Lussac a engagé ce grand géomètre à donner des formules par lesquelles on détermine le décroissement de la chaleur par l'observation des réfractions horizontales. M. Svanberg, un des savans suédois envoyés au cercle polaire pour vérifier la mesure de Maupertuis, nous a transmis deux observations de réfractions presque horizontales faites par un froid excessif de 13° et 29° centigrade au-dessous du point de la congélation. J'ai invité M. Matthieu, secrétaire au Bureau des longitudes, de vouloir bien calculer ces observations d'après les for-

mules de la *Mécanique céleste*. Cet astronome, dont la grande exactitude est connue des savans, a trouvé un résultat extrêmement curieux. Un des angles de M. Svanberg donne 243<sup>m</sup>,8, l'autre 243<sup>m</sup> par degré du thermomètre centigrade, ou 156',5 pour un degré du thermomètre de Réaumur. Ces nombres, qui ne s'écartent entre eux que de huit décimètres, prouvent encore cette admirable uniformité avec laquelle la chaleur se répand dans l'atmosphère pendant deux jours, dont la température diffère de 16°. Des deux observations de M. Svanberg, l'une a été faite à 0° 55', l'autre à 0° 16' de hauteur apparente. M. Matthieu, pour les réduire à l'horizon, s'est servi de la supposition plus que probable, que les réfractions sous les 45° de latitude et au pôle, sont proportionnelles pour des hauteurs égales et très-petites.

#### *Variations des réfractions horizontales.*

Nous ignorons encore, pour les zones tempérées, la réfraction horizontale de toute l'année. Pour la déterminer, il faudrait un grand nombre d'observations précises faites à différentes températures; il faudrait qu'on les réduisît toutes à la même pression barométrique et au même degré du thermomètre. La belle série d'observations faites par M. Delambre à Bourges, à 230 mètres au-dessus du niveau de la mer, prouve que le thermomètre demeurant entre 12° et 25°, les réfractions horizontales varient de 30' 20" à 35'. La moyenne, à cette température, était de 32' 24",

qui font 34' 14" du point de la congélation. Dans la table de Mayer, cette réfraction horizontale est d'une minute plus petite; dans celle de M. Laplace, elle est de 1' 22" plus grande. Ces différences de 4' 40" observées par M. Delambre, semblaient indiquer une variation considérable dans le décroissement du calorique. Il me paraissait indispensable d'en déterminer la quantité absolue. Voici ce que donne le calcul, en réduisant la réfraction à zéro de température :

| Nouvelle division. | Ancienne division. | Décroissem. calculé pour 1° R. | Décroissem. calculé pour 1° centigrade. |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| 7447'              | 40' 13"            | 156 <sup>t</sup> .             | 244 <sup>m</sup> .                      |
| 7000'              | 37' 48"            | 139                            | 217                                     |
| 6500'              | 35' 6"             | 110                            | 172                                     |
| 6000'              | 32' 24"            | 68                             | 106                                     |

On pourrait être frappé de ne pas voir correspondre dans ce tableau, à la réfraction moyenne de 34' 14", réfraction qui est l'effet de la constitution moyenne de l'atmosphère en été, le même décroissement du calorique que nous ont donné des expériences directes. Le calcul n'offre que 151 mètres au lieu de 191. Mais il ne faut pas oublier que le soleil levant ou couchant ne sert pas seulement à mesurer la réfraction horizontale; il influe aussi lui-même sur la constitution de l'atmosphère. Il est probable qu'à ces deux époques

du jour, des couches d'air les plus voisines ont la densité la plus différente. Cette irrégularité, causée par les premiers ou par les derniers rayons du soleil, doit rendre plus rapide le décroissement de la chaleur, et sur-tout sous les tropiques. On conçoit que la réfraction horizontale du disque solaire ne donne pas rigoureusement le décroissement moyen du jour, mais qu'elle indique ce décroissement modifié par le lever ou le coucher de l'astre. Cependant, ces variations correspondantes à 4' 40" (quantité dont varient, selon M. Delambre, les réfractions horizontales d'un jour à l'autre en été), ne sont encore que de 48 mètres par degré du thermomètre centigrade. Il est aisé de conclure de ce *maximum*, combien doit être constante la loi du décroissement pendant le milieu du jour, lorsque les petites causes d'irrégularité cessent de troubler l'équilibre général de l'atmosphère.

Nous venons d'établir, par l'ensemble de ces discussions, 1°. que le refroidissement des couches d'air superposées, suit la même loi sous les tropiques que dans la zone tempérée pendant l'été, et que cette loi est à peu près de 200 mètres par degré du thermomètre centigrade; 2°. que le décroissement varie avec la température plus ou moins élevée de la couche inférieure de l'air; mais que ce ralentissement, pendant le froid le plus rigoureux, ne paraît pas dépasser 244 mètres, c'est-à-dire, que le décroissement diminue d'un cinquième, depuis 25° au-dessus, jusqu'à 29° au-dessous du point de la congélation; 3°. que le décroissement moyen de toute l'année, est fonction de

la température moyenne des différentes zones, et que par conséquent il se ralentit depuis l'équateur au pôle. Nous terminerons la seconde partie de ce Mémoire, par une remarque sur la nature de la progression que suit le refroidissement des couches d'air atmosphérique.

L'expression généralement reçue, qu'une colonne d'air de telle ou telle hauteur appartient à un décroissement d'une quantité constante de chaleur, n'est pas rigoureusement exacte: elle l'est tout aussi peu que celle qu'un millimètre d'abaissement barométrique équivaut à tant et tant de mètres de hauteur. Les observations d'hiver tendent à prouver que le décroissement ne suit plus une progression arithmétique, lorsqu'on s'éloigne beaucoup de la température normale de 25°, à laquelle la plus grande partie des mesures ont été prises. Soient  $T$  et  $T'$  les températures de deux couches d'air,  $h$  la hauteur de la colonne, et  $f$  un facteur constant, alors les observations peuvent être représentées ou par  $T - T' = hf$ , ou en admettant constant le rapport de  $T$  à  $T'$ . Si, par exemple, la température de Milan est en été de 15°, lorsqu'à la cime du Saint-Gothard elle est de 5°, l'expérience prouve que cette différence sera moindre lorsque la chaleur diminue à Milan. Il est probable que la différence serait plus grande si la chaleur de la plaine pouvait augmenter de 15 ou 20°. Une progression géométrique exprime à peu près cet état de variation du décroissement au-dessus ou au-dessous de la température normale de la plaine. Aussi Euler, en 1754, dans un Mémoire célèbre sur les réfractions de la

lumière en passant par l'atmosphère, s'arrête à l'hypothèse d'une progression géométrique. En nommant  $h$  la différence de hauteur de deux couches d'air, dans lesquelles un thermomètre à air marque  $1 + T$  et  $1 + T'$ , Euler trouve :

$$\frac{1}{f} = \frac{T - T'}{h(1 + T')}$$

M. Oltmanns a réduit le thermomètre à air au thermomètre à mercure, en supposant que, depuis le terme de la glace fondante, jusqu'au terme de l'eau bouillante, un volume d'air augmente de 1,375. Il trouve pour six de ses observations les valeurs suivantes du coefficient  $f$ :

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Pour le Pic de Ténériffe. . . . .    | = 0,000036563. |
| — le Nevado de Toluca . . . . .      | = 0,000039633. |
| — la Sille de Caraccas. . . . .      | = 0,000035506. |
| — Pichincha . . . . .                | = 0,000036579. |
| — le Fuerte de la Cuchilla . . . . . | = 0,000038344. |
| — le Chimborazo . . . . .            | = 0,000036447. |

Ces nombres résultant d'observations dans lesquelles les températures inférieures étaient peu différentes entre elles, offrent une harmonie très-grande. Cependant, les écarts deviennent considérables à mesure que la température de la couche inférieure diminue beaucoup. Ainsi ces considérations confirment le principe établi par l'auteur de la *Mécanique céleste*, que le décroissement du calorique est compris entre les limites d'une densité décroissante en progression géométrique et d'une densité décroissante en progression arithmétique.

Mais ce n'est qu'après avoir recueilli un grand nombre d'observations précises, faites à des températures très-basses, que l'on parviendra à la connaissance complète d'une loi aussi importante. Jusqu'à cette époque, il sera prudent de considérer les résultats obtenus, comme dépendans des *températures normales* des plaines au-dessus desquelles le décroissement a été observé.

## R A P P O R T

(SUR un Mémoire de M. Malus) fait à la première Classe de l'Institut.

Par M. LAPLACE.

LA Classe nous ayant chargés, M. Haüy et moi, d'examiner un Mémoire de M. Malus, sur divers phénomènes de la double réfraction de la lumière, nous allons lui en rendre compte. En passant de l'air dans un milieu transparent non cristallisé, les rayons de lumière se réfractent de manière que les sinus de réfraction et d'incidence sont constamment dans le même rapport; mais lorsqu'ils traversent la plupart des cristaux diaphanes, ils présentent un singulier phénomène, qui fut d'abord observé dans le cristal d'Islande, où il est très-sensible.

Un rayon tombant perpendiculairement sur une des faces naturelles de ce cristal, est divisé en deux parties: l'une traverse le cristal sans changer sa direction; l'autre s'en écarte dans un plan parallèle au plan perpendiculaire à la face, et passant par l'axe du cristal, c'est-à-dire, par la ligne qui joint les sommets de ses deux angles solides obtus. Nous nommerons *section principale* d'une face naturelle ou artificielle, tout plan mené d'une manière semblable. Cette division du rayon

lumineux a généralement lieu, relativement à une face quelconque, et quel que soit l'angle d'incidence. Une partie suit la loi de la réfraction ordinaire : l'autre partie suit une loi de réfraction extraordinaire, reconnue par Huyghens, et qui, considérée comme un résultat de l'expérience, peut être mise au rang des plus belles découvertes de ce rare génie. Il y fut conduit par la manière dont il envisageait la propagation de la lumière qu'il supposait formée par les ondulations d'un fluide éthéré. Cette hypothèse, sujette à de grandes difficultés, est sans doute la cause pour laquelle Newton et la plupart des physiciens qui l'ont suivi, ne paraissent pas avoir justement apprécié la loi qu'Huyghens y avait attachée. Ainsi cette loi a éprouvé le même sort que les belles lois de Kepler, qui furent pendant long-tems méconnues, pour avoir été associées à des idées systématiques, dont malheureusement ce grand homme a rempli tous ses ouvrages. Huyghens avait représenté par une construction géométrique, la réfraction extraordinaire de la lumière dans le cristal d'Islande; M. Malus a traduit cette construction en analyse. La formule très-simple à laquelle il est parvenu, renferme deux constantes indéterminées, dont une est le rapport du sinus de réfraction au sinus d'incidence, dans la réfraction ordinaire du cristal; en sorte que sa double réfraction ne dépend que de deux constantes, comme la réfraction simple ne dépend que d'une seule; et pour rendre l'analogie plus frappante, nous observerons que si l'on fait passer par l'axe du cristal, une

face artificielle, et si l'on conçoit un plan perpendiculaire à cet axe, tous les rayons incidens sur la surface et situés dans ce plan, se diviseront en deux autres qui seront réfractés suivant la loi ordinaire; mais le rapport des sinus de réfraction et d'incidence sera différent pour chaque espèce de rayons: ces deux rapports sont les constantes dont nous venons de parler. M. Malus les a déterminées plus exactement que ne l'avait fait Huyghens; en substituant ensuite leurs valeurs dans la formule, et comparant ses résultats à ceux d'un grand nombre d'expériences très-précises, et relatives aux faces naturelles et artificielles du cristal, il a trouvé entre eux un accord parfait, et qui ne laisse aucun doute sur la vérité de la loi découverte par Huyghens. Nous devons à l'excellent physicien, M. Wolaston, la justice d'observer qu'ayant fait, par un moyen fort ingénieux, diverses expériences sur la double réfraction du cristal d'Islande, il les a trouvées conformes à cette loi remarquable. L'analogie et des expériences directes sur le cristal de roche, ont fait voir à M. Malus, qu'elle s'étend encore à ce cristal; et il est extrêmement vraisemblable qu'elle a lieu pour tous les cristaux qui réfractent doublement la lumière; seulement, les constantes dont cette loi dépend, varient suivant la nature du cristal.

Voici maintenant un phénomène que présente la lumière, après avoir subi une double réfraction. Si l'on place à une distance quelconque, au-dessous d'un cristal d'Islande, un second cristal de la même substance, et disposé de manière que les sections principales

des deux cristaux soient parallèles; le rayon réfracté, soit ordinairement, soit extraordinairement par le premier, le sera de la même manière par le second; mais si l'on fait tourner l'un des cristaux, de manière que leurs sections principales soient perpendiculaires entre elles, alors le rayon réfracté ordinairement par le premier cristal, le sera extraordinairement par le second, et réciproquement: dans les positions intermédiaires, chaque rayon émergent du premier cristal, se divise en deux autres, à son entrée dans le second cristal. Lorsqu'on eut fait remarquer ce phénomène à Huyghens, il convint, avec la candeur qui caractérise un ami sincère de la vérité, qu'il était inexplicable par ses hypothèses; ce qui montre combien il est essentiel de les séparer, comme nous l'avons fait, de la loi de la réfraction extraordinaire, que ce grand géomètre en avait déduite. Ce phénomène indique avec évidence, que la lumière, en traversant le cristal d'Islande, reçoit deux modifications diverses, en vertu desquelles une partie est réfractée ordinairement, et l'autre partie est réfractée extraordinairement; mais ces modifications ne sont point absolues, elles sont relatives à la position des rayons par rapport au cristal; puisqu'un rayon rompu ordinairement par un cristal, est rompu extraordinairement par un autre, si leurs sections principales sont perpendiculaires entre elles. On peut se former une idée assez juste de ces modifications, en supposant avec Newton, dans chaque rayon de lumière, deux côtés opposés, originairement doués d'une

propriété qui le rend *extraordinaire*, lorsqu'il est tourné de manière que leurs plans soient perpendiculaires à l'axe du cristal, et qui le rend *ordinaire*, lorsque ces plans sont parallèles au même axe. A son entrée dans le cristal d'Islande, un trait de lumière est divisé, par l'action du cristal, en deux rayons qui prennent respectivement les deux positions précédentes; et chaque rayon, à son émergence, prend, sans se diviser, la direction qui convient à la position de ses côtés. Voilà ce que l'on peut imaginer de plus satisfaisant pour se représenter ces phénomènes, jusqu'à ce que leur comparaison ait fait découvrir la loi des forces dont ils dépendent.

Quoi qu'il en soit de ces modifications singulières, imprimées aux rayons de lumière par le cristal d'Islande, M. Malus a reconnu qu'elles sont non-seulement analogues dans les cristaux divers, mais encore parfaitement identiques. Ainsi, en substituant à l'un des deux cristaux d'Islande, dont nous avons parlé ci-dessus, un cristal de roche ayant comme lui sa section principale parallèle à celle de l'autre cristal; le rayon réfracté d'une manière par le premier cristal, le sera encore de la même manière par le second; et l'expérience a fait voir à M. Malus que cela est généralement vrai pour deux cristaux quelconques de nature différente, qui réfractent doublement la lumière. Le moyen le plus simple de s'en assurer, est d'observer la lumière d'une bougie à travers deux prismes formés de ces cristaux: si l'on fait tourner les prismes l'un sur l'autre, on voit les quatre images

qu'ils formaient d'abord, se réduire à deux, quand les sections principales des deux faces qui se touchent, sont parallèles.

A ce fait remarquable, M. Malus ajoute un autre fait plus remarquable encore, et qui consiste en ce que sous un certain angle, la lumière réfléchie par la surface d'un corps diaphane, est exactement modifiée, comme si elle était rompue ordinairement par un cristal dont l'axe serait dans le plan d'incidence et de réflexion. Il est facile de s'en convaincre, en regardant à travers un prisme de cristal d'Islande, l'image d'une bougie ou du soleil, réfléchie par l'eau sous un angle d'environ 53 degrés. On aperçoit d'abord deux images qui conservent à peu près la même intensité, lorsqu'on fait tourner le prisme; mais au-delà d'une certaine limite, une des images s'affaiblit très-sensiblement, et finit par s'éteindre, quand, par ce mouvement du prisme, le rayon réfléchi se trouve dans la section principale de la face prismatique qui le reçoit. L'angle de réflexion, nécessaire pour la disparition de l'image, varie avec la nature de la substance réfléchissante. M. Malus l'a mesuré avec soin, pour diverses substances: il l'a trouvé de 52° 45' pour l'eau, et de 54° 35' pour le verre. Mais il est fort singulier que ce phénomène n'ait point lieu, du moins sensiblement, dans la réflexion des images, par les miroirs métalliques. M. Malus a observé que cette réflexion et la réfraction des substances non cristallisées, ne modifient point, d'une manière sensible, la lumière, et n'altèrent point les modifications qu'elle a reçues. Pour analyser plus particulièrement le phénomène

mène que nous venons d'exposer, M. Malus a voulu connaître directement ce que devient un rayon *extraordinaire*, lorsqu'il tombe sur la surface d'un corps diaphane, sous l'angle qui convient à la production du phénomène. Il était naturel de penser qu'aucune partie de ce rayon n'est alors réfléchie, mais qu'il est entièrement absorbé par le corps; puisque sous cet angle, la surface ne réfléchit que les rayons *ordinaires*. L'expérience a confirmé ce résultat. M. Malus a disposé la section principale d'un cristal d'Islande, dans le plan vertical d'incidence d'un rayon de lumière; ensuite, après avoir divisé ce rayon, à l'aide de la double réfraction, il a reçu les deux faisceaux partiels, sur la surface de l'eau, et sous l'angle de 52° 45'; une partie du rayon *ordinaire* a été réfléchie; mais aucune partie du rayon *extraordinaire* ne l'a été; tout le rayon a pénétré dans le liquide. En disposant ensuite la section principale du cristal, dans un plan perpendiculaire à celui d'incidence, une partie du rayon *extraordinaire* a été réfléchie, tandis que le rayon *ordinaire* a été totalement absorbé (1). Nous avons répété plusieurs des expériences par lesquelles M. Malus établit

(1) Depuis la lecture de ce rapport, M. Malus a reconnu par l'expérience, le fait suivant que l'on peut facilement ramener à la théorie des forces attractives et répulsives à des distances insensibles, et qui montre que les phénomènes de la double réfraction dépendent de semblables forces. Une partie d'un rayon lumineux qui a pénétré dans un milieu diaphane, est réfléchié à la surface par laquelle il sort; et cette réflexion, sous un certain angle, le change

tout ce qu'il avance, et nous pouvons en garantir l'exactitude. Son Mémoire nous paraît donc mériter l'approbation de la Classe, soit par l'intérêt que présente son objet, l'un des plus délicats et des plus curieux de la physique, soit par la nouveauté des faits, soit par la précision des expériences, soit enfin par l'excellente méthode qui guide son auteur; et nous concluons à ce que ce Mémoire soit imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers*.

en rayon *ordinaire*, comme la réflexion à la surface d'entrée sous l'angle convenable pour cet objet; le sinus du premier angle est à celui du second, dans le rapport des sinus de réfraction et d'incidence dans ce milieu. Ainsi, en supposant les surfaces d'entrée et de sortie, parallèles, et l'angle d'incidence à la première surface, tel que le rayon réfléchi devienne un rayon *ordinaire*; le rayon réfléchi par la seconde surface, sera pareillement un rayon *ordinaire*. On doit observer que les angles d'incidence, de réfraction et de réflexion, sont ceux que le rayon forme avec la perpendiculaire à la surface. (*Note de M. Laplace*).

## ANALYSE

DU NADELERTZ (1) DE SIBÉRIE.

Par M. JOHN.

CETTE mine est regardée, en Russie, comme une mine de *nickel aurifère*. Dans l'ouvrage de M. Reuss, dans les *Ephémérides* de M. le baron de Moll, on l'a classée parmi les *chromifères*; mais l'analyse de M. John a prouvé que c'est une mine de bismuth.

*Caractères extérieurs suivant M. Karsten.*

*Couleur.* Gris d'acier, quelquefois d'un rouge de cuivre pâle ou recouvert d'un enduit jaune et vert.

*Forme extérieure.* Disséminé et cristallisé en prismes à six pans, allongés, accumulés en forme d'aiguilles: ces cristaux sont quelquefois recourbés, articulés, toujours implantés, et se croisant souvent.

*Surface.* Striée longitudinalement.

*Eclat.* On l'observe rarement à cause de l'enduit: lorsque celui-ci manque, l'éclat extérieur est peu brillant; intérieurement il est toujours d'un brillant métallique.

(1) Ce mot signifie *mine en aiguilles*.

*Cassure.* En long, feuilletée et très-brillante; transversalement inégale et brillante.

*Fragmens.* Inconnus.

*Transparence.* Opaque.

*Raclure.* Presque pas plus foncée que le minéral frais et luisant.

*Toucher.* Doux au toucher.

*Dureté.* Tendre.

*Pesanteur spécifique.* Extrêmement pesant; pesant 6,125.

*Lieux où on le trouve.* La mine de Pischminskoi et de Klintzefskoi, près d'Ekaterinbourg en Sibérie.

*Parties constituantes.*

(En supposant l'or et le quartz mélangés accidentellement).

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Bismuth. . . . .                  | 43,20 |
| Plomb . . . . .                   | 24,32 |
| Cuivre . . . . .                  | 12,10 |
| Nickel . . . . .                  | 1,58  |
| Tellure . . . . .                 | 1,32  |
| Soufre . . . . .                  | 11,58 |
| Perte (soufre oxygéné?) . . . . . | 5,90  |

(*Journ. de Gehlen*, n<sup>o</sup>. 18. Octobre 1807.)

N O T E

*Fournie par M. PATRIN, sur le Nadelertz.*

Quand je visitai, en 1786, la mine d'or de Bérésouf, située à quatre lieues au Nord-Est d'Ekaterinbourg, dans les monts Oural (où se trouve le plomb rouge), on venait d'y découvrir le minéral qu'on nomme aujourd'hui *nadelertz*: on ne le trouvait qu'en très-petite quantité, et comme sa nature était un problème pour les officiers de cette mine, ils crurent devoir faire un secret de l'endroit précis où il se trouvait; ce ne fut qu'avec beaucoup de peine et au poids de l'or que je pus m'en procurer quelques morceaux.

D'après les essais que je fis, autant que pouvait me le permettre l'exiguité de mes échantillons, je reconnus que c'était du sulfure de *bismuth*; et c'est ainsi que je l'ai désigné dans mon *Hist. nat. des Minéraux*, qui parut en janvier 1801, et qui fut réimprimée en 1803. Voici ce qu'on y trouve:

« J'ai rapporté de Sibérie des échantillons » de *sulfure de bismuth*, en aiguilles et en » lames, contenant quelques parcelles d'or » natif, dans un quartz gras, ferrugineux cha- » toyant; ils viennent de la mine d'or de Bé- » résouf, dans les monts Oural: ils ressemblent » au tellure ». (*Tom. IV, p. 182.*)

Quand j'ai vu ensuite que de célèbres minéralogistes considéraient cette substance comme

une mine de *chrôme*, probablement d'après cette circonstance, que le *nadelertz* se trouve dans la même mine que le plomb rouge, je n'ai pas cru devoir contredire leur opinion; mais puisque l'analyse régulière qu'en a faite M. John, confirme mes premiers essais, je crois pouvoir faire observer que je n'avais pas commis une erreur.

Si j'ai désigné pour lieu natal du *nadelertz* la mine de *Bérésos*, cela ne contredit point les indications données par M. John, attendu que Bérésos est l'établissement principal autour duquel sont les fouilles de *Pischminskoi* et autres, qui toutes contiennent à peu près les mêmes substances, et sont de la même formation.

## CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

### Sur la Minéralogie du Département de l'Hérault.

Par M. MARCEL-DE-SERRES.

(EXTRAIT.)

CE département, qui a pris son nom de la rivière de l'Hérault, qui le traverse du Nord au Sud, est borné à l'Est par le département du Gard, au Sud par la Méditerranée et le département de l'Aude, à l'Ouest par les départemens de l'Aude et du Tarn, et au Nord par ceux de l'Aveyron et du Gard.

La plus grande partie de ce département est d'un calcaire secondaire. Les plaines sont toutes formées des dépôts d'alluvion de ces chaînes calcaires.

Au Nord-Ouest, le Mont-Carroux et le territoire qui est entre Olargues et Saint-Gervais, présentent des granites, dont le feldspath n'est pas la substance prédominante.

A l'Ouest, en descendant vers Saint-Côme, on rencontre des terrains schisteux.

Au Nord, les environs de Lodève présentent des schistes dont plusieurs sont impressionnés.

Les eaux minérales sont une des principales richesses minéralogiques de ce département. On distingue, au Sud, celles de Foncaudy, de la Madeleine et de Balaruc, et les eaux acides de Pserols; au Nord, celles de Lamason et Davesnes.

Les métaux y sont peu abondans: cependant on voit encore les vestiges des travaux qui avaient été entrepris pour l'exploitation d'une mine de cuivre près du village de Ceps.

Les houillères, au contraire, s'y trouvent en grande quantité. On remarque vers le Nord, des indices de houille, au bas de la montagne volcanique située entre Lunas et Lodève.

Mais une des productions minérales de ce département, qui présente le plus d'intérêt, est la source de pétrole, connue vulgairement sous le nom d'*huile de Gabian*, située à 16 hectomètres de Gabian, et à 12 kilomètres de Pézenas,

On prétend qu'elle fut découverte en 1618, qu'elle se perdit en 1740. Mais on réussit à la retrouver en creusant de nouvelles galeries. Ce bitume, dont la pesanteur est 0,882, nage sur l'eau. Il paraît que cette source a fourni, pendant quatre-vingts ans, jusqu'à trente-six quintaux de pétrole chaque année; mais depuis 1776 elle n'en fournit plus que quatre quintaux.

Ce département fournit une grande quantité de marbre, du gypse, et des argiles.

Les étangs salés y sont nombreux: les principaux sont ceux de Manguis, de Perols, de Thau, de Vendres et de Cebestan...

Les terrains volcaniques sont assez nombreux dans ce département. On y distingue principalement les volcans éteints d'Agde, de Saint-Thibery, de Mont-Ferrier.

*Des Volcans d'Agde.* Cette ville est entièrement bâtie de pierres volcaniques. Les plus anciens historiens ne parlent point du volcan qui a existé dans ce canton; ce qui doit faire présumer qu'il était éteint à cette époque. Le territoire avance dans la Méditerranée en forme de promontoire. Il est lié par un banc de sable de plus de quatre lieues, avec la montagne sur laquelle est bâtie Sète. Ce banc de sable, de très-moderne formation, faisait autrefois partie de la mer même, et prouve, d'une manière indubitable, que ces attérissemens successifs de près de deux mille ans, ont considérablement diminuée la partie orientale du golfe de Lyon. Parmi les autres preuves de ces attérissemens, on pourrait citer Aimargues, *Armesania*, qui, en 813, était située sur les bords de la Méditerranée, et qui en est maintenant éloignée de trois lieues.

Le volcan de Saint-Loup est situé à une lieue au Sud-Est d'Agde. Son cratère a encore maintenant environ 300 toises de diamètre. On observe encore deux courans principaux de laves, qui sont partis du cratère. Celui du Sud se bifurque en deux, et sur l'une de ces branches est bâtie la ville d'Agde. L'autre, qui a coulé au Sud-Est, s'est étendu jusqu'à la mer, où il forme le cap d'Agde, et une petite île basaltique sur laquelle est bâti le fort Brescou.

Toutes les laves de ce volcan sont à base argilo-ferrugineuse grise, ou noirâtre, mêlées d'augite, de peridot, ou olivine;... on y observe des scories, des tuffa, ... des sables et cendres volcaniques agglutinées.

Plusieurs de ces substances ont été altérées par l'action des vapeurs acido-sulfureuses et par celle des eaux. . . .

*Du Volcan de Saint-Thibery.* En partant d'Agde et se dirigeant vers le Nord, on trouve à une lieue et demie de cette ville, au midi de Pézenas, trois sommités appelées *Saint-Thibery-lès-Monts*, dans la direction du Sud au Nord, dont la plus élevée et la plus étendue, qui est la plus près de Saint-Thibery, peut avoir au plus 194 mètres, ou cent toises au-dessus du niveau de la mer; la seconde a quelques toises de moins, et la troisième au Sud est beaucoup plus basse. Ces trois sommités, entièrement volcaniques, sont au centre d'un canton de même nature, formé principalement de deux grands plateaux qui occupent ensemble un espace d'environ 2000 toises de longueur, sur 1800 de largeur.

Les trois sommités se dirigeant dans le même sens, nous avons cherché, M. Fleuriau-de-Bellevue et moi, quelle pouvait être la place qu'occupait le principal cratère. Nous avons reconnu qu'il devait avoir existé dans l'intervalle qui sépare les deux collines les plus élevées. Ce cratère est moins reconnaissable que celui de Saint-Loup: mais ces deux collines se trouvent composées, sur-tout à leurs sommités, d'une si grande quantité de scories rouges, noires ou grises cendrées en larmes, bombées ou roulées sur elles-mêmes, de laves poreuses, boursouflées, de tuffa, et de cendres agglutinées, qu'on ne peut pas douter qu'elles n'aient formé une partie de l'enceinte de l'ancien foyer.

Si on examine les flancs de la colline la plus proche de Saint-Thibery, on trouve de nouvelles preuves de ce fait, en observant que les courans qui se dirigent vers ce lieu, paraissent provenir de ce même cratère. L'un de ces courans s'est prolongé en forme de promontoire, dans le lieu sur lequel on a construit le fort de Saint-Thibery: et la lave s'y étant accumulée, a formé sur un courant plus ancien, une chaussée basaltique de 35 pieds de hauteur, qui paraît souvent divisée en trois couches, dont les deux inférieures offrent des prismes à 3, 4, 5, 6 pans: la plupart de ces prismes sont hexagones, et passablement réguliers. Plusieurs ont de 12 à 14 pieds de hauteur, sur un à deux pieds de diamètre. La lave qui les a formés est compacte, un peu poreuse, contenant de l'augite et peu de peridot.

On observe distinctement, à cent toises au midi de Saint-

Thibery, une coulée qui a recouvert le sable et le gravier quartzeux de la plaine; ce qui prouve, à ce qu'il paraît, ainsi que l'ensemble de ce vallon, qu'il est postérieur à tous les dépôts marins, et qu'il n'est pas d'une date très-reculée!

Voici la nature des laves de ce volcan :

1. Laves argilo-ferrugineuses avec augite et peridot ou olivine, de la mesotype;
- Quelques-unes sont prismatiques.
2. Des laves boursoffilées.
3. Des scories.
4. Des sables agglutinés.
5. Des cendres agglutinées.
6. Des pouzzolans rouges.
7. Des tuffas.

Les deux volcans d'Adge et de Saint-Thibery sont au milieu d'un sol entièrement calcaire.

*Montagne basaltique du Mont-Ferrier.* La petite montagne basaltique du Mont-Ferrier est baignée à l'Est par la rivière du Ler, bornée au Sud par le territoire de Montpellier; au Nord, par le pic de Saint-Loup. Sa hauteur peut être d'environ 40 toises. Elle semble se continuer vers l'Ouest jusqu'à la colline de Valmahargues, faire le pendant de la montagne volcanique de Saint-Loup, ainsi que de la chaîne et chaussée basaltique de Saint-Thibery. Sa distance de Saint-Loup n'est que de deux mille toises.

Elle est isolée au milieu d'un sol entièrement calcaire secondaire. On en fait facilement le tour en une demi-heure; on ne peut y apercevoir aucune trace de cratère. Cependant, d'après l'inspection des lieux et les substances qui y sont contenues, M. Fleuriau-de-Bellevue, un des naturalistes qui ait visité le plus les volcans brûlans, a été parfaitement convaincu que tous les produits du Mont-Ferrier étaient volcaniques, et qu'ils avaient un grand rapport avec les substances qu'on trouve dans les volcans éteints du Vivarais.

Les substances qu'on trouve à Mont-Ferrier, sont :

1. Différentes variétés de spinelle pléonaste (ou ceylanite).
2. Le peridot, ou olivine.
3. L'augite.
4. L'hornblende, ou amphibole.
5. L'obsidienne.
6. Du fer titané.
7. Des laves ou basaltes prismatiques.
8. Des brèches basaltiques.
9. Des tuffas.

*Sommité basaltique du Valmahargues.* En partant de Montpellier, et se dirigeant vers le Nord, on trouve, à deux mille toises à l'Ouest de Mont-Ferrier, une sommité basaltique élevée d'environ vingt toises au-dessus de la plaine, et qui est très-remarquable par sa formation, car elle est presque toute calcaire, et on n'y rencontre des basaltes qu'à l'Ouest et au Nord. Sa forme est celle d'un cône tronqué, et on en fait le tour en dix minutes.

Les substances qu'on y trouve, sont :

1. Des basaltes.
2. Des spinelles, des pléonastes (ceylanites),
3. Des staurotides.
4. De l'hornblende (amphibole).
5. De l'obsidienne.
6. De l'épidote.
7. Du peridot (olivine).
8. De l'augite.
9. Du fer titané.
10. Du fer oxydulé.
11. Des brèches basaltiques.

*Observations.* Il me paraît difficile de concevoir la formation des substances qui couvrent la surface des deux cratères d'Adge et de Saint-Thibery, sans admettre une cause volcanique pour l'unique agent des changemens qu'elles ont éprouvé dans leur constitution primitive. Ce que j'avance, je le dis sans avoir égard à aucun système, et seulement en me fondant sur la nature des lieux, seul genre de preuve auquel on doit recourir. Peut-être que ceux qui ont visité ces lieux avec des yeux observateurs, m'objecteront les dispositions horizontales de quelques couchés de laves compactes, disposition qui au reste est ici très-rare, et qui semblerait dépendre le plus souvent d'autres causes que de celles que j'indique. Je leur ferai observer que Dolomieu ayant vu dans l'île de Lipari des couchés horizontales opérées par la voie sèche; celles-ci peuvent avoir eu la même formation. « Dans certains escarpemens, dit-il, et dans » plusieurs coupes de montagnes, les couches sont exacte- » ment horizontales et parallèles entre elles avec des alter- » natives dans le grain et la consistance des bancs, ainsi » qu'elles le seraient, si elles étaient des dépôts des eaux ».

Un naturaliste que je respecte infiniment, a cru avoir observé dans quelques endroits d'Adge, des couches de chaux carbonatée recouvertes par des couches de basalte. Ce fait,

observé dans l'île de Mull, par M. Faujas; dans l'Auvergne, le Vicentin, le Tyrol et la Sicile, par Dolomieu, ne s'est pas présenté à moi dans l'examen des lieux dont je parle, ni à mon compagnon, M. Fleuriau-de-Bellevue. Mais en supposant qu'il existât, il ne paraît nullement contradictoire avec le caractère volcanique que présente l'ensemble des lieux. Les expériences de sir J. Hall ont fait voir combien la compression modifie les effets de la chaleur, et que, par la seule pression de 386 livres, on pouvait obtenir, après une fusion complète, un carbonate calcaire solide faisant effervescence avec les acides jusqu'au dernier fragment; ce qui est une preuve qu'il avait conservé tout son acide carbonique. M. Fleuriau-de-Bellevue a fait voir, par des observations nombreuses, combien le refroidissement changeait les effets de la chaleur. Or, en supposant, comme nous l'avons déjà fait, qu'une couche de laves eût coulée sur une couche calcaire, il pourrait très-bien se faire que la chaux carbonatée éprouvant, même si l'on veut, une chaleur capable de la fondre, n'eût conservé par la suite aucune trace de fusion. En effet, d'après les expériences déjà citées de Hall, on sait combien la compression apporte de modifications dans l'action de la chaleur, et ici les deux causes se sont trouvées réunies: ces couches ayant été comprimées par la lave qui coulait sur leur surface, et privées ainsi du contact de l'air extérieur, auront pu conserver leurs caractères pierreux, leur refroidissement ayant été lent. J'observerai, comme un fait digne de remarque, qu'on trouve à *Sabstanzion*, près de Montpellier, des briques de construction romaine, qui contiennent dans leurs masses, des fragmens de spath calcaire rhomboïdal, qui n'ont perdu aucun de leurs caractères; et cependant elles ont au moins éprouvé un feu assez grand pour leur faire perdre leur eau de cristallisation. Les fragmens qui sont dans le milieu de la masse sont les mieux conservés; et il est facile d'en sentir la raison.

## ANNONCES

### CONCERNANT les Mines, les Sciences et les Arts.

*Description topographique et statistique de la France, dédiée et présentée à S. Ex. M. le Comte REGNAUD DE SAINT-JEAN-D'ANGELY, Ministre d'Etat.*

Par P.-G. CHANLAIRE, Membre de l'Académie Celtique, de la Société d'Agriculture du département de la Haute-Marne, de l'Athénée des Arts, Directeur du Bureau Topographique du Cadastre de la France, et de l'Atlas national; et par J. PEUCHET, Membre de l'Académie Celtique, de celle de Caën, de la Société d'Agriculture, etc.

QUOIQU'UN grand nombre d'écrits aient paru jusqu'ici sur la *Statistique de la France*, néanmoins nous n'avons pas encore une description statistique complète de ce vaste Empire. Les auteurs de celle que nous annonçons ont conçu, et déjà exécuté en grande partie, un projet auquel les hommes instruits ne manqueront certainement pas d'applaudir: ils ont pensé qu'en attendant que les savans, les artistes, et en général tous ceux qui se destinent à des professions qui exigent des connaissances géographiques, pussent jouir du grand ouvrage sur la *Statistique de la France* (qui se prépare actuellement par ordre du Gouvernement), ils feraient une chose dont l'utilité depuis long-tems est sentie, si, en profitant de tous les renseignemens qu'il était possible de se procurer, ils se mettaient à portée de donner successivement, et en peu de tems, une *Description topographique et statistique de la France*.

Dans la crainte d'omettre dans cette description certains détails qui seraient susceptibles d'intéresser, les auteurs ont rangé toutes les matières suivant une méthode qui est la même pour tous les départemens. Voici l'ordre de distribution qu'ils ont adopté.

MM. Chanlaire et Peuchet font connaître d'abord les auteurs morts ou vivans, qui ont publié des ouvrages sur chaque département. Après ces détails, qui servent comme d'introduction à la description statistique du département dont ils traitent, ils parlent successivement de l'ancien pays dont le département est formé, de l'origine de son nom, de ses limites, du climat, des montagnes, des mines, des rivières, canaux, navigation intérieure, grandes routes; du sol, de l'agriculture, de la nature des fermes, des prairies, des marais, des bois, des terres incultes, des productions végétales, du montant de leur produit, des animaux, de la pêche, de l'industrie, des progrès qu'elle a faits, des différences manufactures et fabriques, des valeurs qu'elles mettent en circulation, et du travail qu'elles donnent.

Viennent ensuite le commerce, les douanes, les foires, les anciennes mesures rapportées à celles du nouveau système métrique; l'étendue territoriale, les opérations trigonométriques relatives aux travaux du cadastre; la population, ses rapports avec l'étendue, la dissémination des habitans sur le territoire de chaque arrondissement, ce qui fait connaître combien il en existe dans les villes, dans les chefs-lieux de communes, et dans les hameaux, fermes, habitations isolées dépendans de ces chefs-lieux; les mœurs, les traits principaux du caractère des habitans.

Après avoir exposé l'état de l'instruction publique, on donne, sur chaque ville principale, une notice où l'on fait connaître son origine, ses établissemens, son commerce, et les hommes célèbres qui l'ont illustrée.

Enfin cet exposé statistique est terminé par un aperçu de l'archéologie, ou connaissance des monumens anciens qu'offre le département.

Pour présenter de l'instruction sur chaque objet sans devenir prolix, on a développé, dans des notes, les matières qui peuvent en avoir besoin: on a rappelé quelques traits intéressans d'histoire, et présenté des considérations relatives aux points traités dans le texte.

Deux objets principaux composent l'ensemble de l'ouvrage;

- 1°. La Carte de chaque département;
- 2°. La Notice qui doit accompagner cette carte.

Les cartes qui sont jointes à la description que nous annonçons, forment un corps d'ouvrage sur le mérite duquel l'opinion publique est fixée, puisque se sont les cartes de l'ATLAS NATIONAL DE FRANCE (1).

Cependant nous devons faire observer que des changemens considérables ont eu lieu depuis la publication de cet atlas. En effet, les districts ont été supprimés, les préfectures et sous-préfectures ont été créées; des distractions et des réunions de territoires ont été formées; des hameaux qui n'existaient pas sur les cartes, sont devenus des communes; les justices de paix ont été réduites; enfin des départemens nouveaux ont été réunis à l'Empire français.

C'est aux soins de M. Chanlaire que l'on est redevable, non-seulement des changemens qu'il était nécessaire de faire aux cartes déjà publiées, mais encore de la confection de celles qui maintenant complètent l'atlas dont il est question.

Quoique cet atlas soit une réduction de la grande carte de Cassini (2), néanmoins il est le plus grand de tous ceux qui présentent la France divisée en départemens. D'ailleurs, il est le plus exact, le plus complet, le plus détaillé. Nous ne craignons pas de trop nous avancer, en ajoutant ici qu'il sera long-tems le moins exempt d'erreurs.

Chaque notice est composée au moins de deux feuilles d'impression, et offre la description *topographique et statistique* d'un département.

Mais comme chacune des notices forme, en quelque sorte, un travail séparé, on pourra se la procurer isolément avec la carte de son département. Ainsi les personnes qui ne voudront prendre qu'un seul ou plusieurs départemens, pourront, à peu de frais, et sans être obligées d'a-

(1) Chaque carte, format dit *grand-colombier*, a environ neuf décimètres (trente-trois pouces) de long, sur environ sept décimètres (vingt-deux pouces) de haut.

(2) La carte de Cassini a été dressée à grands frais et avec beaucoup de soins, sur une échelle d'une ligne par 100 toises anciennes. Sa surface est égale à celle d'un carré de 36 pieds environ de côté. Les cartes de l'atlas national sont faites sur une échelle d'un tiers plus petite, d'où il suit que par leur réunion elles forment un carré de 12 pieds seulement de côté.

voir l'ouvrage entier, ne se procurer que la partie qui les intéressera.

Les livraisons se faisant par département, on a toujours soin, dans l'impression, de ménager la facilité de les réunir dans tel ordre qu'on voudra adopter.

*Nota.* La notice de chaque département n'a pas moins de deux feuilles (*format in-4°*, *Petit-Romain à deux colonnes, grande justification*), et est imprimée sur papier dit *Grand-Raisin*.

Le prix de cette notice, composée de deux feuilles, avec la grande carte du département, est de 2 fr. 80 c.; et de 3 fr. quand la notice a plus de deux feuilles. Si pour quelques départemens importans, tels que la Seine-Inférieure et le Bas-Rhin, déjà publiés, l'abondance des matières déterminait à porter la notice jusqu'à quatre feuilles, alors on paierait 3 fr. 25 c.

On s'inscrit à Paris, chez :

P.-G. CHANLAIRE, rue Geoffroy-Langevin, n°. 7, près la rue Sainte-Avoye;

CABANY frères, Négocians, rue de l'Aiguillerie-Sainte-Opportune, n°. 2, et Saint-Denis, n°. 79;

COURCIER, Imprimeur-Libraire, quai des Augustins, n°. 57.

# JOURNAL DES MINES.

N°. 142. OCTOBRE 1808.

## HAUTEURS MESURÉES BAROMÉTRIQUEMENT

DANS le Département du Puy-de-Dôme.

(Extrait d'un Mémoire sur le Nivellement des plaines, lu à l'Institut.)

Par M. RAMOND.

### I. Plaine actuelle de la Limagne.

LE sol de cette plaine est une terre végétale, livrée à une culture également riche et variée. Elle est mêlée de fragmens de calcaire marneux et de débris volcaniques. On n'observe le sol naturel que dans le lit des ruisseaux, et sur le flanc des éminences qui couronnent cette plaine au midi, au couchant et au levant.

Élévation  
absolue  
en mètres.

1. COURS DE L'ALLIER, au Pont du Château. . 313<sup>m</sup>.

Cette hauteur est prise au niveau des basses eaux de la rivière. Elle est déduite d'un nivellement qui rattache ce point à la station

Volume 24.

Q

de mon baromètre. Le pont est élevé de dix mètres au-dessus des basses eaux.

Élévation  
absolue  
en mètres.

Ici le sol naturel est à découvert. Ce sont de grands bancs de sables volcaniques agglutinés en une sorte de grès, et remplis de pissasphalte qui en découle çà et là. On y trouve aussi de superbe calcédoine. Ces bancs alternent avec des couches plus minces de calcaire marneux, contenant de grosses coquilles fluviales.

- |                                                                                                     |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 2. RUISSEAU qui traverse la grande route du Pont du Château à Clermont, vis-à-vis <i>Lempele</i> .  | 337 <sup>m</sup> |
| 3. RUISSEAU du Pont de <i>Lempele</i> , sur la même route.                                          | 335              |
| 4. RUISSEAU du Pont d' <i>Arbet</i> , sur la même route.                                            | 341              |
| 5. RUISSEAU qui coule au pied du <i>Puy de Crouël</i> , du côté de l'orient, près de la même route. | 340              |
| 6. COURS D'EAU du Moïnin, au-dessous des Ursulines de <i>Mont-Ferrand</i> .                         | 343              |

Les hauteurs, nos. 2, 3, 4, sont déterminées par le nivellement; les deux dernières par le baromètre. Elles se confirment mutuellement.

## II. Restes épars des Couches qui couvraient le sol actuel, et constituaient une ancienne plaine beaucoup plus élevée.

Calcaires marneux; sables, tantôt granitiques, tantôt volcaniques, libres ou réunis par la pression, ou agglutinés par le pissasphalte; quelques bancs d'argile. Ces dépôts, quelle que soit leur nature, appartiennent tous à la même formation, car on les trouve ordinairement disposés par couches alternatives. L'époque de leur naissance est celle où les débris des montagnes granitiques et balsatiques ont commencé à être charriés dans les eaux qui déposaient les

bancs calcaires. Dans l'énumération des monticules qui appartiennent à cet ordre, je ne fais pas mention de ceux que recouvrent des laves subsistantes. Il en sera question ci-dessous dans le quatrième paragraphe. Ceux-là ont principalement le calcaire marneux pour base, et il est au moins douteux que les grès volcaniques qui les environnent, fassent partie de leurs couches. S'il venait à se vérifier, que ces grès leur fussent totalement étrangers, ce fait, bien constaté, fixerait nettement l'époque des premières éruptions de laves trapéennes, et la placerait au milieu de la période durant laquelle les terrains secondaires ont été formés.

Élévation  
absolue  
en mètres.

- |                                                      |                  |
|------------------------------------------------------|------------------|
| 7. PUY DE LA PEGE, ou de la Poix. Élévation absolue. | 352 <sup>m</sup> |
|------------------------------------------------------|------------------|

Petite éminence, dont l'élevation au-dessus du sol commun, n'excède pas douze mètres. Elle est formée de brèche à fragmens volcaniques, où s'intercalent des couches de calcaire marneux. Ces bancs ne sont point dans leur assiette originale. Ils paraissent renversés. Il en découle spontanément une grande quantité de pissasphalte.

- |                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 8. PUY DE CROUËL. Élévation absolue. | 436 |
|--------------------------------------|-----|

Brèche à fragmens volcaniques, mêlés de pissasphalte; calcédoine; bois fossile; un peu de calcaire marneux; couches renversées et presque verticales. L'élevation du monticule au-dessus du ruisseau indiqué ci-dessus, n<sup>o</sup>. 5, est de 66 mètres.

- |                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9. CLERMONT. Sommet du monticule, au seuil de la maison Saint-Horent.                         | 418 |
| <i>Hôtel de la Préfecture</i> , au premier étage et au niveau de la cuvette de mon baromètre. | 411 |

- Cour du même hôtel et salle du fez-de-chaussée, où MM. Biot et Mathieu ont mesuré la longueur du pendule.* . . . . 405<sup>m</sup>. Élévation absolue en mètres.
- Place de Jaude, au seuil du couvent des Minimes, lieu de l'expérience de Pascal, et des opérations de Cassini.* . . . . 392
- Au bas de la ville, hors la barrière des Jacobins, à l'embranchement des deux routes de Billom et de Riom.* . . . . 367
- Terrain de transport; mélange de sables granitiques et volcaniques fortement tassés, un peu liés par les infiltrations, et déposés en couches horizontales; parcelles d'asphalte solide; fragmens de bois fossile; quelques bancs calcaires du côté du Nord. Quoique le monticule n'ait qu'environ 51 mètres d'élévation, il donne naissance à plusieurs sources abondantes, les unes d'eau pure, les autres fortement chargées d'acide carbonique, de chaux et de fer, et qui jouissent de la faculté incrustante à un degré remarquable.

10. GRÈS BITUMINEUX, au-dessus de *Chamalières*. 468

Sables granitiques, tantôt réunis par le tassement et l'infiltration, tantôt agglutinés par le pissasphalte, formant de grandes couches déposées sur le granite. Elles constituent un monticule peu apparent. On exploite les couches asphaltiques pour faire un ciment destiné à revêtir les terrasses.

11. MONT-FERRAND. — *Mons-Ferrens* du moyen âge. Ville ancienne réunie à Clermont. . 363

Cette hauteur est prise derrière l'église, sur le sol de l'ancienne prison. Le monticule est élevé de 19 mètres au-dessus du cours d'eau indiqué ci-dessus n<sup>o</sup>. 6. Il paraît entièrement formé de couches calcaires marneuses.

12. MONT-JUZET. — *Mons-Jovis* des Romains. Élev. abs. en mètres. . . . . 494<sup>m</sup>.  
Coteau voisin de Clermont.
13. MONT-CHAGNY. — Monticule qui fait suite au précédent, du côté de l'Ouest. . . . 572

Mont-Juzet et Mont-Chagny font partie d'un seul et même dépôt, formé de couches calcaires, de bancs de sable, de couches d'argile plastique, et de bancs presque uniquement composés d'un fossile singulier. Ce fossile a la forme tabulaire conique, et représente les induses d'une larve analogue à celle des friganes. Une multitude de très-petites hélices y sont enveloppées. Tout porte à penser que ce sont les structures d'insectes et de vers qui ont vécu dans les eaux douces. Elles ont passé à l'état calcaire, et forment des groupes quelquefois rayonnans et d'un volume souvent très-considérable.

14. OPME. Village situé entre *Gergovia* et le *Puy Girou*. . . . . 674

C'est l'un des lieux les plus élevés où le sol de l'ancienne plaine soit à découvert. Couches calcaires; pechsteins remarquables. Ce terrain fait partie de celui que les basaltes recouvraient. Il est fort douteux qu'il renferme des débris volcaniques, et il paraît appartenir aux plus anciens sédimens de l'époque, dont les couches mêlées de sables et d'asphalte, sont les derniers monumens.

### III. Sol granitique.

Il forme un vaste plateau, dont la superficie est très-inégaie. La pente orientale est abrupte, et s'élève brusquement à l'Ouest de la Limagne, présentant un long rideau de montagnes, creusées de courtes et profondes vallées. De là, il s'abaisse insensiblement, constitue le sol des

départemens occidentaux, et se rapproche peu à peu du niveau de l'océan. Ses couches paraissent culbutées du côté de la Limagne. Il y a beaucoup de granites décomposés, de kaolins souillés de fer, de granites veinés, quelques cornéennes, beaucoup de filons qui renferment ordinairement de la baryte sulfatée et souvent de la galène. Les vallons qu'on y remarque paraissent avoir été creusés après la formation des terrains d'alluvion et de transport, car on n'y rencontre aucune trace de ces sédimens, quoique les amas qui en sont composés soient beaucoup plus élevés que ne l'est l'embouchure de ces mêmes vallées.

15. CEYRAT. Village au Sud de Clermont. Élévation absolue. . . . . 574<sup>m</sup>.

Ce point est choisi comme l'un des moins élevés où le granite soit à découvert.

16. LE PUY CHATEIX, ainsi nommé d'un château qu'y possédaient les Dauphins d'Auvergne . 608

Cette petite montagne est en entier une portion de filon que coupe la vallée de *Royat*. On en retrouve la continuation à l'opposite, c'est-à-dire, au Sud du village de *Royat*, où il se soutient à une hauteur fort approchant; savoir, celle de. . . . . 579

Ce même filon se prolonge au Sud dans une direction qui paraît le porter vers *Gravener*, volcan moderne dont il est question ci-après, n<sup>o</sup>. 36. Les substances qui le composent ont une grande analogie avec celle de la lave des volcans voisins. La cornéenne y tient une grande place, et le fer y est très-abondant. On y trouve, en outre, une quantité notable de feldspath et beaucoup de baryte sulfatée.

Un éboulement du *Puy Chateix*, au-dessus de *Royat*, est semé de grains de seigle, de froment, de pois, etc. légèrement carbonisés. C'est ce que le peuple appelle les *greniers de César*. On attribue, avec beaucoup de vraisemblance, l'origine de ces grains à l'incendie du château qui couronnait la cime de la montagne.

17. ORCINES. Village. Élévation absolue. . . . . 847<sup>m</sup>.

Ce point peut être considéré comme l'élévation moyenne du plateau de granite.

18. CHARADE. Village. . . . . 852

Il est situé sur le granite, mais au pied de la montagne volcanique de même nom, qui le domine d'environ 68 mètres.

19. MANSON. Village situé au pied de l'éminence mentionnée ci-après. . . . . 892

20. PUY DE MANSON. L'un des points les plus élevés du plateau de granite. . . . . 1009

21. FONTANA. Village. — Point le plus élevé du village. . . . . 788

Moulins, sur le ruisseau, pris sur le milieu de sa pente. . . . . 766

Sommet du monticule auquel le village est adossé. . . . . 820

C'est au ruisseau de Fontana que les anciens prenaient les eaux qui ont autrefois abreuvé Clermont. On retrouve de grandes portions de leur aquéduc, depuis le village, jusqu'au milieu de la vallée de *Villar*.

22. LE CHEIX. Hameau. Élévation absolue. . . . . 773

Ce hameau est situé sur le penchant d'une éminence granitique, au point où le granite se recouvre d'immenses dépôts de pouzzolane, qui combent en partie un vaste bassin, compris entre *Fontana* et *Villar*, fermé au Nord par le courant de la lave de *Pariou*, et dans

le reste de son pourtour par des saillies du granite. La hauteur du hameau est prise au-dessous du domaine supérieur.

IV. *Basaltes et vieilles Laves denses, déposés, soit sur le granite, soit sur le terrain d'alluvion.*

Les couches et dépôts de cet ordre, qui subsistent actuellement, ne sont que les lambeaux d'anciens terrains que des accidens ont détruits en partie avec le sol même qui les supportait. A quelque point, cependant, que ces dépôts soient morcelés, on devine sans peine la contiguïté originaire de plusieurs d'entre eux; et en consultant leur disposition générale, on les voit naître sur le sol granitique, s'étendre de là sur le sol secondaire, et s'abaisser à mesure qu'ils s'éloignent du lieu de leur origine, comme le feraient des courans lentement entraînés sur un sol d'inclinaison médiocre. Mais, s'il est aisé de concevoir, dans ce sens, la continuité des dépôts basaltiques que l'on trouve actuellement épars, on ne saurait les réunir de même dans le sens latéral, et en faire par la pensée une immense nappe dont les couches auraient été déposées à la manière des couches aquiformes qui leur servent de base. Ces dernières, quoique maintenant divisées par l'excavation des vallées, se représentent partout à des élévations pareilles; celles-là, au contraire, sont placées à des hauteurs trop différentes pour avoir jamais fait partie d'un seul et même dépôt. Il est évident que les basaltes ont coulés dans les bas fonds d'une ancienne plaine fort élevée:

ils occupent actuellement les hauteurs, parce que les intervalles sont détruits. Ils l'ont été par une grande catastrophe; car on s'assure aisément que c'est à un seul et même événement qu'il faut attribuer le morcellement des couches basaltiques, la séparation qui existe maintenant entre le terrain primitif et le terrain secondaire, la réduction de leurs débris en sable, et l'excavation des vallées qui sillonnent aujourd'hui les deux terrains. Cet événement est antérieure à l'éruption des volcans modernes; car les laves de ceux-ci ont conservé leur continuité, recouvrent souvent les basaltes et n'en sont jamais recouvertes.

23. CAP DE PRUDELLES. Au-dessus de la route de Clermont, à Pontgibaud. . . . . Élévation absolue en mètres. 699<sup>m</sup>.

Crête basaltique, dressée sur un promontoire de granite fort saillant; basaltes prismatiques qui deviennent fort réguliers dans la partie qui est au niveau de la route. Là, ils sont bientôt recouverts et cachés par la lave de *Pariou*. Ce basalte est remarquable par l'abondance, la grosseur et la beauté des nœuds de peridot qu'il renferme.

24. MONTRODEAX. — Cône basaltique couronné des mâtures d'un château. . . . . 927

Basaltes régulièrement prismatiques. Le château est construit de prismes couchés les uns sur les autres, comme tous ceux qui se trouvent dans une situation pareille. Ces basaltes reposent immédiatement sur le granite.

25. LA FONT DE L'ARBRE. Village sur un dépôt isolé de vieille lave lithoïde. . . . . 805

Le dépôt de lave sur lequel le village est bâti, forme, au Nord, une légère éminence.

Il est très-circonscrit et d'une petite épaisseur. Le granite en est à peine recouvert.

Elevation  
absolue  
en mètres.

26. SAINT-GÈNÈS CHAMPANELLE. Hameau où se trouve la Bergerie impériale de Merinos. . . . . 886<sup>m</sup>

Vieille lave, imparfaitement prismatique. Elle est déposée immédiatement sur le granite, qui tour à tour la domine de ses éminences et en est dominé.

27. LA SERRE DE FONTFREDE. — Tête de la Serre ou Puy de Nadailhat. . . . . 1055

Extrémité orientale de la Serre, au-dessus du Crest. . . . . 646

Le Crest. Village. Place de l'ancien château. . . . . 623

La Serre est une des coulées basaltiques les plus étendues, et c'est aussi l'une des plus remarquables, parce qu'elle se fait sans interruption, depuis le plateau de granite, jusqu'à une grande distance sur le terrain d'alluvion. Sa longueur excède un myriamètre, et sa largeur est très-considérable. Elle forme trois étages. Le plus élevé constitue le Puy de Nadailhat qui a le granite pour support. A compter de ce point, le granite s'abaisse rapidement, et la couche basaltique s'abaisse de même, puis s'étale en un plateau assez court et d'une inclinaison plus modérée : c'est là le second étage ; il correspond au lieu où les couches secondaires s'appuient contre les flancs du granite. De là, cette coulée s'abaisse encore d'un degré, mais celui-ci est peu élevé, et elle se prolonge presque horizontalement, l'espace d'un demi-myriamètre au moins : c'est le plateau inférieur. Il est uni, sans aspérités, et se conforme à la disposition des couches aquiformes qu'il recouvre. Cette succession d'étages, moulés sur les formes du terrain qui leur sert de base, caractérise si bien un courant, qu'il est difficile, en le

voyant, de donner accès à aucune autre idée touchant l'origine d'un pareil dépôt. Le monticule du Crest n'est séparé du plateau inférieur que par une coupure étroite et accidentelle. Il lui appartient et en constitue la véritable extrémité. Le basalte de cette longue coulée est généralement informe, et présente, vers le haut, des parties poreuses ; mais on commence à apercevoir des divisions prismatiques vers le plateau intermédiaire ; elles sont encore plus manifestes au Crest, dont le basalte a, en outre, une division tabulaire.

Elevation  
absolue  
en mètres.

28. LE PUY GIROU. Sommet basaltique, élevé sur le terrain d'alluvion. . . . . 851<sup>m</sup>

29. GERGOVIA. Extrémité occidentale, au point le plus élevé du plateau. . . . . 761

Extrémité orientale, au point le plus élevé de cette extrémité. . . . . 752

Dépression intermédiaire, sur le chemin de la Roche Blanche. . . . . 726

Le Puy Girou et Gergovia sont deux lambeaux d'un seul et même plateau basaltique, détruit du côté du sol granitique, et divisé au point où le village d'Opme, n<sup>o</sup> 14, est situé. Le basalte n'a ici aucune configuration bien déterminée. On y remarque seulement des fissures dans le sens vertical. Le terrain d'alluvion a éprouvé des bouleversements contemporains avec les irrptions du basalte qui paraissent s'être répétées à deux ou trois reprises. Il est principalement formé de calcaire marneux, et contient une grande quantité de pechstein et de l'arragonite.

On trouve sur le plateau de Gergovia, les débris d'une immense quantité d'amphores ; des médailles romaines, des haches gauloises en pierre dure. On croit généralement que c'est le Gergovia de César ; cependant

il n'est pas clair que des conjectures, suggérées par la lecture des commentaires, n'aient pas pris ici la place de la tradition.

30. MONT-ROGNON. *Mons - Regnans* suivant les uns ; *Mons - Rugosus* selon d'autres. . . 713<sup>m</sup>

Cône basaltique fort aiguë, placé sur le terrain d'alluvion ; basaltes prismatiques de petit diamètre. Le cône est couronné par les mâtures d'un vieux château construit de prismes couchés, comme *Montrodeix*, n<sup>o</sup>. 24 ; comme *Montredon*, château voisin de la *Serre de Fontfredé* ; comme le château de *Montrelet*, situé dans l'arrondissement d'Issoire ; comme le château de *Stolpen*, décrit par les minéralogistes allemands.

31. LES CÔTES DE CLERMONT. Plateau basaltique sur le terrain d'alluvion. . . 637

32. CHAMPTURGUES DE CLERMONT. — *Campus orgyus* des Romains. Même structure. . . 565

Les *Côtes* et *Champturgues* ont été originellement contigus, comme *Gergovia* et le *Puy Girou*. Le calcaire marnéux qui sert de base à la coulée, est intercalé de couches épaisses d'argile.

33. PUY DE CORNON. Chapeau basaltique au sommet d'une large montagne secondaire. . . 538

Cette montagne est formée principalement de couches calcaires. On rencontre sur sa face occidentale des grès bitumineux comme ceux du n<sup>o</sup>. 10, sans qu'on puisse s'assurer s'ils pénètrent dans le corps de la montagne. Le sommet dont j'ai pris la hauteur, est celui qui est visible de Clermont. Un autre sommet plus oriental est de quelque chose plus élevé. Celui-là présente aussi un lambeau de vieille lave. Cette hauteur, au reste, a été prise par un fort mauvais tems et n'est pas bien sûre.

34. MONTAUDOU. Monticule au Sud-Ouest de Clermont. . . . . Élev. abs. en mètres. 599<sup>m</sup>

Il est entièrement formé d'une lave lithoïde qui paraît étrangère à toutes celles qui l'avoisinent. La nature de cette lave, et la disposition de ses couches qui ont débouché du côté du Sud, semblent indiquer une origine antérieure aux circonstances dans lesquelles les laves modernes ont coulé. D'ailleurs, *Montaudou* est plus ancien que *Charade* (n<sup>o</sup>. 35), qui est lui-même très-ancien. Son antériorité est évidente, puisqu'il a fait obstacle à l'écoulement de la lave de celui-ci, et en a divisé le courant.

#### V. Volcans modernes.

Cônes plus ou moins réguliers ; cratères plus ou moins apparens ; scories, laves poreuses et boursoufflées formant la masse des montagnes ; courans de lave partant de leur base ; pouzzolane et rappillo répandus au loin, et constituant des couches très-épaisses et très-étendues, sous lesquelles on trouve quelquefois de la terre végétale et des fragmens de bois à demi-brûlé.

Ces volcans appartiennent à la dernière époque des révolutions dont cette partie de la terre a été le théâtre. Leurs laves se sont jetées dans les vallées de dernière formation. Le dessin du sol sur lequel ces laves ont coulé, n'a point subi de changemens considérables durant leurs éruptions, et n'en a plus subi aucun depuis que les foyers brûlans se sont éteints.

Toutes les montagnes de cet ordre s'élèvent sur le sol granitique, et sont disposées dans un alignement qui se dirige du Nord au Sud. En

général, elles ne correspondent point à la partie la plus haute du plateau, mais à sa déclivité occidentale, circonstance qui a naturellement porté de ce côté toutes les laves qui n'ont pas trouvé de vallées ouvertes au levant. Ces laves sont de nature trapéenne, et paraissent avoir tiré leur origine de vastes filons de cette espèce, dont le plateau granitique était ici traversé. Le *Puy Chateix*, ci-dessus mentionné, n°. 16, est l'exemple subsistant de ces filons.

Élévation  
absolue  
en mètres.

35. LE PUY DE CHARADE. Élévation absolue. . . 920<sup>m</sup>

Point de cratère. Lave lithoïde, contenant de gros nœuds de pyroxène, et des peridots semblables en couleur et en volume à ceux du basalte de *Prudelle*, n°. 23. — On rangerait cette cime dans l'ordre des montagnes basaltiques, si l'on n'y reconnaissait un courant de lave évident, courant qui suit les pentes tracées par les dernières révolutions, et se divise pour embrasser le *Puy de Montaudou*, n°. 34. Au reste, *Charade* est très-ancien, et sa lave est recouverte à son tour par celle de *Gravenère*, n°. 36. Mais l'identité de cette lave avec les basaltes les mieux caractérisés, est un des faits qui favorisent de plus l'opinion de la volcanicité de ceux-ci.

Le sommet de *Charade* n'est élevé que de 68 mètres au-dessus du granité qui le supporte. Voyez ci-dessus, n°. 18.

36. GRAVENÈRE, c'est-à-dire, *Gravier noir*. . . 830<sup>m</sup>

Point de cratère, mais les signes les moins équivoques de volcanicité. C'est le premier volcan qui ait attiré ici l'attention des naturalistes. Amas de laves poreuses, de laves cordées et en larmes, de pouzzolanes dans toute leur fraîcheur; deux courans de laves.

*Courant méridional*, pris au-dessus du village de *Boisséghoux*. . . . . 594<sup>m</sup>

Élev. abs.  
en mètres.

A *Boisséghoux*, au niveau des maisons supérieures du village. . . . . 584

A *Beaumont*, au pied de l'église de ce village. . . . . 456

A l'*Oradou*, sur la terrasse antérieure de la maison, près de l'extrémité du courant. . . 372

*Courant septentrional*. A *Royat*, sur la place de l'église. Surface supérieure de la lave. . . 518

A *Royat*, dans la grotte des sources. Surface inférieure de la même partie de la lave. . 498

A *Montjoli*, au bas de la terrasse. Extrémité du courant. . . . . 421

La lave de ces deux courans, que l'on voit sortir du sein des scories, et qui en est partout accompagné, prend l'aspect lithoïde et la texture basaltique, dans les points où la force de la pression et la lenteur du refroidissement ont favorisé le rapprochement régulier des molécules. A la grotte de *Royat* on reconnaît même une division en gros prismes. Ici, le courant a une épaisseur de vingt mètres. De cette grotte, jaillissent les sources qui abreuvent *Clermont*. Vers l'extrémité de ce même courant, dans l'enclos de *Montjoli*, on remarque une caverne méphitique, c'est-à-dire, dont l'air est vicié par une émanation continuelle de gaz acide carbonique.

37. LE PUY DE LA VACHE. Élévation absolue. . . 1187

Un large et profond cratère encore revêtu de ses murailles, mais ébréché du côté du couchant où son bord est entièrement emporté et a donné issue à la lave. Celle-ci couvre une vaste étendue de pays qu'elle a frappé de stérilité. Ces déserts, hérissés de laves, sont ici distingués par le nom de *Cheire* ou *Serre*, comme les Espagnols appellent

*Sierra*, et les habitans de Pyrénées *Sarrat*, tous les amas de rochers qui, vus de loin, paraissent découpés en dents de scie. Élévation absolue en mètres.

La profondeur du cratère est de 153 mètres ou 472 pieds.

38. LE PETIT PUY DE DÔME, adossé du côté du Nord au Grand Puy de Dôme, dont il semble faire partie. . . . . 1277<sup>m</sup>.

Un beau cratère très-entier et très-régulier, nommé vulgairement le *Nid de la Poule*. Ce cratère est environné d'un double rang de déjections où l'on rencontre du fer oligiste. La profondeur du cratère est de 89 mètres, si on la prend du sommet principal du Petit Puy; elle se réduit à 35 mètres, si on la prend du bord méridional.

La lave de ce volcan est recouverte par celle du Puy de Pariou, ou bien elle se confond avec elle dès sa sortie.

39. PUY DE PARIOU. Sommet principal. Élévation absolue. . . . . 1223  
Oreille orientale du cratère. . . . . 1201  
Base orientale du Puy, prise sur la route de Limoges, au passage des *Goules*. . . . . 1008  
Base méridionale, prise sur la nappe de lave, entre *Pariou* et le *Petit Puy de Dôme*. . . . . 998

Vaste et superbe cratère tout-à-fait complet. Son pourtour excède 930 mètres, et sa profondeur, à compter du sommet principal, est de 93 mètres.

La nappe de laves se partage en deux courans principaux, qui descendent l'un et l'autre à l'Est, en suivant la pente de deux vallons granitiques.

- Courant méridional*, à la *Barrague*, embranchement des routes d'Aurilhac et de Limoges. . . . . 791  
A *Villar*, au milieu du village. . . . . 715

A

- A *Fontmore*, près Clermont, à l'entrée de la grotte où ce courant se termine. Élev. abs. en mètres. . . . . 429<sup>m</sup>  
*Courant septentrional*, à *Durtol*, au niveau des maisons supérieures du village. . . . . 542  
A *Nohannet*, village où ce courant se termine, sur le bord du ruisseau. . . . . 441  
40. PUY DES GOULES, nommé *Mont-Goulide* dans la carte de M. Desmarests. . . . . 1159

Cratère fort vaste mais peu profond. La hauteur du Puy est prise sur son bord oriental par un assez mauvais tems. Elle pourrait être un peu fautive. L'élévation de la montagne, au-dessus du passage des *Goules*, est de 151 mètres.

Ce passage des *Goules* est un étroit défilé entre le Puy des *Goules* et celui de *Pariou*. Il fait partie de la route de Clermont à Limoges. Son élévation absolue, et la quantité de neiges que les vents d'Ouest y accumulent, le rendent, pendant l'hiver, redoutable aux voyageurs. La route est tracée en général sur le granite, mais rehaussée ici par un courant de lave issu de *Pariou*.

#### VI. Puy<sup>s</sup> feldspathiques.

Parmi les puy<sup>s</sup> volcaniques, dont les déjections sont de nature trapéenne, s'élèvent quatre montagnes, le *Puy-de-Dôme*, le *Grand Sarcoul*, le *Grand* et le *Petit Cliersou*, dont la roche a le feldspath pour base, et des parcelles de pyroxène pour accessoire ordinaire, roche à laquelle on ne trouve d'analogues que dans des contrées volcaniques fort éloignées de celle-ci, et qui se fait remarquer entre ces analogues mêmes par des caractères assez distinctifs, pour que les minéralogistes allemands aient cru devoir la signaler particulièrement par la dénomination de *domite*. Elle est unique, au moins dans le sys-

Volume 24.

R

tème des montagnes de l'ancienne Auvergne, et semble encore plus étrangère au granite qui leur sert de base, que ne le sont la cornéenne et le trapp, auxquels les laves bien caractérisées doivent ici leur origine. Hors des quatre montagnes qui viennent d'être nommées, on ne retrouve plus la *domite*, si ce n'est dans quelques protubérances superficielles qui se montrent au voisinage, et dans le *Puy - Chopine*, montagne peu éloignée, où on la voit associée au granite, au *grunstein*, à des portions de lave trappéenne, à des roches diversement altérées par le feu, assemblage bizarre dont la singularité exercé depuis long-tems la sagacité des naturalistes.

Cette pierre n'est point sous sa forme primitive, car elle a enveloppé çà et là des fragmens de granite. Elle a souffert l'action du feu, car on en reconnaît les traces, tantôt dans ces fragmens, et tantôt dans sa propre contexture. Au moins, elle a été altérée par les agens volcaniques, car certaines parties sont imprégnées d'acide nitrique. Les uns regardent les montagnes qui en sont construites comme chauffées en place; d'autres les font sortir toutes formées des entrailles de la terre, par un effort prodigieux des gaz dilatés; plusieurs sont tentés de les considérer comme les restes de la salbande qui accompagnait le filon de cornéenne, où les volcans voisins ont puisé la matière de leurs déjections; tous, en un mot, lient leur existence à celle des volcans, et ceux qui savent que toutes les pierres liquéfiées par le feu, sont susceptibles de recouvrer la texture lithoïde par un refroidissement lent, accompagné

d'une pression suffisante, ne répugnent nullement à supposer ici l'action du feu dans toute son énergie, si toutefois l'ensemble des phénomènes vient à rendre cette supposition nécessaire.

Pour expliquer ces montagnes, il ne nous manque peut-être autre chose, si non ce qui leur manque à elles-mêmes, savoir, ce que les accidens postérieurs ont soustrait à leur masse ou dispersé de leurs accessoires. Isolées, en petit nombre, sans connexion bien apparente avec les montagnes qui les environnent, dernier reste enfin du plus ancien terrain que les convulsions de l'époque volcanique aient produit ou modifié, elles demeureront une énigme peut-être insoluble, si le bizarre mélange qui constitue le *Puy-Chopine* ne l'explique pas. Pour déterminer le jugement, il faut des rapports. Il fallait voir les basaltes de France avec l'appareil volcanique qui les accompagne, pour rendre au domaine du feu les basaltes de l'Irlande et de l'Allemagne; et sans la connaissance que nous avons acquise de l'immense système des volcans du Pérou, nous nous demanderions probablement encore, s'il est possible que le porphyre et les phonolites du Mont-d'Or aient coulés.

Élev. abs.  
en mètres.

41. LE GRAND SARCOUY. Élévation absolue. . . 1156<sup>m</sup>.

La montagne des sarcophages, des cercueils. C'est de là et de *Cliersou*, que les anciens tiraient des tombes fort estimées, parce que la porosité de la pierre les rendait propres à dévorer promptement les chairs. Les cavernes que l'on aperçoit de loin sur les flancs de cette montagne, ont été creusées pour cette extraction, et l'on y voit encore des ébauches de sarcophages tracées sur place.

Le *Petit Sarcouy* n'a pas plus de rapport de composition avec celui-ci, que le *Petit Puy de Dôme* avec le *Grand Puy*. Élévation absolue en mètres.

J'ai pris cette hauteur par un très-mauvais tems : elle est probablement susceptible de quelque correction.

42. LE PUY DE DÔME. — *Podium Dumense* des anciens. . . . . 1477<sup>m</sup>.

Tout le groupe de montagnes dont celle-ci fait partie, était réuni sous une dénomination commune : c'était ce que l'on appelait autrefois les *Monts-Dômes*, comme on appelait *Monts-Dores* le groupe dont le *Puy de Sancy* est le centre. C'est donc par abus que l'on dit *Puy de Dôme* au lieu de *Puy Dôme*, et qu'on écrit le *Mont-d'Or*, comme si l'on entendait dire *Mons Aureus*. Le véritable nom de ce dernier est conservé dans celui de la *Dore* qui y prend sa source, ainsi que la *Dogne*; et la réunion de ces deux petites rivières forme la *Dordogne* dont le nom exprime cette réunion.

Le *Puy de Dôme* est un véritable colosse au milieu des montagnes qui l'entourent. Il s'élève de plus de 700<sup>m</sup> au-dessus de la base commune. Son volume répond à cette élévation. Celui du *Grand Sarcouy* est aussi très-considérable, eu égard aux dimensions des Puys volcaniques qui l'avoisinent. Quelque opinion que l'on adopte sur l'origine des montagnes de *Domite*, il faut nécessairement prendre cette hauteur et ce volume en considération.

*Nota.* Dans les courses que j'ai faites pour tracer cet essai topographique, j'ai été constamment accompagné et aidé par l'homme du pays qui, après M. Mossier père, le connaît le mieux, et l'a observé avec le meilleur esprit, par M. Cocq, Inspecteur des Poudres, qui succède au Patriarche des minéralogistes d'Auvergne, dans l'usage modeste et généreux qu'il fait de ses connaissances, et le rare désintéressement avec lequel il les communique à ceux qui visitent cette intéressante contrée. Je compte beaucoup sur lui pour continuer le travail que j'ai ébauché. Ce travail peut acquérir un haut degré d'intérêt, du moment où l'on y fera entrer le grand système porphyrique du *Mont-d'Or*, et les immenses dépôts de matières ponceuses qui en font partie.

SUR

LES FORMES CRISTALLINES  
DU FER ARSÉNICAL.

Par M. H A U Y.

LORSQUE j'ai publié, dans mon *Traité de Minéralogie*, les résultats de mes recherches sur la cristallographie, j'étais bien éloigné de croire que les nombreuses applications de ma théorie que renfermait ce travail eussent toutes le même degré de précision (1). Parmi les substances que j'avais décrites, il s'en trouvait quelques-unes dont les cristaux, soit par leur petitesse, soit par les inégalités qui altéraient le niveau de leurs faces, ne se prêtaient qu'à des mesures approximatives. D'autres cristaux d'une forme mieux prononcée, qui se sont offerts depuis à mon observation, m'ont conduit à rectifier les données dont j'étais parti, et à mettre les résultats du calcul plus exactement d'accord avec ceux de la géométrie de la nature. Je remarquerai ici que les opérations de ce genre ont un avantage sur celles où l'on se borne à répéter plusieurs

(1) Voyez le discours préliminaire, p. 49, note 1.

fois la mesure d'une même quantité, pour prendre une moyenne entre les valeurs observées. Car les incidences respectives des différentes faces d'un cristal étant produites par des lois de décroissement qui ont une liaison nécessaire soit entre elles, soit avec les angles et les dimensions de la forme primitive, fournissent différentes manières de vérifier ces angles et ces dimensions. On a ainsi la faculté de substituer aux faces primitives dont l'incidence n'aurait pu être mesurée avec assez d'exactitude, des faces secondaires choisies parmi celles qui ont le plus de netteté; et l'erreur devenue plus appréciable sous le nouveau rapport où elle se présente à l'observateur, sert en quelque sorte à se déceler elle-même.

Le fer arsénical, appelé par M. Werner *arsenik-kies*, et connu anciennement sous celui de *mispikel*, est une des substances minérales qui m'ait laissé le plus d'incertitude sur la détermination de ses formes cristallines. Aussi ai-je averti que je ne regardais les résultats de mon travail relatif à cette substance que comme approximatifs, en attendant des données plus précises (1). Romé de l'Île n'avait cité que deux de ses formes, savoir le prisme rhomboïdal que représente la *fig. 1* (*pl. IX*), et ce même prisme dont les bases sont remplacées par un sommet cunéiforme très-obtus, ainsi

(1) *Traité de Minéralogie*, t. IV, p. 57, note.

qu'on le voit *fig. 3*. J'ai décrit une troisième forme qui diffère de la précédente par des facettes, *l, l* (*fig. 6*), situées à la place des angles solides, formés par la rencontre des faces du sommet avec les arêtes latérales les plus saillantes. Or, dans tous les cristaux de ces trois variétés que j'avais eus entre les mains, les pans *M, M*, quoique lisses, formaient des inflexions sensibles à l'œil. M. Emmerling a remarqué cette espèce de déviation (1). D'une autre part, les sommets de la variété que l'on voit, *fig. 3*, étaient chargés de stries parallèles à l'arête terminale, qui rendaient les faces de ces sommets plus ou moins convexes. Enfin les facettes *l, l*, particulières à la variété représentée, *fig. 6*, outre qu'elles étaient très-petites, ne suffisaient pas seules pour fournir à la théorie les bases nécessaires. Des cristaux de la même substance, qui m'ont été donnés par M. Weiss, cristallographe très-habile, et qui présentent de nouvelles variétés exemptes des anomalies dont j'ai parlé, m'ont offert l'occasion de revenir sur un travail qui ne pouvait être regardé que comme une ébauche très-imparfaite. La description suivante aura ainsi un double but; elle rétablira la précision dans la détermination des formes cristallines relatives au fer arsénical, et fera connaître les accroissemens que les découvertes récentes ont procurés à cette espèce.

(1) *Traité élémentaire de Minéralogie*, par Brochant, t. II, p. 439.

1°. Fer arsénical primitif,  $M P$  (*fig. 1*). Prisme droit à bases rhombes. (1). Incidence de  $M$  sur  $M$ , 111 d. 18'. J'ai un groupe de cristaux de cette variété, entremêlés de cristaux de plomb sulfuré cubo-octaèdre et de quartz prismé. Dans un autre groupe, les cristaux de fer arsénical sont revêtus d'une couche de fer sulfuré.

2°. Fer arsénical unitaire  $M E$  (*fig. 2*). La variété primitive dont chaque base est remplacée par un sommet dièdre aigu. Incidence de  $l$  sur  $l$ , 80 d. 24'; de  $M$  sur  $l$ , 115 d. 32'. Cette variété est une de celles qui n'ont pas encore été décrites. On la trouve dans les mines de la Saxe, près de Freyberg.

3°. Fer arsénical ditétraèdre  $M E$  (*fig. 3*). Elle diffère de la précédente en ce que le sommet dièdre qui remplace chaque base de la forme primitive est obtus. Incidence de  $r$  sur  $r$ , 147 d. 2'; de  $r$  sur l'arête verticale adjacente, 106 d. 29'.

La variété primitive passe à celle-ci par une suite de degrés intermédiaires; c'est l'effet des stries dont ses bases sont chargées paral-

(1) Soit  $o n x u$  (*fig. 7*) ce même prisme. Si l'on mène les diagonales  $o n$ ,  $k s$  de la base, on pourra faire  $o c = \sqrt{15}$ ,  $c s = \sqrt{7}$ , et  $s y = \sqrt{21}$ .

lèlement à leurs petites diagonales. L'angle que forment entre elles les faces  $r$ ,  $r$ , et qui est d'abord extrêmement ouvert, diminue progressivement, et en même-tems les stries deviennent moins nombreuses, jusqu'à ce que cet angle ayant atteint la limite déterminée par le décroissement de quatre rangées, les deux faces dont il s'agit forment des plans lisses ou qui ne sont plus que très-légèrement striés. Il faut que Romé de l'Île n'ait observé que des termes de cette gradation très-éloignés de la limite, puisqu'il indique 160 à 165 degrés pour la mesure de l'angle que forment entre elles ces mêmes faces. La valeur d'environ 155 d. que j'avais assignée à cet angle, s'écartait moins de la véritable, qui est de 146 d. 18', ce qui faisait cependant encore une différence de près de 9 degrés en plus.

Dans certains cristaux, les deux sommets se rapprochent jusqu'au point de faire disparaître les arêtes latérales les plus saillantes, comme on le voit, *fig. 4*. M. Emmerling fait de cette modification une variété particulière, qu'il considère comme un octaèdre très-aigu, et dont l'analogie avec la forme du prisme à sommets dièdres (*fig. 3*) paraît lui avoir échappé. Ces doubles emplois, dont on trouve plusieurs exemples dans les traités publiés par des savans étrangers, proviennent de l'espèce de loi qu'ils se sont imposée de décrire les cristaux tels qu'ils s'offrent à l'œil, sans avoir recours au goniomètre. Le

véritable principe relatif à la détermination des variétés cristallisées, consiste en ce que deux formes sont identiques lorsque leurs faces sont en nombre égal et ont les mêmes incidences respectives, quelles que soient d'ailleurs les figures de ces faces qui peuvent varier à l'infini, suivant qu'elles sont plus voisines ou plus éloignées du centre dans un cristal que dans l'autre. Or, lorsque ces diversités sont portées à un certain degré, elles changent tout-à-fait l'aspect des cristaux, de manière que l'observateur qui s'en rapporte uniquement au jugement de l'œil, prend une simple modification accidentelle pour l'indice d'une variété distincte. C'est ce qui a eu lieu par rapport à celle dont il s'agit, dans laquelle le changement des trapèzes latéraux en triangles aigus, par le rapprochement des sommets, a fait naître l'idée d'une nouvelle cristallisation; et comme pour mettre l'octaèdre aigu dans sa position naturelle, il faut placer ses deux angles  $a$ ,  $b$ , dans une ligne verticale; il en résulte que la forme secondaire, et par suite, la forme primitive renfermée dans celle-ci, se trouvent renversées l'une et l'autre, en sorte que la distinction de l'octaèdre aigu, comme variété particulière, n'est pas moins opposée à la théorie qu'à la méthode.

4°. Fer arsénical unibinaire  $M \overset{1}{E} \overset{2}{E}$  (fig. 5).

La variété unitaire dans laquelle les arêtes terminales sont remplacées chacune par deux

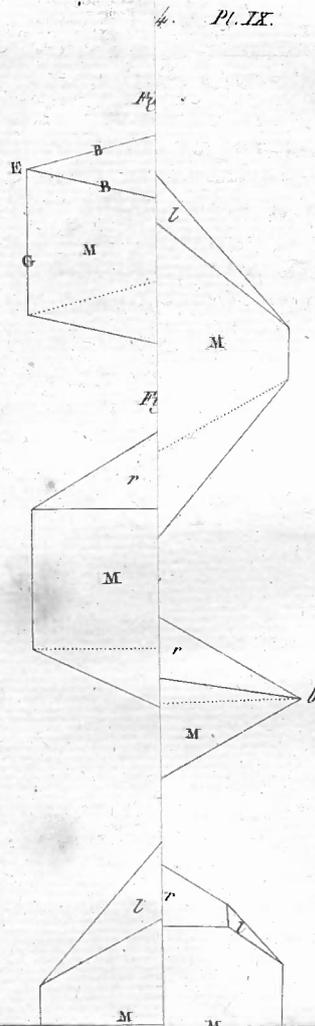
facettes. Incidence de  $z$  sur  $z$ , 118 d. 46'; de  $l$  sur  $z$ , 160 d. 49'. Cette variété est aussi une de celles que j'ai annoncées comme nouvelles. On la trouve dans le même endroit que l'unitaire.

5°. Fer arsénical quadrioctonal  $M \overset{1}{E} \overset{2}{E} \overset{3}{E}$  (fig. 6).

Cette variété offre la réunion des faces terminales de la variété ditétraèdre avec celles de l'unitaire. Incidence de  $l$  sur  $r$ , 146 d. 41'.

La forme du prisme droit rhomboïdal que présente le fer arsénical, suffirait seule, indépendamment de ses angles et des dimensions de la molécule intégrante, pour distinguer cette espèce de toutes les autres substances métalliques connues jusqu'ici, parmi lesquelles il n'en est aucune dont les cristaux ne se rapportent à des formes d'un autre genre, telles que le cube, le rhomboïde, le prisme hexaèdre, etc. Le fer arsénical admet quelquefois dans sa composition une quantité d'argent qui, suivant une analyse de M. Klaproth, peut aller jusqu'à un huitième de la masse. Il se présente alors sous la forme de prismes rhomboïdaux, semblables à ceux du fer arsénical pur, excepté qu'ils sont plus déliés. C'est le weisserz des minéralogistes allemands, qui, d'après les principes de la nomenclature que j'ai adoptée, doit être appelé *fer arsénical argentifère*. La minéralogie offre une multitude d'exemples analogues, dans lesquels les molécules intégrantes de deux substances, qui existent ailleurs séparément, se trouvent associées, de manière que l'une des

deux substances communique à l'autre le caractère de sa cristallisation particulière. Cette observation sert à distinguer les cas où la réunion des deux substances ne constitue qu'une simple variété par mélange, de ceux où les deux molécules, en se neutralisant pour ainsi dire l'une l'autre, donnent naissance à une troisième, qui est d'une forme différente, et, par une suite nécessaire, déterminent une nouvelle espèce.



FER ARSENICAL.

Fig. 1.

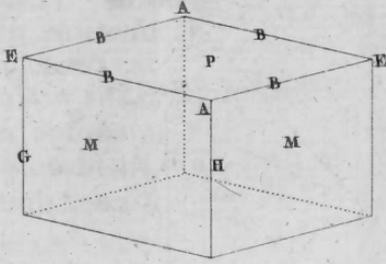


Fig. 2.

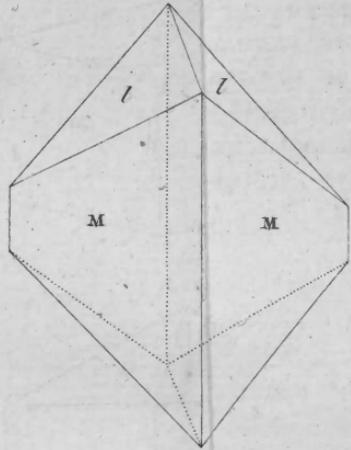


Fig. 3.

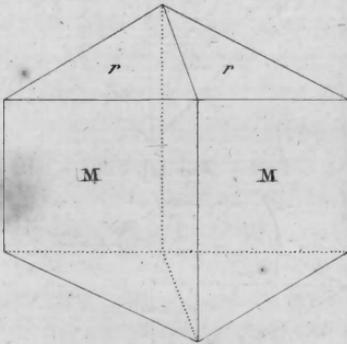


Fig. 4.

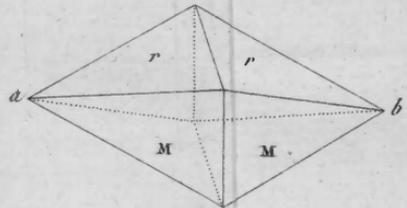


Fig. 5.

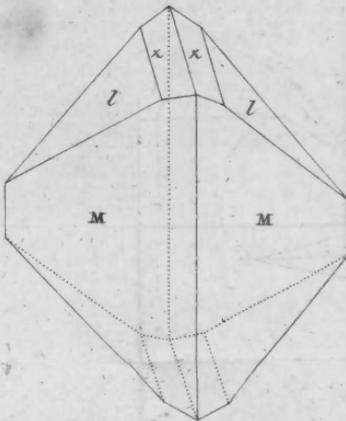


Fig. 6.

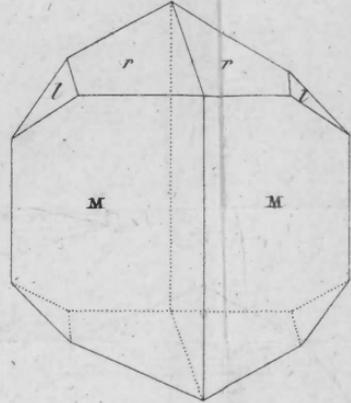
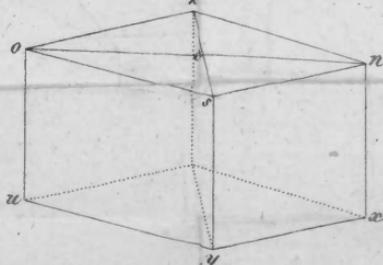


Fig. 7.



## N O T E

*Sur un Oxyde naturel vert de Chrome.*

Par M. GILLET-LAUMONT, Membre du Conseil  
des Mines.

**M.** LESCHEVIN, Commissaire en chef des Poudres et Salpêtres, vient d'envoyer de Dijon, au Conseil des Mines, une suite de roches intéressantes, à raison des parties colorées en vert qu'elles contiennent. On connaissait depuis long-tems plusieurs morceaux de roches, et une brèche siliceuse, que l'on avait nommés improprement *calcédoine du Creuzot*, trouvés en abondance sur la route, et remarquables par les parties vertes qu'ils contenaient, et que MM. Guyton et le Lièvre avaient reconnu pour ne point être colorées par le cuivre (1); mais on ne connaissait point le lieu d'où ces roches avaient été tirées.

C'est ce gisement que M. Leschevin vient de trouver. Après beaucoup de recherches, il a rencontré ces roches vertes dans trois montagnes contiguës; et il annonce qu'elles sont colorées par *l'oxyde de chrome*, uni plus ou moins abondamment à la silice, à l'alumine, etc. Il a trouvé sur l'une de ces montagnes le granite

(1) *Journal de l'Ecole polytechnique*, an IV, troisième cahier, pag. 287 et suiv.

graphique, que plusieurs auteurs ont annoncé comme accompagnant l'émeraude, et il se propose de vérifier si cette substance, qui se rencontre aussi quelquefois colorée par le chrôme (ainsi que Vauquelin l'a reconnu), se trouverait dans cette contrée.

Il doit donner incessamment, dans ce Journal, une Notice détaillée sur ces roches vertes, et sur l'utilité dont elles pourraient être dans les arts. L'on est obligé aujourd'hui de retirer le chrôme du fer chromaté venant du département éloigné du Var, pour, en l'unissant au plomb, en former le plus beau jaune connu; découverte due à M. Drappier, qui l'a faite dans le laboratoire du Conseil des Mines.

Le zèle pour les sciences, et les connaissances étendues de M. Leschevin, ne laissent aucun doute sur l'intérêt et l'utilité des observations qu'il donnera à l'égard de cette substance nouvelle, et qui (lorsqu'elle est combinée avec le plomb) commence à être employée avec beaucoup de succès dans la peinture.

## SUITE DE L'ESSAI

Sur la Géologie du Nord de la France.

Par J. J. OMALIUS-D'HALLOY.

### TROISIÈME RÉGION.

#### LE CONDROS.

LA région que nous allons examiner, appartient exclusivement à la formation que j'ai appelée *bituminifère*; elle a la forme d'un trapèze irrégulier, long d'environ 13 myriamètres, et plus large à sa base qu'à son sommet. Elle est bornée au Nord-Est par la ligne de démarcation que j'ai assignée à la Flandre, prise du canton de Dhuy (Sambre-et-Meuse), à celui de Rolduc (Meuse-Inférieure), au Nord par la Campine, prise des environs de Rolduc, à ceux de Juliers (Roër); de là on décrit, pour la séparer de l'Ardenne, une ligne dirigée au Sud-Ouest, passant par les environs d'Eupen, Theux (Ourthe), Durbuy, Rochefort (Sambre-et-Meuse), et Givet (Ardennes). On remonte ensuite au Nord en suivant le cours de la Meuse jusqu'à Namur, et en prolongeant cette direction jusqu'à l'extrémité du canton de Dhuy. Cette circonscription embrasse la moitié du département de Sambre-et-Meuse, plus d'un tiers de l'Ourthe, une petite portion de la Roër,

Démarcation.

Déno-  
mi-  
nation.

et quelques communes de la Meuse-Inférieure. Elle renferme des pays connus dans l'usage vulgaire, sous diverses dénominations qui auraient également pu servir à désigner le canton géologique que je viens de tracer; j'ai préféré celle de *Condros*, parce qu'elle est appliquée à la portion la plus considérable, et qu'elle est la plus ancienne; car César appelait déjà *Condrusi* un peuple qui paraît avoir habité cette même contrée.

Consti-  
tution physi-  
que.

Ce pays est très-différent de la Flandre et de la Campine; il est varié par une foule de collines, et arrosé par une multitude de petites rivières, de jolis vallons bordés de rochers escarpés, une surface qui présente des terres labourables, des prairies, de petites forêts, etc. lui donnent un aspect très-pittoresque; mais c'est un sol de médiocre culture, excepté la vallée étroite où coule la Meuse: on y trouve peu de terres véritablement fertiles; dans plusieurs endroits, les rochers sont à peine recouverts d'une légère couche de terrain meuble.

L'élévation de cette région est intermédiaire entre celle de l'Ardenne qui règne à l'Est, et celle de la Flandre qui s'étend à l'Ouest; en général tous les plateaux du Condros ont une hauteur d'environ 350 mètres.

Deux es-  
pèces de  
vallées.

Le relief du pays peut être considéré comme un vaste plateau qui est sillonné par un nombre infini de vallées. Quand on a examiné ces vallées avec attention, on reconnaît qu'elles appartiennent à deux modifications différentes: les unes, qu'on pourrait appeler *longitudinales*, sont droites, larges, peu enfoncées, bordées de coteaux en pentes douces, et dirigées réguliè-  
lièrement

lièrement du Nord-Est au Sud-Ouest, en faisant sur le parallèle un angle d'environ 35 deg., ce qui divise toute la surface en collines longues et étroites. Nous verrons tout-à-l'heure que cette structure est en rapport avec la constitution géologique. Mais ces collines et ces vallées sont elles-mêmes rompues et déchirées par d'autres vallées beaucoup plus profondes, irrégulières, tortueuses, dirigées en tout sens, et qui servent ordinairement d'écoulement aux rivières. Les catastrophes qui ont donné naissance à ces dernières vallées, et qui paraissent avoir consisté dans l'action érosive d'un liquide, ont tellement agi sur la partie septentrionale de ce pays qui aboutit aux plaines de la Roër, qu'on n'y reconnaît presque plus les vallées longitudinales. Le même effet a encore lieu dans les parties basses qui avoisinent la Flandre.

La constitution géologique de cette région est très-remarquable; toutes les couches y sont non-seulement plus ou moins inclinées, mais on en voit à chaque instant de contournées, de repliées les unes sur les autres, de bouleversées en tout sens; tout annonce qu'elles ont été agitées par des révolutions promptes et violentes. Cependant, au milieu de tant de confusion, on reconnaît que ces couches ont une direction commune du Nord-Est au Sud-Est, à peu près semblable à celles des vallées longitudinales. Il résulte de cette structure, que le pays est partagé dans toute sa longueur en *chaînes minérales* ou systèmes de couches dans lesquelles on reconnaît le même arrangement et la même nature d'une extrémité à l'autre. Ces chaînes ne sont cependant pas absolument parallèles,

Consti-  
tution géolo-  
gique.

car, par exemple, une chaîne métallifère qui règne au Sud-Est et une chaîne houillère qui s'étend au Nord-Ouest, divergent tellement, que quoiqu'elles se joignent dans leur commencement, elles sont éloignées de plus de quatre myriamètres dans la partie méridionale de la région : quelquefois aussi ces chaînes sont interrompues en tout ou en partie, mais on les retrouve toujours à une certaine distance.

Nature  
des cou-  
ches.

Avant de parler de la disposition de ces différentes chaînes, je vais faire connaître d'une manière générale les couches qui constituent le pays ; elles se rapportent principalement à trois espèces différentes, la chaux carbonatée, le quartz et le schiste. Parmi les couches subordonnées, les plus remarquables sont la houille, le fer oxydé et l'argile ; mais toutes ces roches, ainsi que je l'ai observé d'une manière générale dans l'introduction, se confondent continuellement les unes dans les autres : cette confusion a principalement lieu entre les roches quartzieuses et schisteuses ; leur mélange est si fréquent et si intime, qu'il est impossible d'établir une coupe nette entre ces deux espèces (1).

Chaux car-  
bonatée bi-  
tuminifère.

La chaux carbonatée du terrain bituminifère, est en général imprégnée du principe qui m'a porté à appliquer son nom à toute la formation ; ce qui lui donne une couleur ordi-

(1) C'est au point que dans plusieurs cantons les ouvriers n'ont point de termes pour les distinguer, et qu'ils appellent également *agaize*, *agazhe*, *agôche* les schistes et les grès ; il n'y a que les mineurs de houille qui établissent la différence, et réservent ces noms aux schistes argileux.

nairement bleuâtre, mais qui varie du gris au noir selon que la proportion de bitume est plus ou moins considérable. Son tissu est souvent compacte, quelquefois grenu et lamellaire ; dans le premier cas, la cassure est conchoïde ; dans les deux autres, elle est droite ; sa dureté est telle qu'elle étincelle quelquefois sous le briquet, principalement dans la variété grenue qui l'emporte à cet égard sur la compacte : on peut la considérer comme un véritable marbre ; elle renferme beaucoup de corps organisés ; mais ce sont de ces animaux anciens de genres inconnus, tels que des ammonites, des térébratules, etc. Aussi elle a tous les caractères du calcaire de transition des auteurs allemands. Elle existe en couches souvent très-puissantes, quelquefois très-feuilletées ; et présente un grand nombre de ces cavités et de ces grottes souterraines qui paraissent se trouver exclusivement dans le calcaire ancien. Cette chaux carbonatée bituminifère jouit de propriétés qui la rendent très-propre à une foule d'usages économiques ; c'est d'abord une des meilleures pierres de taille qu'on connaisse, elle réunit la plus grande solidité à la qualité de se laisser travailler facilement : quand elle contient assez de bitume pour avoir la couleur bleue-foncée, et qu'elle a le tissu compacte, on en fait des carreaux qui reçoivent très-bien le poli : quand la proportion de bitume augmente encore, on obtient un marbre noir magnifique : ce principe augmente quelquefois à un tel point, que la masse ressemble à un lignite, et brûle même pendant un certain tems sur des charbons, ce qui a souvent induit en erreur dans des recher-

ches de houilles, d'autant plus que le calcaire feuilleté est quelquefois absolument semblable au schiste argileux des houillères; j'en ai vu même qui avait cette couverture luisante qu'on remarque dans quelques-uns de ces schistes.

C'est une pierre à chaux excellente, ce qui paraît provenir de sa force de cohésion.

Comme pierre à chaux, ce calcaire l'emporte éminemment sur celui des autres formations environnantes, et nous fournit une preuve bien forte en faveur de l'opinion d'Higgins, rapportée dans la *Chimie* de M. Chaptal, qui attribue la bonté de la chaux à la dureté de la pierre qui a subi la calcination. En effet, nous voyons le calcaire bituminifère toujours plus dur que le calcaire horizontal donner une chaux beaucoup plus estimée. Mais en outre les chauffourniers et les mâçons distinguent très-bien la chaux faite avec la variété compacte, de celle provenant de la variété grenue; ils préfèrent cette dernière; et on a vu ci-dessus, que cette pierre grenue était plus dure que l'autre. De plus, les chauffourniers rejettent de leurs fours les masses de chaux carbonatée cristallisée, parce que, disent-ils, elles donnent une mauvaise chaux; sur quoi il est bon d'observer que ces cristaux facilement divisibles dans le sens de leurs joints naturels, jouissent de beaucoup moins de force de cohésion que les masses amorphes.

Ces couches de calcaire bituminifère renferment des parties privées de bitume ordinairement douées de formes cristallines; on y voit principalement des masses de chaux carbonatée laminaire, ordinairement blanche, rarement limpide, dans lesquelles la division mécanique peut obtenir des rhomboïdes presque

aussi beaux que ceux d'Islande; quelquefois ces parties blanches forment dans la pierre des espèces de filets plus ou moins épais qui s'entrelacent en tout sens avec la pâte bleuâtre, et donnent naissance aux *marbres gris et blancs*. Il y a aussi beaucoup de géodes tapissés de cristaux, dans lesquels on remarque le plus communément les variétés métastatique, dodécaèdre, inverse, équiaxe, lenticulaire, etc. Une circonstance assez remarquable, c'est que les cristaux sont plus abondans dans les couches impures que dans les autres. Les formes concrétionnées sont aussi très-communes: on trouve notamment, entre certaines couches, des infiltrations qui ressemblent à des copeaux minces de bois de sapin, et qu'on pourrait, d'après cela, appeler *chaux carbonatée ligniforme*. Les grottes sont remplies de stalactites, quelquefois d'une belle transparence. Quoique ces couches calcaires se conservent en général plus pures que celles de schistes et de quartz, elles se chargent aussi des élémens de ces dernières roches, ce qui présente une série de nuances diverses. Lorsque c'est le sable qui entre dans le mélange, on obtient une pierre *quartzifère* qui est recherchée pour paver les routes. La combinaison avec l'argile produit quelquefois une matière si tendre, qu'on peut l'employer comme *marne* à l'amendement des terres. Il arrive quelquefois que le bitume cède sa place à l'oxyde de fer qui colore en rouge; souvent dans ce cas il y a un mélange de différentes pâtes qui forme des *marbres rouges, gris et blancs*. Presque toutes les couches de calcaire bituminifère recèlent des rognons de quartz-agate noir, qui

ont tous les caractères du *lydischerstein* des auteurs allemands : on y trouve aussi de tems en tems du fer sulfuré, de la chaux fluatée violette et de l'anthracite.

Roches  
quartzeu-  
ses  
Quartz  
grenu.

Les roches quartzieuses de cette formation présentent des quartz grenus, des grès et des brèches : les premiers sont assez rares, ils se confondent presque toujours avec le grès ; il y en a cependant qui sont si voisins du tissu compacte, que leur cassure est cireuse, leurs couleurs sont toujours pâles, ce sont le grisâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le bleuâtre, etc. ; ils forment des couches quelquefois très-épaisses et quelquefois très-feuilletées : on les emploie concurremment avec le grès pour faire des pavés.

Grès.

Les grès de ce terrain ont communément les caractères des *grauwackes* des auteurs allemands ; ils ont en général les mêmes couleurs et les mêmes dispositions dans leurs couches que les quartz grenus ; mais, ainsi que je l'ai déjà indiqué, ils se mêlent si fréquemment avec les schistes, qu'on ne peut presque pas les en séparer, et qu'ils présentent une infinité de variations. Il est très-rare de trouver ces grès réduits à leur véritable expression, c'est-à-dire, composés uniquement de quartz agglutiné ; ils sont toujours plus ou moins argileux, ordinairement micacés, souvent aussi feuilletés que les schistes, et se divisent quelquefois en fragmens rhomboïdaux. Il arrive aussi que ces grès perdent leur force de cohésion et se *pourrissent*, selon l'expression des ouvriers, alors on les exploite comme sable. On trouve notamment dans un endroit dit le *Chêne-à-là-*

*Porte*, canton de Herve (Ourthe), une sablière de ce genre, qui est très-remarquable, d'abord parce qu'on y voit des grès de cette formation, aussi purs et aussi blancs que le plus beau grès blanc connu ; ensuite parce qu'on y exploite des couches verticales de sable, ce qui paraît un paradoxe. On se sert de ces grès pour faire des pavés, des meules à aiguiser, des pierres de taille, des moellons, des carreaux, etc.

Les brèches ne sont pas aussi communes que les grès, les fragmens qui les composent sont en général anguleux et très-rarement arrondis ; ils sont de différentes couleurs, blancs, rougeâtres, grisâtres et même noirs. Ces derniers, qui appartiennent au *kiesel-schiefer* des auteurs allemands, semblent un caractère propre à distinguer les brèches de cette formation ; car je ne me rappelle pas d'en avoir vu dans celles des terrains d'ardoise et de grès rouges. Ces fragmens sont ordinairement agglutinés si fortement, qu'ils constituent une pierre très-solide, et ce qu'il y a de remarquable, c'est que souvent on n'y aperçoit aucun ciment ; de sorte que l'adhérence paraît résulter du contact immédiat des fragmens, qui sont aussi quelquefois enfermés dans une pâte plus ou moins pure, selon que la brèche passe au grès ou au schiste ; c'est principalement avec les schistes rouges que ce passage a lieu ; ces brèches sont employées dans les arts à faire des chemises de hauts fourneaux, des meules de moulin, des pavés, etc.

Quartz-  
brèche.

On trouve beaucoup de brèches en blocs isolés sur la surface, et j'avais même douté quelque tems qu'elles existassent en couches

inclinées ; mais des observations plus étendues m'ont prouvé qu'elles forment des couches parallèles aux autres roches du pays ; elles se trouvent aussi en filon ou failles très-considérables qui traversent toutes les autres couches. Il y a un filon de ce genre à Pepinster, canton de Spa (Ourthe), qui est remarquable par la manière dont il a résisté à l'action érosive du liquide qui a creusé la vallée de la Vesdre ; de sorte qu'il se présente des deux côtés comme un mur vertical qui aurait barré le cours de la rivière perpendiculairement à sa direction, et dont les débris s'élèvent encore sur les pentes qui bordent la vallée.

Quartz  
schisteux  
noir.

Le quartz schisteux noir ou *kiesel-schiefer* forme aussi des couches ; mais elles sont si rares et se confondent si promptement avec les schistes argileux, qu'on doit les regarder comme des couches subordonnées ; du reste, toutes ces roches quartzieuses renferment de petits filons de quartz hyalin laminaire ou compacte, blanc ou limpide, et des géodes tapissées de cristaux.

Schiste ar-  
gileux.

Les schistes sont tout aussi communs et aussi variés que les grès ; ils appartiennent en général à la variété argileuse de M. Brongniart : ils se divisent en petits feuillets qui diffèrent du schiste ardoise, parce que dans ce dernier la cassure est toujours schisteuse quelque petit que soit le fragment, tandis que dans le schiste argileux les feuillets réduits à une épaisseur qui varie selon les couches, ne présentent plus qu'une cassure droite, et forment de petits solides terminés par des lignes droites, qui sont

quelquefois des rhomboïdes ; de sorte qu'on peut dire que cette variété n'a la cassure schisteuse qu'en grand, mais qu'en petit sa cassure est droite. Ce schiste est toujours si tendre, ou du moins s'altère tellement aux influences météoriques, qu'il n'est propre à aucun usage économique.

Il est presque impossible d'établir parmi ces schistes d'autres modifications que celles dépendantes de la couleur qui est aussi très-variable, mais qui présente communément le gris, le jaune, le rougeâtre et le noirâtre : ces dernières sont en général voisines des couches de houille, et doivent leur couleur au bitume dont ils sont imprégnés (schiste argileux bitumineux).

Les schistes argileux ne se confondent pas seulement avec les grès et la chaux carbonatée, mais ils passent aussi à une véritable argile. Je crois cependant que ces argiles en couches inclinées sont peu employées dans les arts, et que celles dont on fait usage appartiennent aux dépôts superficiels. Les êtres organisés se trouvent aussi dans les couches schisteuses et quartzieuses, mais les débris d'animaux y sont moins abondants que dans le calcaire : celles qui avoisinent les houilles sont remplies de végétaux. Le fer sulfuré y est assez fréquent, principalement dans le voisinage des mines.

Le terrain du Condros est adossé au Sud-Est sur les ardoises des Ardennes ; mais on ne peut presque pas établir la ligne de démarcation. On trouve toujours entre les ardoises et la chaux carbonatée des couches

Chaîne intermédiaire entre les ardoises et le terrain bitumineux.

quartzieuses et schisteuses qui semblent appartenir autant à une formation qu'à l'autre ; elles se rapprochent du terrain ardoisier, parce qu'on n'y voit pas de corps organisés : elles ont du rapport avec le terrain bituminifère, parce qu'on trouve au milieu de ce dernier une seconde chaîne composée à peu près des mêmes substances. Cette première chaîne s'élève toujours plus haut que le véritable terrain bituminifère, et n'atteint cependant pas la plus grande hauteur des ardoises. On la voit régner tout le long de la région qui nous occupe, comme une côte élevée et continue ; elle est très-remarquable par l'uniformité et la régularité qu'on observe dans toute sa longueur, qui est de près de 13 myriamètres. Immédiatement après les ardoises, dont les dernières couches sont toujours très-altérées, commencent les quartz grenus communément jaunâtres, qui passent ensuite au grès et aux brèches qui alternent avec le schiste argileux. Parmi ces dernières couches, ce qu'il y a de plus remarquable est un terrain rouge, où l'oxyde de fer est si abondant, que tout en est fortement imprégné ; il est formé d'alternatives de schistes, de grès et de brèches : d'un côté on voit ces schistes qui passent à l'ardoise rouge, de l'autre ils se confondent avec les schistes argileux ; on est étonné, entre autres, de la liaison qui les unit avec le schiste verdâtre : car au milieu des feuillets rouges, on voit des taches verdâtres qui deviennent toujours plus communes, jusqu'à ce qu'on trouve des couches tout-à-fait verdâtres qui alternent quelque tems avec les couches rouges, et finissent par passer ensuite à un

terrain gris que nous allons voir tout-à-l'heure. Du reste, le schiste rouge se confond aussi avec le grès et la brèche : ces dernières forment un des caractères les plus tranchés de cette chaîne transitoire ; elles existent non-seulement en couches, mais on les trouve en blocs énormes à la surface ; elles sont exploitées dans plusieurs endroits, notamment à Polleur, canton de Spa (Ourthe), et près de Gressenich, canton d'Echswiller (Roër).

La seule différence que j'aie pu remarquer dans toute cette chaîne, c'est que vers son extrémité septentrionale, dans le département de la Roër, la couleur rouge est moins fréquente : on y voit beaucoup de brèches et de grès entièrement blancs ; les meules de Gressenich, entre autres, sont formées d'une pâte de grès blanc qui renferme des fragmens de quartz hyalin laiteux, arrondis en forme de petites billes. C'est aussi dans ce canton que les fragmens de quartz noir (*kiesel-schiefer*) sont les plus abondans dans ces brèches.

Immédiatement après cette chaîne transitoire commence la première chaîne de chaux carbonatée bituminifère, qui a des caractères particuliers qui suffiraient pour la faire reconnaître, quand bien même elle ne longerait pas l'Ardenne. Le calcaire y alterne avec le schiste argileux gris, au lieu du schiste et du grès jaune, que nous verrons dans les autres chaînes ; il présente un grand nombre de grottes ou cavernes souterraines. Il est inutile de donner une description de ces cavernes ; elles ressemblent à celles d'Allemagne, de Grèce, etc. qu'on connaît si bien : ce sont

Première chaîne du terrain bituminifère.

Grottes.

également des cavités plus ou moins grandes formées dans le calcaire, tapissées de stalactites, qui communiquent entre elles par des couloirs. La plus remarquable est celle de Han, canton de Rochefort (Sambre-et-Meuse), par le moyen de laquelle la rivière de Lesse traverse une colline assez élevée. J'observerai seulement à cet égard, que ce fait ne contrarie point l'hypothèse que le creusement des vallées de nos rivières est dû à l'érosion d'un liquide beaucoup plus abondant que celui qui existe actuellement; car on voit ici la vallée de la Lesse se prolonger autour de la colline, et lors d'une crue subite de la rivière, une partie des eaux continue à suivre cette vallée, en reprenant ce qu'on pourrait appeler leur ancien lit.

Liaison entre le schiste gris et le calcaire.

Le schiste de cette chaîne, que j'ai dit être presque toujours gris, a beaucoup de liaison avec le calcaire; on le voit devenir effervescent et bleuâtre; alors il renferme souvent des rognons de véritable calcaire. De leur côté les couches de chaux carbonatée deviennent feuilletées et argileuses, etc. Quoique tout le terrain soit formé de l'alternative de ces deux ordres de couches, les schistes éprouvent une espèce de renflement entre Marche (Sambre-et-Meuse), et Givet (Ardennes), qui produit une petite chaîne schisteuse où le calcaire est très-rare.

Mines de zinc de la Vieille-Montagne, etc.

Mais le caractère le plus important de cette chaîne est sa grande abondance en minerais métalliques. Dès son commencement vers le Nord, où elle joint le terrain à houille, nous trouvons de nombreuses mines de zinc, de fer et de plomb. Je ne m'étendrai pas sur ces exploitations qui ont été décrites par M. Baillet

et Duhamel (1), avec cette exactitude qui caractérise les travaux de ces savans ingénieurs: il y a plusieurs mines de zinc oxydé dans les cantons d'Echweiller (Roër), Limbourg et Eupen (Ourthe); mais la plus belle de toutes, qui est en même-tems la plus riche de la France, est celle de la Vieille-Montagne, canton d'Aubel (Ourthe): c'est un immense dépôt ou filon, peut-être même une couche presque superficielle de ce précieux minerai. La masse principale a un aspect terreux jaunâtre; elle est remplie de petites géodes tapissées de cristaux limpides ou blancs, en pointes d'octaèdres.

Mines de plomb et de fer des cantons d'Echweiller, etc.

Le plomb sulfuré et quelquefois même le plomb carbonaté, suivant M. Duhamel, accompagnent ordinairement le zinc oxydé, mais il est peu abondant. Il n'en est pas de même des mines de fer qui forment une partie importante des produits économiques de ces cantons. Le minerai est en général du fer oxydé rubigineux géodique, accompagné de parties ocres jaunes. On sait aussi que c'est dans le voisinage de ces mines que se trouvent les eaux hydro-sulfureuses et thermales d'Aix-la-Chapelle et de Borcette, qui sont connues de tout le monde.

Mines de fer de Teux et de Ferrières.

En continuant à suivre cette chaîne vers le Sud, on trouve les mines de fer des environs de Teux et de Ferrières (Ourthe), où le minerai est si abondant, qu'il forme de véritables couches qui sont souvent au point de jonction des couches calcaires et schisteuses; c'est

(1) *Journal des Mines*, n<sup>o</sup>. 13, p. 43, n<sup>o</sup>. 58, p. 194.

toujours du fer oxydé rubiginieux. Dans les dernières, on voit des échantillons irisés ou gorgés de pigeon; dans celles des environs de Theux, il y a de magnifiques morceaux mamelonnés, et des quartz cariés si légers qu'ils flottent sur l'eau.

Mines de  
Rochefort.

Toute cette chaîne renferme des minerais de fer; mais je ne citerai plus que les mines de Rochefort (Sambre-et-Meuse), remarquables par la variété des substances qu'elles contiennent. Ces mines sont en général formées de filons qui coupent à angles droits les couches calcaires dirigées du Nord-Est au Sud-Ouest. Il y a eu des exploitations de plomb actuellement abandonnées, mais on extrait encore de ce métal dans les mines de fer, et on le vend brut aux potiers; c'est du plomb sulfuré laminaire à grande facette, quelquefois très-nettement cristallisé. Le minerai de fer est encore ici, comme dans les autres parties, du fer oxydé rubiginieux; il est accompagné de masses noirâtres pulvérulentes, qu'on prendrait au premier aspect pour du manganèse oxydé, mais qui (sur cent parties) contiennent, d'après l'analyse qu'en a faite mon ami, le docteur Delvaux:

|                                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| Oxyde de fer noir. . . . .                                              | 24   |
| Oxyde de plomb. . . . .                                                 | 16,4 |
| Oxyde de manganèse. . . . .                                             | 14   |
| Silice. . . . .                                                         | 11   |
| Chaux. . . . .                                                          | 9,6  |
| Alumine. . . . .                                                        | 4    |
| Eau et acide carbonique (ce dernier est combiné avec la chaux). . . . . | 20   |
| Perte. . . . .                                                          | 1    |

Cette poudre noire colore non-seulement le minerai de fer, mais encore les cristaux de

chaux carbonatée qui sont très-abondans dans ces filons: ils ressemblent alors à du fer carbonaté; d'autre fois cette chaux carbonatée, fortement colorée, appartient à la variété lamellaire: alors on croirait voir de l'amphibole. Enfin on dirait que tout dans ce terrain doit tendre des pièges à l'œil du minéralogiste, car les masses de fer oxydé présentent, dans leur intérieur, des parties de fer sulfuré, dont la couleur rappelle celle du bismuth; mais l'analyse n'y a montré à M. Delvaux que le fer et le soufre dans les proportions assignées au fer sulfuré radié. Les couches calcaires elles-mêmes participent quelquefois de la nature métallique de ce pays: on en trouve d'une couleur foncée, rougeâtres à l'extérieur, noirâtres à l'intérieur, très-sonores, qui contiennent beaucoup de fer, et qui se vitrifient au feu au lieu de se calciner. M. Delvaux a observé dans ces mines des fragmens de manganèse oxydé pur et du fer oligiste cristallisé.

Les métaux ne forment pas les seuls produits de cette chaîne; on y a, entre autres, exploité plusieurs carrières de marbre: la plus célèbre est celle de Theux, qui fournit un marbre noir de toute beauté, et peut-être le meilleur qu'on connaisse. Les travaux long-tems suspendus ont été repris avec activité depuis un couple d'années. Les marbres rouges, blancs et gris de Saint-Remy, près Rochefort, ont eu une très-grande vogue; mais à présent on préfère les marbres gris et blancs du Hainaut, et la carrière est abandonnée. Il y en avait encore d'analogues, mais d'une qualité inférieure, à Limbourg.

Marbres.

Corps or-  
ganisés.

Cette première chaîne bituminifère, outre sa position adossée à des terrains où l'on ne trouve pas de corps organisés, a d'autres caractères qui annoncent aussi qu'elle a précédé les chaînes qui la suivent; les débris d'animaux y sont cependant de même nature, mais leur répartition est différente; les mollusques y sont rares, et les zoophytes extrêmement abondans.

Chaînes  
centrales  
du Condros.

Les chaînes suivantes, qu'on pourrait presque appeler *chaînes centrales du Condros*, présentent moins d'intérêt; elles sont formées de couches de chaux carbonatée, de grès et de schiste argileux, ordinairement très-inclinées ou presque verticales, qui sont disposées de manière qu'après une certaine épaisseur de couches calcaires, vient une alternative de cette substance avec le schiste et le grès, puis des couches de grès et de schistes seuls, recommencent ensuite les alternatives qui sont suivies par le calcaire, et ainsi successivement. Or ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le pays étant divisé, comme je l'ai dit ci-dessus, par des vallées longitudinales, le milieu de ces vallées correspond au système des couches calcaires, et le sommet des collines situées entre les vallées, à celui des couches de grès et de schistes. Ce fait est encore plus étonnant, quand on observe que dans les vallées irrégulières et profondes où coulent les rivières, le calcaire a toujours été le plus résistant, et qu'il constitue des escarpemens perpendiculaires, tandis que le schiste et le grès se sont arrondis en pentes douces.

Les schistes argileux de cette partie ont une apparence jaunâtre: il paraît cependant que  
c'est

Disposition  
remarquable  
des couches.

c'est un état d'altération superficielle, car à une certaine profondeur ils sont grisâtres ou verdâtres.

Il y a dans ces chaînes plusieurs indices de houille; un seul endroit a offert une exploitation avantageuse; c'est la colline de Bois, canton de Havelange (Sambre-et-Meuse), où il y a trois ou quatre couches qui arrivaient au jour et qu'on a exploitées jusqu'au niveau des eaux. Le défaut de galerie d'écoulement et de machine d'épuisement a forcé de les abandonner. Il est inutile de dire que dans cette colline, comme dans tous les endroits où il y a des indices de houille, le schiste jaune est remplacé par le schiste noir.

Les marbres de Dinant (Sambre-et-Meuse) appartiennent encore à ces chaînes; on trouve près de cette ville des marbres d'un aussi beau noir que celui de Theux; mais les artistes préférèrent ce dernier, parce qu'il est plus facile à sculpter que celui de Dinant, qui est, comme ils disent, *sec*, et se casse en éclat conchoïdes. On fait dans cette ville un commerce important de carreaux de cette substance; on y exploite des couches calcaires qui se divisent en feuilles aussi minces que des ardoises.

Les vallées longitudinales de ces chaînes présentent beaucoup de quartz-agates noirs (*Kiesel-schiefer*), semblables à ceux qui sont engagés dans les couches calcaires, dont ils paraissent avoir été séparés par une cause quelconque. On trouve aussi près de Ciney et de Furfooz, canton de Dinant (Sambre-et-Meuse), d'autres quartz-agates très-remarquables; ils ont une teinte blanchâtre dans le genre des quartz mo-

Volume 24.

T

Indices de  
houille.Marbres  
de Dinant.Quartz  
noirs.

Quartz mo-  
delés en en-  
throchites.

laires de Paris, mais ils présentent une immense quantité de débris d'animaux, principalement d'entérochites (1). La manière dont ces quartz se trouvent sur le sol, dans une terre argileuse, la forme non-roulée de leurs fragmens qui se seraient facilement brisés, et l'espèce de passage qu'on y voit quelquefois avec les quartz noirs, me font supposer qu'ils proviennent aussi des couches calcaires, quoique je n'en aie pas encore vus d'engagés dans ces roches.

Chaîne  
analogue à  
celle qui  
longe l'Ar-  
denne.

Entre ces chaînes et le terrain houiller, on trouve une chaîne étroite, mais assez continue, qui présente quelques roches analogues à celles que nous avons vues entre les ardoises et le calcaire bituminifère : ce sont des grès qui deviennent si compactes, qu'on doit les appeler des quartz grenus, des brèches, et même jusqu'à des schistes rouges. Les brèches sont absolument semblables à celles de la première chaîne ; on les emploie de même à faire des chemises de hauts fourneaux. Il paraît qu'elles se lient quelquefois avec les grès grisâtres à empreintes de végétaux qui accompagnent les couches de houille. Ces brèches n'annoncent point ici un changement de formation : on retrouve de chaque côté le même terrain ; mais il serait néanmoins possible qu'elles appartenissent à la même époque que les couches de transition qui longent l'Ardenne. Cette chaîne contient aussi des minerais métalliques : il y a notamment des filons remarquables à la Rochette,

Mines de la  
Rochette.

(1) La collection du Conseil des Mines possède des minéraux absolument semblables qui ont été rapportés du Hartz. (*Catalogue*, n°. 770.)

canton de Fléron (Ourthe) ; on y a exploité le plomb et le fer sulfuré : ce dernier n'était employé qu'à la préparation du soufre. Ces exploitations sont abandonnées depuis long-tems ; les gangues du plomb sulfuré étaient remarquables : ce sont du quartz, soit noirâtre, soit limpide et cristallisé, de la baryte sulfatée limpide où l'on trouve encore des cristaux très-bien prononcés et de la chaux carbonatée. Dernièrement, dans une exploitation de fer oxydé jaune peu éloignée du filon de plomb, on a trouvé abondamment de la baryte sulfatée concrétionnée, d'un gris-jaunâtre à l'extérieur qui passe au brun dans l'intérieur.

Baryte sul-  
fatée, cris-  
tallisée et  
concrétion-  
née.

Le terrain houiller est plutôt formé d'une série de petits bassins, placés à une certaine distance les uns des autres, que d'une véritable chaîne, semblable à celle que nous venons d'examiner. On verra que cette série, qui se manifeste déjà en Allemagne, s'étend de la Roër jusqu'au Pas-de-Calais. Il y a quatre de ces bassins principaux dans la région qui fait le sujet de cet article, et on peut les distinguer par les noms des villes qui les avoisinent, savoir : Aix-la-Chapelle, Liège, Huy et Namur.

Terrain  
houiller ; sa  
division en  
bassins.

Je n'entreprendrai pas la description de ces mines de houilles : plusieurs bons ouvrages, notamment ceux de MM. Jars, Gennetté, Morand, Duhamel (1), etc. les ont déjà fait

(1) On verra aussi dans le tableau intéressant que M. Lefèvre a donné de toutes les mines de houilles de la France, quels sont les produits de celles de ces départemens, *Journal des Mines*, nos. 71 et 72.

connaître, et je me bornerai à indiquer quelques faits principaux.

Idee générale des houilles de ce pays.

Les houilles de ce pays existent en couches dont l'épaisseur est très-variable : on en cite de plus de deux mètres, et quelquefois elles ne forment que des indices. On sait que ces couches sont inclinées, repliées, renversées en tous sens, traversées par des failles, etc. Quoiqu'il y ait des couches de chaux carbonatée dans le voisinage des houilles, jamais (du moins de ma connaissance) le combustible ne pose dessus ou dessous cette substance, c'est toujours avec le schiste et le grès qu'il alterne. Les couches schisteuses qui approchent le plus de la houille, sont imprégnées de la matière charbonneuse qui leur communique une couleur foncée qui les fait quelquefois confondre avec le combustible ; d'autres fois ces schistes deviennent si tendres, qu'on les considère comme une véritable argile. Les grès participent aussi de la couleur grisâtre ou noirâtre des schistes ; ils sont souvent l'un et l'autre parsemés de paillettes de mica.

Toutes ces couches, principalement les schistes qui servent de toit aux houilles, présentent une infinité de ces empreintes de végétaux inconnus qui, comme on sait, ont quelques ressemblances avec des palmiers, des roseaux, des fougères, etc. Il est bien probable que ce terrain houiller rempli de végétaux, n'a point été formé sous les mêmes circonstances que les couches calcaires qui abondent en débris d'animaux marins. J'avais eu envie d'indiquer cette différence, en établis-

sant deux formations ; mais j'ai dû renoncer à cette idée, lorsque j'eus reconnu qu'il était impossible de saisir aucuns caractères qui pussent servir à distinguer un système de formation particulière. Les schistes et les grès des houillères, lorsqu'ils ne sont pas noircis par le bitume, sont absolument les mêmes que ceux des terrains voisins ; partout on voit les couches calcaires entourer, et pour ainsi dire, traverser les bassins houillers ; enfin je crois qu'on ne peut pas révoquer en doute que toutes les couches que je réunis dans cette formation, n'aient au moins éprouvé simultanément les catastrophes, d'où dépendent la position inclinée de leurs couches. Ces houilles appartiennent en général à la variété feuilletée (*schieferkohle* des auteurs allemands) : leur tissu présente cependant beaucoup de variations ; il en est qui sont presque compactes, d'autres qui ressemblent au fer oligiste laminaire ; quelquefois aussi elles ont la forme terreuse et pulvérulente ; toutes sont d'un noir assez foncé ; la plupart sont éclatantes ; il en est qui ont le brillant métallique ; leurs qualités sont très-variables : on trouve des nuances depuis les houilles les plus grasses et les plus bitumineuses, jusqu'à la sécheresse, et, pour ainsi dire, l'incombustibilité de l'anthracite : la plupart contiennent du fer sulfuré, soit en rognons, soit en dendrites : on sent bien que la présence de cette substance nuit à leurs qualités.

Le terrain houiller d'Aix est formé de deux bassins particuliers, l'un se trouve dans le canton d'Echswiller, l'autre s'étend vers Rol-

Bassin d'Aix.

sur celui de la Meuse-Inférieure : ces deux exploitations sont très-importantes ; la houille qu'elles produisent n'est point en général fort grasse.

Bassin de Liège.

Le bassin de Liège est plus étendu ; sa longueur est de près de quatre myriamètres. C'est probablement l'exploitation la plus considérable de la France ; le nombre et la puissance des couches , la qualité du combustible , les facilités que la Meuse offre pour l'exploitation , sont les principales causes de l'état florissant qui distingue ces mines depuis des tems très-reculés. La bonne houille de Liège est la plus grasse de toute la France ; le principe bitumineux y est si abondant , qu'on ne peut l'employer aux usages domestiques dans son état naturel ; elle éprouve un renflement trop considérable , on est obligé de la pétrir avec de l'argile , pour en former des boulets qui brûlent avec moins de rapidité. Mais toutes les houilles de ce bassin sont loin de jouir de ces propriétés : on en exploite entre autres dans la partie septentrionale , vers Oupeye , qui est très-sèche , ou , comme on dit , *fort maigre*. Ce combustible s'enflamme difficilement ; mais une fois allumé , il donne beaucoup de chaleur , et dure très-long-tems ; il laisse un résidu composé d'argile ferrugineuse , plus abondant que celui des houilles grasses.

Bassin de Huy.

Les exploitations des environs de Huy sont beaucoup moins importantes : on n'y voit plus ces grands établissemens qui distinguent les mines de Liège ; les couches n'y sont pas non plus aussi puissantes ni aussi nombreuses , ce-

pendant le terrain houiller s'y manifeste sur une longueur de plus de quatre myriamètres ; mais il ne produit qu'une houille maigre qu'on connaît dans le pays sous le nom patois de *terre-houille* ou *téroulé*. Ce combustible est souvent plus éclatant que celui de Liège : c'est là qu'on trouve les fragmens laminaires qui ressemblent au fer oligiste écailléux.

Les mines de Namur sont peu productives , et doivent être considérées comme une dépendance de celles de Huy. Il y a des auteurs qui ont donné une idée fautive de l'importance de ces mines , parce qu'ils les ont confondues avec celles de Charleroi (Jemmape) , qui faisaient anciennement partie du comté de Namur , et que j'indiquerai à l'article du Hainaut.

Bassin de Namur.

C'est en général dans le voisinage des mines de houille qu'on trouve les schistes qui servent à la fabrication de l'alun ; leur gisement et leur mode d'exploitation sont très-bien connus par la bonne description qu'en a donné M. Baillet (1). Ils sont situés le long de la Meuse , entre Huy et Liège , à l'exception d'un nouvel établissement formé à la Rochette , dans l'ancien emplacement de la fonderie de plomb dont j'ai parlé. Ces schistes sont de couleur noirâtre , et ont beaucoup de rapport avec les schistes argileux des houillères ; il n'y a pour les distinguer que ces caractères empiriques , que les mineurs savent si bien déterminer : ils me paraissent être dans le cas de *l'alaunerde* de

Schistes à alun.

(1) *Journal des Mines* , n°. 10 , page 83 , et n°. 34 , page 487 , etc.

Freyenwald, analysée par M. Klaproth (1), et qui a fourni à ce savant l'occasion d'établir sa belle théorie sur les minerais d'alun, c'est-à-dire, que le soufre y est combiné avec le carbone et non avec le fer; ce qui est d'autant plus probable, qu'on n'y distingue pas de fer sulfuré: ils se délitent et se réduisent en matière terreuse par leur exposition à l'air, comme les autres schistes argileux. Il paraît que cette altération facilite la production de l'alun.

Exploitations, etc. des bords de la Meuse.

La vallée de la Meuse, bordée par des pentes presque perpendiculaires, traversée par une rivière navigable qui communique à la Hollande, royaume dépourvu de minéraux, offrait plus de ressources que le reste du pays pour l'exploitation et le traitement des substances minérales; aussi, outre les houillères, les fabriques d'alun, et de nombreux établissemens pour la préparation du fer, il y a une grande quantité de carrières où l'on fabrique des pierres de taille de tout genre, des bacs, des meules à aiguiser en grès, des pavés, des carreaux noirâtres, connus dans le commerce sous le nom de *marbre de Namur*. On y voit aussi un grand nombre de fours à chaux dans une activité continuelle.

Anthracite contemporaine des houilles grasses.

C'est dans une de ces carrières, à Visé, canton de Dahlem (Ourthe), près du terrain houiller, qu'on a trouvé l'anthracite (2) engagé sous forme de rognons, dans la chaux

(1) *Journal des Mines*, tome XX, page 119.

(2) *Journal des Mines*, tome XXI, page 605.

carbonatée bituminifère: fait intéressant, puisqu'il prouve que ce combustible existe dans des terrains contemporains des houilles grasses. En général, je crois qu'on s'est un peu hâté d'établir une différence aussi tranchée qu'on l'a fait entre ces deux substances, et je m'attends qu'il arrivera, peut-être, une époque où on les réunira; ce qui serait une nouvelle preuve que les espèces ne sont bien décidées qu'autant qu'on les ait observées cristallisées. En effet, lorsqu'on compare l'anthracite aux houilles sèches des bords de la Meuse, on ne voit d'autres différences qu'une combustibilité un peu moins difficile et un degré de pureté moins prononcé, qualités qui ne tiennent peut-être qu'aux circonstances du gisement; car le calcaire qui, par l'union qu'il a presque toujours contracté avec le bitume, annonce une certaine affinité pour ce principe, peut en avoir dépouillé l'anthracite qu'il recèle dans son sein, et n'a pu lui céder les élémens siliceux et alumineux qui se trouvent dans la houille. De sorte qu'il serait possible qu'une même masse charbonneuse, formât de la houille grasse entre des schistes ou des grès, et devînt de l'anthracite au milieu de la chaux carbonatée.

La même carrière qui a donné lieu à ces réflexions, contient un petit filon de cuivre pyriteux, trop peu abondant pour être de quelque utilité. Ce minerai se trouve en globules sur la chaux carbonatée cristallisée; mais il paraît que les influences météoriques lui font éprouver une altération, que je ne trouve indiquée dans aucun auteur; c'est de passer à l'état de carbonate. Lorsqu'on l'extrait du filon, on ne

Cuivre pyriteux qui paraît se transformer en cuivre carbonaté vert et bleu.

voit en général que des parties pyriteuses; mais les fragmens qui ont séjourné sur les haldes, présentent du cuivre carbonaté vert et même du cuivre carbonaté bleu. C'est à la chimie à nous apprendre si cette transformation est possible, et si le sulfure de cuivre, passé à l'état de sulfate, peut échanger son acide avec le carbonate de chaux. C'est principalement dans les petites cavités qui ont permis le séjour de l'eau sur le cuivre qu'on voit le plus de globules verts; ils ont même quelquefois coloré les cristaux de chaux carbonatée.

Quartz schisteux noir et singulière disposition de ses couches.

A Argenteau, encore dans le voisinage de cette carrière, on voit un système de couches assez remarquable: on y distingue d'abord le quartz noir schisteux (*kiesel-schiefer*), qui s'y trouve en grosses masses à peu près compactes et en feuillets très-minces; mais tout y annonce un bouleversement singulier; les feuillets minces sont contournés et comme tordus autour des masses compactes. Du reste, ces feuillets n'y demeurent pas long-tems à l'état de quartz schisteux, ils se souillent d'argile, deviennent tendres et friables, comme les schistes argileux, et ressemblent beaucoup à la variété employée à la fabrication de l'alun: on trouve au milieu de ces feuillets des cristaux de chaux carbonatée métastatique, et les parties les plus exposées à l'air se couvrent d'efflorescences mamelonnées, presque entièrement composées de chaux sulfatée.

Il n'y a pas de liaison entre le terrain bitumi-

Les couches crayeuses de la Flandre s'approchent du terrain houiller et le recouvrent même sur ses bords, depuis le canton d'Aubel

jusqu'à celui de Huy (Ourthe). Il n'y a aucune liaison entre ces deux terrains; la transition est toujours brusque, les couches de schistes et de calcaire bituminifère ne sont point altérées par le voisinage de la craie; celle-ci ne participe jamais des qualités des autres couches, elle ne prend pas même une position plus inclinée; enfin tout annonce que les circonstances de formation ont été absolument différentes.

Vers le canton de Huy, les couches crayeuses commencent à s'éloigner du terrain houiller, et l'espace intermédiaire présente une espèce de petite chaîne ou bassin métallifère qui occupe les cantons de Héron (Ourthe), Namur et Dhuy (Sambre-et-Meuse), sur une longueur de plus de trois myriamètres. Cette étendue est remarquable par l'abondance de ses produits métalliques. Elle renferme les exploitations décrites sous le nom de *mines de Namur*; le terrain y est le même que dans le reste de cette région, si ce n'est que le minerai de fer y est si abondant, qu'il y constitue de véritables couches. Les mineurs distinguent deux variétés dans ces minerais, qu'ils désignent par les noms de *rouge* et de *jaune*: la première, qui est la plus abondante, est du fer oxydé rouge granuleux; les grains en sont très-petits et empâtés dans une masse de même couleur; il se souille aussi d'argile et devient presque un schiste rouge, alors il se casse quelquefois en fragmens rhomboïdaux. Ce minerai n'a souvent qu'une couleur jaune-rougeâtre quand on l'extrait de la mine: mais son exposition à l'air le fait devenir d'un rouge de

nifère et le calcaire horizontal.

Bassin métallifère, mines de fer de Namur, etc.

brique foncé, et il paraît que cette altération facilite la réduction dans les fourneaux.

Le minerai jaune présente des fragmens et des géodes de fer oxydé rubigineux brun, qui sont empâtés dans du fer oxydé terreux jaune; il se trouve souvent en filon, tandis que le fer rouge est presque toujours en couches.

Mine de  
plomb de  
Védrin.

Outre ces mines de fer, qui s'étendent dans toute l'étendue que je viens d'indiquer, ce terrain contient aussi deux mines de plomb: la principale est celle de Védrin, canton de Namur, décrite par M. Baillet (1). Ce sont, comme à Rochefort, des filons de fer oxydé, qui recèlent du plomb sulfuré laminaire à grandes facettes, quelquefois très-bien cristallisé, accompagné de fer sulfuré et de cristaux de chaux carbonatée. Ces filons traversent les couches calcaires comme celles de schistes et de grès. L'exploitation qui avait été suspendue pendant la guerre est reprise depuis un couple d'années.

Mine de  
plomb de  
Courhuin.

La seconde mine est celle de Courhuin, canton de Héron. Le minerai, par sa nature et son gisement, y est absolument le même qu'à Védrin; mais l'extraction dans son état présent se réduit à peu de chose; il n'y existe aucune galerie d'écoulement. Les anciens avaient exploité le filon jusqu'au niveau des eaux: depuis cette époque, ce niveau s'étant un peu abaissé, il y a actuellement quelques mineurs qui travaillent en sous-œuvre, et

(1) *Journal des Mines*, n°. 12, page 17.

enlèvent de nouveau l'extrémité supérieure du filon.

Les mines de fer contiennent aussi des ocres jaunes et rouges propres à la peinture: on en recueille dans les lavoirs pour les livrer au commerce.

Ocres,

Telle est la disposition générale des différentes couches minérales qui traversent le Condros: ces couches se montrent à découvert dans un très-grand nombre de circonstances, et le terrain meuble est extrêmement peu abondant dans cette région. L'inaltérabilité des couches calcaires est cause qu'il n'est en général formé que de débris, de schistes et de grès: ce qui le rend peu propre à la culture, principalement dans les cantons où l'éloignement des mines de houille ne permet pas de l'amender avec de la chaux; car il est bon d'observer que le calcaire bituminifère est si dur, que les chauffourniers du pays sont persuadés qu'il serait trop dispendieux de le calciner avec du bois.

Terrain  
meuble.

Il y a aussi des amas, quelquefois très-considérables, de sables et d'argiles, qui sont fort utiles dans les arts. Les premiers sont ordinairement jaunâtres, blanchâtres, grisâtres, rougeâtres, etc.; les secondes ont à peu près les mêmes couleurs que les sables: l'une des plus importantes est l'argile grise d'Andenne (Sambre-et-Meuse), connue dans le commerce sous le nom de *terre à pipe*. Une autre exploitation remarquable, est celle de Langherwey, canton de Duren (Roër), qui donne une argile grise, qui repose sous une

Sables et  
argiles.

Terre à  
pipe.

Lignite.

couche de sable, et qui renferme beaucoup de fragmens de bois passés à l'état de lignite. On se sert encore, pour la poterie, de diverses argiles rougeâtres infusibles. Les briquetiers et les couvreurs en chaume emploient une argile jaunâtre peu collante, qui n'est qu'un dépôt d'alluvion.

## QUATRIÈME RÉGION.

## LE HAINAUT.

Démarcation.

LA région que nous allons examiner, comprend tout le département de Jemmappe, les arrondissemens de Douay et d'Avesne (Nord), la partie des départemens des Ardennes et de Sambre-et-Meuse, qui est au Nord de Rocroy et à l'Ouest de la Meuse, enfin les communes de la Dyle, situées au Sud de Hall. Elle est bornée au Nord par la Flandre, à l'Ouest et au Sud par l'Artois ou Picardie, et par une petite portion de l'Ardenne, à l'Est par le Condros.

Constitution physique.

Peu de pays sont aussi favorisés de la nature que le Hainaut; rarement les richesses minérales accompagnent un sol fertile; mais ici le mineur et le minéralogiste, accoutumés à habiter des montagnes arides, sont étonnés de se rencontrer au milieu de plaines couvertes d'une végétation brillante où la culture est portée au plus haut point de perfection.

À l'exception de la partie qui avoisine la Meuse et l'Ardenne, et qui ressemble au Condros, cette contrée est formée de plaines peu

élevées et presque horizontales, principalement dans les environs de Valenciennes et de Douay; le niveau du sol y suit la même loi que dans les pays qu'on vient de décrire, c'est-à-dire, qu'il s'abaisse dans le sens de l'Est à l'Ouest et un peu dans celui du Sud au Nord. Les parties les plus hautes, vers la Meuse, sont, comme les plateaux du Condros, élevées d'environ 350 mètres au-dessus de la mer, tandis que les collines au Nord de Mons n'ont pas 150 mètres de hauteur. Ce résultat présente un fait assez remarquable, c'est que la Sambre qui, de Landrecie à Namur, se dirige au Nord-Est, coule en grande partie contre la pente générale du terrain; aussi on voit que son lit devient toujours plus enfoncé à mesure qu'il s'approche de Namur, et l'on est étonné qu'une arrête qui souvent a moins de 50 mètres au-dessus du niveau de la rivière, ait suffi pour l'empêcher de se réunir à l'Escaut, et l'ait obligé de traverser des plateaux beaucoup plus élevés pour arriver à la Meuse. Cet étonnement augmente encore, quand on observe que cette arrête est ordinairement formée de terrains de transport, tandis que les plateaux de la Meuse sont composés de rochers très-solides.

La rivière de Sambre coule contre la pente générale du terrain.

La majeure partie de cette région appartient à la formation bituminifère; on y rencontre aussi les formations trappéenne et ardoisière, le calcaire horizontal et le grès blanc.

Constitution géologique.

L'existence de la formation trappéenne dans le Hainaut est très-remarquable: on ne s'attend pas à trouver une roche abondante en feldspath à côté du calcaire grossier et des plaines

Formation trappéenne.

basses de la Flandre. Mais ce qui est encore plus étonnant, c'est que dans un pays aussi connu, il y ait des carrières de porphyre exploitées depuis long-tems, qui ont fourni les matériaux qui constituent la plupart des routes de la ci-devant Belgique, et qu'il n'existe aucune description de ces roches, du moins je n'ai rien pu découvrir à ce sujet.

Porphyre  
de Quenast.

Le terrain trappéen se manifeste dans deux endroits : d'abord à Quenast, canton de Héringues (Dyle), où il occupe le sommet d'une petite colline qui présente plusieurs carrières ouvertes. Dans la plupart de ces ouvertures, on ne peut distinguer la stratification de la roche, à cause d'une infinité de fissures ; mais il en est quelques-unes, où l'on reconnaît très-bien l'existence de véritables couches, dont l'inclinaison varie depuis 80 degrés jusqu'au plan horizontal, et qui en général sont irrégulières, bouleversées et contournées.

Cette roche est d'autant plus difficile à caractériser, qu'elle éprouve plusieurs variations : je crois pouvoir la nommer *cornéenne porphyrique*, parce qu'elle se présente le plus communément sous la forme d'une masse bleu-verdâtre parsemée de taches blanches ; mais elle est réellement sur les limites, entre les porphyres et les granites : on pourrait y trouver des échantillons qui, séparés de la masse, seraient pris pour de vrais granites.

Il me paraît qu'on peut reconnaître dans ses éléments quatre substances différentes, 1<sup>o</sup>. le feldspath ; 2<sup>o</sup>. l'amphibole ; 3<sup>o</sup>. le quartz ; 4<sup>o</sup>. une matière que je soupçonne avoir beaucoup de ressem-

blance

blance avec les substances talqueuses (1) ; on l'aperçoit ordinairement en très-petits grains enfermés dans le reste de la roche, dont ils se distinguent par une couleur vert-jaunâtre, une cassure matte, et l'infusibilité au chalumeau. La masse principale de la roche se présente sous la forme d'une pâte bleuâtre, que je crois composée d'un mélange intime de feldspath et d'amphibole, c'est-à-dire, que ce serait un véritable *grunstein* des auteurs allemands ; mais cette pâte est presque toujours modifiée par les autres substances : la matière jaunâtre s'y trouve non-seulement en grains, mais elle se combine avec la masse, lui donne une couleur verdâtre, et lui communique son infusibilité au chalumeau. Le feldspath pur y est si abondant, qu'il devient quelquefois dominant ; il y est en petits parallélipèdes à tissu lamelleux et de couleur blanche : on y trouve aussi des globules de quartz hyalin gras enfumé ; enfin on aperçoit de petites lames cristallisées d'un aspect très-éclatant, d'une couleur grisâtre et qui se fondent en verre noirâtre : je les considère pour de l'amphibole pur.

Les différens mélanges de ces éléments font varier l'aspect de la roche : quelquefois ces principes s'isolent, et l'on trouve des masses distinctes de quartz enfumé, de feldspath, d'amphibole, et de pâte bleue ou cornéenne homo-

(1) M. Bruun-Néergaard possède dans sa magnifique collection un échantillon d'*Edler-serpentin*, venant de Sala en Suède, qui renferme des globules absolument semblables à ceux-ci.

gène. On peut remarquer aussi qu'ordinairement il n'y a point entre cette pâte et les cristaux, la différence prononcée qu'on observe dans la plupart des porphyres. On voit, au contraire, le tissu compacte de la première s'unir intimement au tissu lamelleux des seconds. Cette roche prend quelquefois une teinte rougeâtre : je n'ai pu déterminer auquel des principes cette couleur est due ; je soupçonne qu'elle pourrait bien être produite par le quartz ; car ces parties rouges sont infusibles et compactes. Cependant il serait possible que ce fût le feldspath qui eût perdu sa fusibilité et son tissu lamelleux par le mélange avec la matière jaune, qui est ordinairement très-abondante dans les parties rougeâtres. L'extérieur des couches a toujours éprouvé cette espèce d'altération qu'on retrouve dans presque toutes les roches feldspathiques et cornéennes, et dont le résultat est de les recouvrir d'une écorce superficielle de couleur de rouille. On voit dans la terre argileuse qui existe au-dessus des couches, des fragmens dont quelques-uns ont la forme sphéroïdale ; c'est une espèce de trapp globuleux.

Le porphyre de Quenast se trouve sur le plateau d'une colline dont les environs et le bas même présentent des couches verticales de schiste ardoise : je n'ai pu observer la superposition des deux roches ; mais de cette disposition seule, on peut conclure que l'ardoise est adossée au porphyre : l'analogie conduit aussi au même résultat ; car tout porte à croire que cette roche est très-ancienne ; ensuite il est bien plus probable que la colline de

Quenast est le sommet d'un terrain trappéen plus étendu, que de supposer que ce soit une espèce de creux, qui s'est trouvé rempli de couches inclinées d'une substance, qui n'a aucun rapport avec toutes les matières environnantes.

Ce porphyre est extrêmement avantageux pour paver les routes : sa ténacité est telle, qu'on peut dire qu'il donne des pavés presque indestructibles ; aussi il s'en fait pour cet usage une exploitation considérable.

Le second endroit du Hainaut où l'on rencontre la formation trappéenne, est Lessinnes (Jemmapes), à 25 kilomètres de Quenast : la nature de la roche y est en général la même ; on y distingue moins facilement la disposition en couches ; mais le rocher qu'on exploite par le travail à la poudre, s'éclate de manière à présenter cette cassure en grand, que les Suédois appellent *trappéenne*, ou en escalier, et les fragmens qui s'en détachent, se présentent sous la forme de prismes, qui ont quelques rapports avec ceux de basalte ; mais ils sont plus irréguliers, varient davantage dans leur grosseur, ils n'ont souvent que quatre pans : ces prismes sont toujours recouverts de l'écorce jaunâtre dont j'ai parlé.

Porphyre  
de Lessinnes.

Le porphyre ne se trouve à Lessinnes que dans un espace qui a tout au plus 4 ou 5 kilomètres carré ; il y est recouvert par un dépôt plus ou moins profond de terrain meuble, et dans tous les environs, à plus d'un myriamètre de distance, on ne trouve point d'autres couches régulières.

La pierre de Lessines est aussi très-estimée pour faire des pavés; la position des carrières sur les bords de la Dendre, lui procure un débouché facile pour se répandre dans les départemens de l'Escaut, de la Dyle, et même en Hollande; aussi l'exploitation en est très-importante: on l'emploie encore dans les constructions, et on fait usage des prismes sans les tailler pour servir de bornes.

Formation ardoisière.

La formation ardoisière de cette région se trouve autour des porphyres de Quenast, dans un espace qui occupe une partie des cantons d'Enghien, Soignies (Jemmapes), Hérisson, Hall et Nivelles (Dyle). Il présente des couches communément verticales de schiste ardoise, qui a beaucoup de rapport avec celui de l'Ardenne dont je traiterai plus en détail: on l'emploie généralement comme moellon dans les constructions. On a même exploité à Stéenderque, canton d'Enghien, des dalles qui se taillent en forme de tables et de véritables ardoises qui ont servi à couvrir, entre autres, la halle d'Enghien (1). C'est aussi dans ce terrain qu'on a extrait la pyrite arsénicale décrite par M. Baillet, et analysée par M. Vauquelin (2): enfin on a encore trouvé dans les environs de Hall du cuivre pyriteux.

Les ardoises paraissent s'étendre sous le terrain meuble.

Ces couches d'ardoise sont en général recouvertes par un dépôt considérable de terre meuble, et ne se montrent ordinairement que dans

(1) J'annonce ce fait d'après une note que M. *Parmen-tier*, Maire d'Enghien, a bien voulu me communiquer.  
(2) *Journal des Mines*, n°. 14, p. 58.

les vallées; il est même très-probable qu'elles appartiennent à une masse ou chaîne beaucoup plus étendue, et qui est recouverte par le terrain meuble et la craie qui règne le long de la Flandre: car à Gemblours (Sambre-et-Meuse), bourg situé à plus de 3 myriamètres, à l'Est du terrain d'ardoise, on retrouve ce même schiste dans le fond de la vallée.

La formation bitumineuse occupe la majeure partie du Hainaut; elle y remplit presque exclusivement un espace qu'on peut représenter comme un grand triangle, dont le sommet est à Tournay (Jemmapes), et la base entre Namur et Couvin (Ardenne); on la retrouve encore en-dessous du calcaire horizontal, entre Valenciennes et Douay: elle y est absolument la même que dans le Condros, dont elle n'est qu'une continuité; on y reconnaît même la plupart des chaînes qui traversent cette dernière région. C'est ainsi que dans la partie qui longe l'Ardenne, entre Givet (Ardenne) et Avesnes (Nord), on observe également les deux premières chaînes que j'ai fait connaître. La seconde est toujours extrêmement abondante en métaux; on y trouve les filons de plomb de Treignes, canton de Givet, de Dourbes et Vierves, canton de Couvin, décrits par M. Baillet (1). Il y a aussi plusieurs mines de fer, notamment dans le canton de Chimay (Jemmapes); mais les plus abondantes sont celles des cantons de Philippeville (Ardenne) et Walcourt (Sambre-et-Meuse), qui s'éloignent un

Formation bitumineuse.

Etendue.

(1) *Journal des Mines*, n°. 67, p. 15.

peu de la chaîne extérieure : le minerai y est en général du fer oxydé rubigineux , accompagné de beaucoup de parties terreuses jaunes ; il produit une fonte d'une excellente qualité.

Marbres  
gris et  
blancs.

Cette partie du Hainaut , comprise entre la Sambre et la Meuse , fournit aussi beaucoup de marbres. Ceux qui ont le plus de vogue actuellement , et qu'on pourrait appeler *gris et blancs* , sont connus assez généralement dans le commerce sous le nom de marbré de *Sainte-Anne* , du nom d'une carrière des environs de Thuin (Jemmapes). Ces marbres sont extrêmement communs dans ce pays : on en trouve presque partout ; ils sont d'une excellente qualité , si solides et *si sains* , pour me servir de l'expression des ouvriers , qu'on peut les scier quelquefois en grandes tables qui ont moins d'un centimètre d'épaisseur. Ils sont formés d'une pâte bleue , analogue aux autres couches de chaux carbonatée bituminifère , qui est traversée en tout sens par une infinité de petits filons blancs : on dirait voir deux pâtes pétries ensemble. Il est bon de remarquer que ces marbres ne se trouvent que dans les couches où il n'y a pas beaucoup de bitume : on serait tenté de croire que lorsque ce principe était peu abondant , il ne se combinait pas avec toute la masse calcaire dont une partie demeurait blanche ; ce qui donnait naissance à la pierre mélangée.

Marbres  
rouges ,  
blancs et  
gris.

On trouve aussi des marbres rouges , blancs et gris. Il y en a entre autre une carrière remarquable près de Rance , canton de Beaumont (Jemmapes) ; mais , comme je l'ai déjà dit ,

ces marbres qui ont été très-employés sont peu recherchés actuellement. Je citerai encore les marbres brèches , dont les plus connus sont ceux de Doullers , canton d'Avesne (Nord) , et de Waulsort , canton de Dinant (Sambre-et-Meuse) .

Marbres  
brèches.

La série de bassins houillers que nous avons vus dans le Condros , traverse aussi la région qui nous occupe ; on peut y reconnaître quatre groupes principaux qui sont aux environs de Charleroi , de Mons , de Valenciennes et de Douay. Ces mines de houille sont encore mieux connues que celles des bords de la Meuse , et outre les ouvrages que j'ai déjà cités , on trouvera des renseignements précieux à leur égard dans les Mémoires de MM. Daubuisson et Gendebien (1) , dans l'*Atlas minéralogique* de M. Monnet , etc. Ce que j'ai dit de général sur les premières s'applique également à celles-ci : aussi je vais me borner à indiquer leur position.

Terrains  
houillers.

Le bassin de Charleroi (Jemmapes) s'étend à l'Est et à l'Ouest de cette ville , sur une longueur d'environ deux myriamètres ; il donne lieu à une exploitation très-importante.

Bassin de  
Charleroi.

Celui de Mons est formé de deux bassins particuliers , l'un à l'Est , qui règne dans les environs de Marimont , est encore fort peu exploité ; l'autre à l'Ouest , qui s'étend en grande partie dans le canton du Paturage , sur une

Bassin de  
Mons.

(1) *Journal des Mines* , n<sup>o</sup>. 63 , p. 257 , n<sup>o</sup>. 65 , p. 435 , n<sup>o</sup>. 106.

longueur de plus de 15 kilomètres, est très-remarquable par l'abondance de ses produits et la bonne qualité du combustible.

Bassin de Valenciennes.

Le bassin de Valenciennes (Nord) ne le cède à aucun égard à celui du Paturage : on peut aussi le considérer comme divisé en deux parties, l'une qui comprend la belle exploitation d'Anzin, l'autre qui s'étend au Nord vers Fresne et Vieux-Condé.

Bassin de Douay.

Enfin le bassin de Douay est le moins important ; il se compose des mines d'Aniche et de quelques recherches entreprises dernièrement aux environs de la ville ; mais ces deux derniers bassins houillers diffèrent des autres, parce qu'ils sont recouverts par un dépôt plus ou moins épais de calcaire horizontal.

Exploitations latérales.

Outre ces groupes principaux, il y a encore quelques petites exploitations latérales, telle est entre autre celle de Blaton, canton de Quévaucamp (Jemmape), où il existe aussi du quartz schisteux noir.

Mine de plomb de Sirault.

Au Nord du terrain houiller on trouve la mine de plomb de Sirault, canton de Lens (Jemmape), décrite par M. Baillet (1), et un grand nombre de carrières de pierres calcaires et de grès, que leur voisinage d'un pays dépourvu de substances pierreuses rend très-importantes.

Marbre des Ecaussines.

Parmi ces carrières on doit distinguer principalement celles des Ecaussines, canton de

(1) *Journal des Mines*, n°. 12, p. 33.

Soignies (Jemmape), qui fournissent un marbre très-répandu dans le commerce, sous la dénomination impropre de *petit granite* : c'est un calcaire bituminifère ordinaire, d'une odeur fétide, rempli d'une immense quantité d'animaux marins de forme cylindrique, transformés en chaux carbonatée laminaire blanche ; de sorte que quand la pierre est polie, elle présente une pâte noirâtre parsemée de petites taches circulaires blanchâtres.

Les carrières des Ecaussines sont exploitées depuis très-long-tems ; mais anciennement on n'employait leurs produits que pour faire des pierres de taille : ce n'est que depuis peu qu'on a commencé à les polir comme les autres marbres. On sait qu'ils ont actuellement beaucoup de vogue, et que les fabricans de meubles de la capitale en font un grand usage.

Il est bon de remarquer que cette manière d'être de la chaux carbonatée bituminifère n'est point exclusive à ces carrières ; elle se retrouve, au contraire, dans plusieurs endroits du Hainaut et du Condros. J'ai des raisons de soupçonner qu'il est de ces pierres, où toutes les parties cristallisées n'ont point remplacé des corps organisés ; mais que ce sont des cristaux enveloppés dans la masse par une formation analogue à celle des porphyres.

Les superbes carrières des environs de Tournay méritent encore d'être citées, non pas que la pierre calcaire qu'on y exploite présente des modifications particulières, mais parce que leur situation sur les bords de l'Escaut, facilitant les moyens d'exportations, a rendu l'extraction

Carrières de Tournay.

plus importante. On y fabrique une chaux très-renommée, qui s'exporte non-seulement dans les départemens voisins, mais jusqu'en Hollande.

Grès.

Les grès de ce pays, qui se trouvent dans les mêmes systèmes de couches que la chaux carbonatée bituminifère, sont absolument semblables à ceux du Condros; ils présentent les mêmes passages au schiste argileux: on en fait des carreaux, des pierres de taille, des meules à aiguiser, etc. Il y en a notamment une belle carrière aux Ecaussines, près des exploitations de marbre.

Remarques  
sur la posi-  
tion hori-  
zontale des  
couches de  
ces carriè-  
res.

J'ai déjà observé qu'un des caractères les plus généraux de la formation bituminifère, est la grande variété dans l'inclinaison des couches, et leur position communément très-relevée à l'horizon. Cependant la plupart des carrières de cette partie du département de Jemmapes, comme celles de Tournay, Ath, les Ecaussines, etc., présentent des couches ordinairement horizontales; ce qui paraît renverser la grande division que j'ai établie en terrains inclinés et horizontaux; mais il est bon d'observer, à cet égard, que l'inclinaison variant depuis le plan horizontal jusqu'au plan vertical, c'est une des propriétés des terrains inclinés de se montrer quelquefois en couches horizontales. Il faut aussi remarquer, dans le cas présent, que ces dernières couches étant beaucoup plus faciles à exploiter que les autres, les ouvriers auront peut-être recherché par des sondes les endroits où les couches avaient cette position pour ouvrir leurs carrières; car

on ne voit dans ce pays d'autres couches que celles découvertes artificiellement, et il serait très-possible qu'entre ces carrières il existât des couches inclinées comme dans le reste de la formation.

Les environs de Valenciennes et de Douay, sont recouverts par la formation du calcaire horizontal, qui n'est qu'une portion du terrain qui domine dans l'Artois, dont je dirai quelques mots tout-à-l'heure. Ce terrain s'étend jusqu'aux environs de Tournay, de Condé, de Bavay, etc., et pousse même quelques lambeaux dans la vallée de la Haîne jusqu'auprès de Mons: on verra qu'il est formé de chaux carbonatée crayeuse et marneuse, d'argile et de quartz-agate pyromaque. Il ne présente pas de liaison avec le terrain bituminifère, la transition est toujours brusque comme sur le bord septentrional du Condros.

Calcaire  
horizontal.

La formation du grès blanc se montre par tache ou lambeaux dans plusieurs endroits du Hainaut; il y recouvre indifféremment le calcaire horizontal ou le terrain bituminifère. Les caractères de cette formation sont de présenter de vastes dépôts sablonneux dans lesquels on trouve le grès formant, ou des blocs isolés, ou des couches parallèles qui se touchent quelquefois, mais qui sont ordinairement séparées par d'autres couches de sable. La surface supérieure des blocs a souvent une apparence arrondie qui n'est pas l'effet du frottement, mais qui présente des circonvolutions ou larges mamelons, à peu près semblables à ce qui se forme à la superficie d'une pâte molle, sur laquelle

Grès blanc.

on projette, d'une certaine élévation, d'autres parties de la même pâte. Ce grès est en général à grains très-fins et très-adhérens, sa couleur est assez communément blanche, et passe quelquefois au grisâtre et au rougeâtre; il a du rapport avec le grès ordinaire de Fontainebleau, mais ses grains sont en général un peu plus fins et plus adhérens; aussi il est d'une très-bonne qualité, et on l'emploie non-seulement à faire des pavés, mais encore des pierres de taille, des fûts et même des chapiteaux de colonnes.

On trouve ces grès, comme je l'ai indiqué, dans un très-grand nombre d'endroits, notamment dans les environs de Maubeuge, d'Avesne, de Bavay, de Douay, etc. Il en existe aussi beaucoup dans une colline sableuse qui borde la Haîne, entre Binch et Condé. Cette colline recèle encore une autre variété de la matière quartzreuse, qui prouve bien qu'il n'y a pas entre toutes ces modifications une démarcation aussi prononcée qu'on a déjà voulu l'établir. Cette substance, qu'on emploie également à faire des pavés, pourrait être prise au premier coup-d'œil pour un grès très-fin, ou au moins pour un quartz grenu: mais si on l'examine plus attentivement, on reconnaît que c'est un véritable quartz-agate ou silex; son tissu est compacte, sa cassure conchoïde; elle est légèrement translucide sur les bords; sa couleur est le blanc-grisâtre qui passe quelquefois au bleuâtre; elle a quelque ressemblance avec le quartz molaire de Paris, mais elle n'est point cavernreuse: il y a cependant beaucoup de géodes qui sont tapissées de petites pointes de cris-

Quartz-  
agate dans  
le même  
gisement  
que le grès  
blanc.

taux de quartz hyalin jaunâtre transparent: il arrive quelquefois que par suite d'une altération cette substance n'a plus l'éclat qui la caractérise, et que sa cassure n'est plus conchoïde; alors on ne peut presque pas la distinguer d'un grès à grains fins.

Je n'ai pas vu le gisement de cette pierre quartzreuse; mais M. Piou, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui s'est prêté de la manière la plus obligeante à me fournir les renseignemens que je désirais à cet égard, m'a dit qu'elle s'exploitait à Saint-Denis, près de Mons, où elle existait absolument sous les mêmes circonstances que le véritable grès blanc que j'avais vu dans les autres carrières voisines de Saint-Denis, c'est-à-dire, enfouie dans l'amas de sable blanchâtre qui constitue cette colline.

Quand on remarque les rapports que ces quartz-agates ont avec le grès blanc, tant par leur nature que par leur gisement, on ne peut presque pas s'empêcher de supposer que leur origine ne soit la même, et qu'il est arrivé un cas où la cause qui avait la force d'agglutiner les grains de sable en grès, a eu celle de dissoudre ces grains au point d'en former des quartz-agates.

Le dépôt du terrain meuble est extrêmement abondant dans le Hainaut, excepté dans les parties élevées qui avoisinent l'Ardenne et le Condros; il masque partout les couches pierreuses, qu'on ne découvre que dans les vallées ou dans les excavations artificielles. Il est inutile de répéter qu'il est, comme celui de la Flandre méridionale, formé de cet heureux mélange

Terrain  
meuble.

qui constitue les terrains fertiles : il recouvre des amas d'argiles qui alimentent plusieurs établissemens de poteries, parmi lesquels on peut citer une fabrique de grès à Châtelet (Jemmape), et la fabrique de faïence attachée à la belle manufacture de porcelaine de Tournay.

(La Suite au Numéro prochain.)

## EXPÉRIENCES

*Sur la propagation du son à travers les corps solides, et à travers l'air dans des tuyaux cylindriques très-allongés.*

Par M. BIOT.

LES aqueducs auxquels on travaille en ce moment pour l'embellissement de la capitale, ont offert à M. Biot le moyen de faire quelques expériences sur la propagation du son, à travers les corps solides, dans des proportions plus grandes que celles dont les autres physiciens avaient pu disposer. La longueur totale des tuyaux était 951 m. ; un coup de marteau frappé à une des extrémités se propageait jusqu'à l'autre, en y produisant deux sons distincts, dont l'intervalle mesuré par plus de 200 expériences, était de 2",5 sexagésimales. La température était de 11° centésimaux. Or, d'après les expériences de l'Académie, le tems de la propagation du son dans l'air, pour une longueur de 951 mètres, et pour cette température, est 2",79, d'où retranchant 2",5 intervalle observé entre les sons, il reste 0",29 pour le tems de la propagation du son par le corps solide (1). Ce résultat a été confirmé d'une autre manière, en plaçant aux deux extrémités du canal, deux personnes munies de montres à demi-secondes soigneusement comparées, et faisant frapper alterna-

(1) Voyez le *Journal des Mines*, n°. 102, page 465.

tivement , par l'une et par l'autre , aux époques 0", 15", 30" et 45". On observait les époques de l'arrivée des deux sons; et la somme des nombres indiqués par les montres , donnait le double du tems de la propagation par le corps solide , indépendamment de la différence qui pouvait exister entre elles. On a trouvé ainsi , par beaucoup d'observations , le tems de la transmission , par le corps solide = 0", 26 et celui de la propagation par l'air = 2", 76. Le premier résultat diffère seulement de 0", 03 de celui que donne l'intervalle des sons. Le dernier diffère de la même quantité du nombre qui se déduit des observations de l'Académie , et cet accord paraît propre à confirmer les résultats.

M. Biot a aussi observé qu'à cette distance , la voix la plus basse s'entend parfaitement d'une extrémité à l'autre , et d'une manière assez distincte pour que l'on puisse former une conversation suivie.

## A V I S.

Il paraîtra dans la première quinzaine d'avril prochain , un Dictionnaire allemand - français , contenant les termes propres à l'exploitation des mines , à la minéralogie , à la géologie , aux sciences et arts qui s'y rapportent ; par M. Beurard , Agent du Gouvernement , sur les mines de mercure du ci-devant Palatinat , Membre de plusieurs Sociétés savantes.

Nous ferons connaître dans notre Numéro prochain les vues d'utilité que l'auteur s'est proposées en rédigeant cet ouvrage , qui formera un volume *in-8°* , et se vendra chez Madame Huzard , Imprimeur-Libraire , rue de l'Eperon-Saint-André-des-Arts , n°. 7 ; et chez MM. Treuttel et Würtz , Libraires , rue de Lille , n°. 17 ; et à Strasbourg , même maison.

## JOURNAL DES MINES.

N°. 143. NOVEMBRE 1808.

SUR

UNE NOUVELLE FORME

CRISTALLINE

DE BISMUTH (1).

Par M. H A U Y.

QUOIQUE les substances métalliques fournissent seules à la méthode minéralogique environ autant d'espèces que les substances acidifères , terreuses et inflammables prises

(1) Voyez planche X.

ensemble, il s'en faut de beaucoup qu'elles présentent à proportion une aussi grande diversité de formes cristallines. Indépendamment des obstacles que peuvent avoir opposés à leurs variations les circonstances locales, nous trouvons dans leur cristallisation même une cause qui tend à resserrer ces variations dans des limites plus étroites. Elle consiste en ce que les formes primitives qui offrent comme les limites des autres formes, telles que le cube et l'octaèdre régulier y sont communes à un plus grand nombre d'espèces, ce qui entraîne le retour des mêmes variétés secondaires. La régularité seule de ces formes primitives contribue encore à diminuer le nombre des modifications qui en dérivent. Car le cube, par exemple, ne peut subir un décroissement sur un seul de ses bords ou de ses angles, sans qu'il se répète sur tous les autres bords ou sur tous les autres angles, parce que ces parties étant toutes dans le même cas, à cause de la parfaite symétrie de la forme cubique, il n'y a pas de raison pour que l'exception tombe plutôt sur l'une que sur l'autre. Il en résulte que, toutes choses égales d'ailleurs, les effets des lois de décroissemens, relatives au cube, sont moins variés que ceux qui ont lieu par rapport à une autre forme moins symétrique, telle que le prisme droit à bases rhombes, où les décroissemens qui se font sur certaines parties sont indépendans de ceux auxquels sont soumis des parties analogues, qui se trouvent dans des cas différens.

Soit  $PPrr$  (*fig. 1*) la variété de fer sulfuré que je nomme *cubo-octaèdre*, et qui provient d'un décroissement par une rangée sur tous les angles  $A$  (*fig. 2*) du noyau cubique, dont l'effet se combine avec les faces primitives. Si nous substituons à ce noyau cubique le prisme rhomboïdal  $PM$  (*fig. 3*) de la baryte sulfatée primitive, il pourra arriver que le décroissement par une rangée n'agisse que sur les deux angles aigus  $E, E$  de la base, ce qui donnera la variété (*fig. 4*), dont

le signe représentatif est  $M \underset{M}{P} \overset{1}{E}$ , ou qu'il agisse seulement sur les deux angles obtus  $A, A$  (*fig. 3*), comme dans la variété (*fig. 5*),

qui a pour expression  $M \underset{M}{P} \overset{1}{A}$ , ou enfin qu'il ait lieu à la fois sur tous les angles, ce qui produira la variété que l'on voit (*fig. 6*), et

dont le signe est  $M \underset{M}{P} \overset{1}{A} \overset{1}{E}$  (1). On a donc ici, avec la même espèce de décroissement, trois

(1) La variété (*fig. 4*) se trouve au Hartz, et porte le nom de *baryte sulfatée semi-épointée*. Les variétés (*fig. 5* et 6) n'ont point encore été observées, mais la loi  $\overset{1}{A}$ , qui leur est commune, se combine avec diverses autres lois dans plusieurs modifications de forme que présente la même substance.

résultats différens, au lieu d'un seul que présente la forme cubique.

Si l'on suppose que la forme primitive soit un prisme oblique, par exemple celui du pyroxène (*fig. 7*), alors les angles obtus  $A$ ,  $O$  de la base étant dans deux cas différens, parce que le premier est adjacent aux deux angles aigus, et l'autre aux deux angles obtus des faces latérales qui concourent avec lui à la formation d'un même angle solide, le mode de décroissement dont il s'agit, donnera les

sept combinaisons suivantes,  $P M \overset{\circ}{A}$ ,  $P M \overset{\circ}{E}$ ,  
 $P M \overset{\circ}{O}$ ,  $P M \overset{\circ}{A} \overset{\circ}{E}$ ,  $P M \overset{\circ}{A} \overset{\circ}{O}$ ,  $P M \overset{\circ}{E} \overset{\circ}{O}$ ,  
 $P M \overset{\circ}{A} \overset{\circ}{E} \overset{\circ}{O}$ .

Ce que je viens de dire peut faire concevoir pourquoi les formes les plus composées se trouvent dans des espèces où le noyau est un des polyèdres réguliers de la géométrie. Car si nous supposons une loi de décroissement qui agisse sur les bords du cube pris pour exemple, la symétrie exigera qu'elle produise douze facettes semblablement situées en nombre égal à celui des bords, au lieu que la même loi, considérée dans un prisme rhomboïdal (*fig. 3*), n'aura besoin que de produire deux faces, si elle agit sur les bords verticaux  $H$  ou  $G$ , et quatre faces, si elle agit sur les bords horizontaux  $B$ ,  $B$ , pour

satisfaire à la condition que les parties correspondantes soient d'accord entre elles. Or, cette différence donne une grande latitude à la cristallisation des formes régulières, pour produire, en vertu de tel nombre de décroissemens, des facettes beaucoup plus multipliées que celles qui sont produites par des décroissemens plus nombreux autour d'une forme moins symétrique. Ainsi la variété de baryte sulfatée que je nomme *dissimilaire*, n'a que quarante facettes additionnelles, produites en vertu de neuf lois de décroissement: ce qui fait quarante-six faces, en comptant les six qui répondent à celles du noyau, tandis que dans une variété de fer sulfuré, appelé *parallélique*, sept décroissemens donnent naissance à cent vingt-huit facettes qui, jointes aux six faces primitives, forment un total de cent trente-quatre faces, ce qui est le *maximum* des résultats de ce genre observés jusqu'ici.

Le bismuth, qui est une des substances métalliques les moins répandues dans la nature, est aussi une de celles qui se rencontrent le plus rarement en cristaux d'une forme déterminable. Wallerius, Cronstedt et Emmerling ont cité du bismuth natif en cubes très-petits; mais les seuls cristaux de ce minéral qui aient été connus jusqu'ici en France, sont des octaèdres réguliers, provenant de Bastnaës en Suède, que M. de Fourcroy a cités dans ses *Elémens d'Histoire naturelle et de*

*Chimie* (1), et qui font partie de la collection de M. Bucquet, acquise par ce savant célèbre. Ces cristaux offrent la forme primitive de l'espèce dont il s'agit, conformément au résultat que m'a donné la division mécanique d'un morceau de bismuth fondu, dont j'ai retiré des octaèdres réguliers très-prononcés (2). Quant au bismuth sulfuré qui se trouve aussi à Bastnaës et de plus à Johann-Georgenstadt en Saxe, sa cristallisation présente ou des masses lamellaires, ou des aiguilles qui se refusent à une détermination exacte, quoiqu'à en juger par les observations que j'ai faites sur la structure de la variété lamellaire, on puisse déjà regarder la forme primitive de ce minéral, comme lui étant particulière (3).

On a découvert récemment, à Bieber, dans la principauté de Hanau, des cristaux de bismuth natif qui résultent d'une modification de l'octaèdre régulier, dont on ne connaissait encore aucun exemple; ce sont des rhomboïdes aigus  $P P'$  (fig. 8), qui ont leurs angles plans de 60 d. et 120 d. Leur surface est terne et d'une couleur grise tirant sur celle du plomb. L'intérieur a la couleur

(1) T. II, p. 463.

(2) *Traité de Minéralogie*, t. IV, p. 185.

(3) *Traité de Minéralogie*, p. 191.

jaunâtre du bismuth ordinaire. Plusieurs sont libres et ne tiennent à leur support que par un de leurs sommets. L'axe du plus gros que j'aie vu a une longueur de 12 millimètres ou d'environ 5 lignes un tiers. Ils sont entremêlés de cristaux de baryte sulfatée. Les échantillons de cette substance qui sont dans ma collection, faisaient partie d'un envoi que j'ai reçu de M. Alexandre Leonhard, auteur de plusieurs ouvrages qui offrent à la fois la preuve de ses grandes connaissances en minéralogie, et du zèle dont il est animé pour le progrès de cette science.

Je donne à la variété dont il s'agit le nom de *bismuth natif rhomboïdal*. Pour concevoir ce qu'elle a de remarquable, il faut se rappeler un résultat que j'ai développé dans mon *Traité de Minéralogie* (1). Il consiste en ce que, quand les molécules intégrantes d'un minéral diffèrent du parallépipède, elles sont toujours assorties dans l'intérieur des cristaux, de manière qu'en les prenant deux à deux, quatre à quatre ou en plus grand nombre, elles composent ou réellement, ou équivalement, de petits parallépipèdes; et c'est par des soustractions d'une ou plusieurs rangées de ces parallépipèdes, que se font les décroissemens qui déterminent les formes secondaires. J'ai donné en conséquence

(1) T. I, p. 93 et suiv., et p. 284.

à ces parallépipèdes le nom de *molécules soustractives*.

Dans le cas présent, où la forme primitive est un octaèdre régulier, sa soudivision conduit à des solides de deux formes, dont l'une est encore l'octaèdre et l'autre est le tétraèdre régulier. Or, tel est l'assortiment de ces deux solides, qu'ils forment des rhomboïdes dont chacun est l'assemblage d'un octaèdre et de deux tétraèdres appliqués sur deux faces opposées de cet octaèdre. C'est ce qu'il est facile de concevoir à l'aide des figures 9 et 10, dont la première montre l'octaèdre séparément, et l'autre ce même octaèdre converti en rhomboïde, par l'addition de deux tétraèdres *g e b a*, *p f d u*, qui reposent sur les faces *g e b*, *p f d*. Les rhomboïdes dont je viens de parler, sont les molécules soustractives que considère la théorie, dont les opérations deviennent par-là indépendantes du choix que l'on pourrait faire de l'un ou l'autre des deux solides composans, comme molécule intégrante. Je me borne à indiquer ici ce résultat que j'ai exposé ailleurs avec plus de détail, ainsi que les motifs qui me paraissent établir la préférence en faveur du tétraèdre (1).

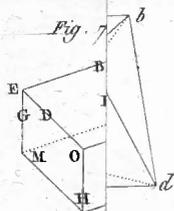
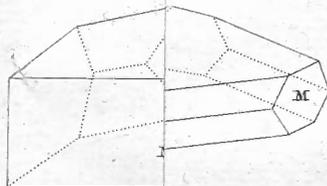
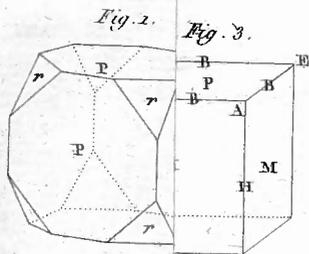
Or jusqu'ici la cristallisation n'avait pro-

(1) *Traité de Minéralogie*, tome II, page 249 et suivantes.

duit une forme semblable à la molécule soustractive, que dans le cas où cette molécule représentait la forme primitive qui alors était elle-même un parallépipède. C'est ici la première fois qu'elle nous offre un corps semblable à la molécule soustractive, dans un des cas où celle-ci diffère du noyau.

Si l'on supposait que de nouveaux tétraèdres s'appliquassent sur les autres faces de l'octaèdre primitif, il est facile de voir que leur combinaison avec les premiers tétraèdres *g e b a*, *p f d u* (fig. 10), formerait des saillies et des angles rentrans sur le solide qui naîtrait de cet assemblage. Or ces angles étant exclus par les lois de la cristallisation dans la production des cristaux simples, il en résulte que deux faces opposées parmi les huit faces de l'octaèdre ne peuvent être couvertes par des tétraèdres, sans que les six autres ne restent à découvert. Mais comme elles sont toutes égales et semblables, en sorte qu'elles peuvent être prises indifféremment l'une pour l'autre, rien n'indique la cause de cette espèce de choix que fait ici la cristallisation de deux d'entre elles, pour les masquer par le prolongement des six faces restantes. Au reste, on a moins de peine à concevoir que cette cause, quelle qu'elle soit, ait pu avoir lieu, si l'on considère que la cristallisation ne s'est écartée, dans le cas présent, de son résultat ordinaire, qui est l'octaèdre parfait, que pour y substituer un solide sem-

blable aux rhomboïdes élémentaires, dont les soustractions donnent la mesure des lois qui déterminent les formes secondaires relatives à cet octaèdre.



tère  
el.

tère  
ue.  
été.

eur.

au Scalp.

Fig. 1.

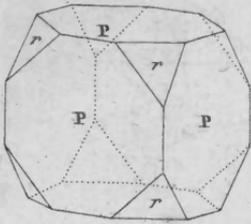


Fig. 2.

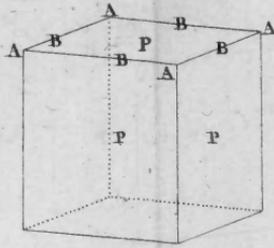


Fig. 3.

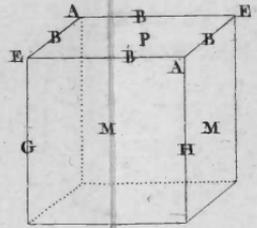


Fig. 4.

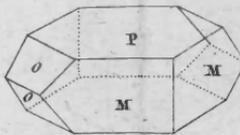


Fig. 5.

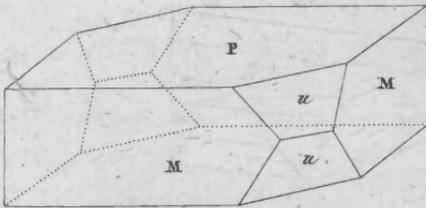


Fig. 6.

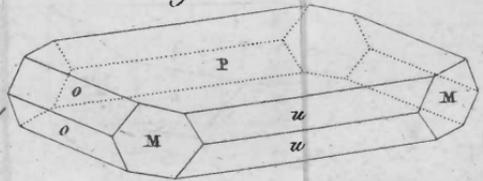


Fig. 7.

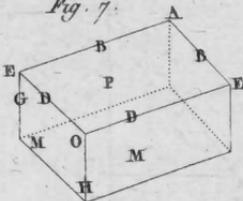


Fig. 9.

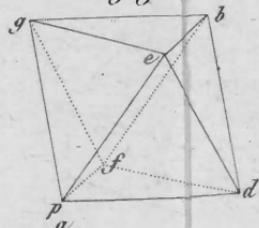


Fig. 8.

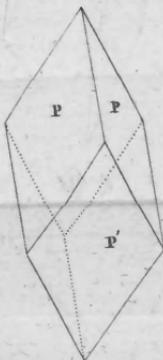
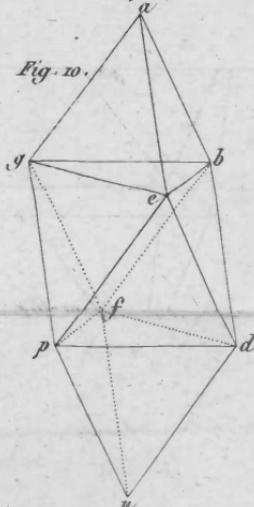


Fig. 10.



## DESCRIPTION DU CUIVRE PHOSPHATÉ.

Par M. HERSART, Ingénieur des Mines.

Le cuivre phosphaté étant encore peu connu des Minéralogistes, nous croyons qu'on pourra lire avec intérêt la description suivante, qui vient d'être faite, sur les lieux où l'on trouve ce minéral, par un Ingénieur des mines, d'autant plus qu'elle diffère en quelques parties des autres descriptions de ce minéral qui ont été publiées jusqu'ici, et qu'ayant été faite d'après un grand nombre d'échantillons, elle nous a paru mériter quelque confiance.

**QUELLE** que soit sa forme, il est d'un vert-noir ou foncé à la surface; et à l'intérieur, d'un beau vert d'émeraude, brillant et éclatant ou mêlé de reflets noirs.

Caractère  
essentiel.

Soluble, sans effervescence, dans l'acide nitrique qu'il colore en bleu-ciel. Il colore de même l'ammoniaque.

Pesanteur spécifique, 4,07031.

Caractère  
physique.  
Dureté.

Facile à gratter avec un couteau, rayant la chaux carbonatée pure. Rayé par le verre commun.

Celle de la surface est différente de celle de l'intérieur. La première, dans tous les échantillons, est d'un vert-noir ou foncé; la deuxième varie un peu, suivant les échantillons. La couleur de l'intérieur, dans le cuivre phosphaté cristallisé ou lamelleux, est d'un beau

Couleur.

vert d'émeraude, brillant et éclatant avec peu de reflets noirs. Les échantillons fibreux ou rayonnés, offrent aussi à l'intérieur un beau vert d'émeraude, sans l'éclat ou le brillant des précédens, mêlé de reflets noirs, beaucoup plus abondans que dans le cuivre phosphaté lamelleux.

**Poussière.** Quel que soit le fragment que l'on prenne, la poussière est toujours d'un vert plus pâle que la masse.

**Transparence.** Observé en fragmens minces, il est translucide.

**Cassure.** Elle est lamellaire dans les cristaux; fibreuse dans les échantillons mamelonés. Cette dernière n'a pas le brillant éclatant de la première, mais dans quelques échantillons elle offre un éclat soyeux ou satiné.

**Caractère chimique.** Soluble, sans effervescence, dans l'acide nitrique qu'il colore en bleu-ciel. A chaud, la dissolution paraît plus prompte; il colore aussi l'ammoniaque en bleu-ciel. Le cuivre est précipité par le fer de la dissolution nitrique. Au chalumeau, le cuivre phosphaté se fond facilement, donne d'abord un globule cassant, terne, et d'une couleur cendrée ou noirâtre; si on continue de chauffer ce globule sur un support de charbon, et en y ajoutant un corps gras, on obtient un petit bouton de cuivre rouge; mais il reste toujours une partie à l'état de scorie noirâtre. Ce résidu, mis dans l'acide nitrique, s'y dissout avec effervescence en colorant l'acide en bleu-ciel.

Si on fond au chalumeau le cuivre phosphaté avec le borax (soude boratée), on obtient un verre d'un rouge vif.

1°. Entre le cuivre phosphaté et le cuivre carbonaté vert, celui-ci est soluble avec effervescence dans l'acide nitrique, l'autre sans effervescence et le colore en bleu.

Caractères distinctifs.

2°. Entre le cuivre phosphaté et le cuivre muriaté, ce dernier colore en bleu et en vert la flamme où on le jette, ce qui n'a pas lieu pour le premier.

3°. Entre le cuivre phosphaté et le cuivre arséniaté, le deuxième donne une odeur arsénicale par l'action du feu, et colore en vert l'acide nitrique; le premier ne donne point d'odeur d'arsenic, et colore en bleu l'acide nitrique.

#### *Variétés de formes.*

1°. Cristaux ordinairement groupés de manière à ne laisser apercevoir qu'une face ou un angle solide. Rarement les faces sont planes et lisses; elles sont presque toujours courbes, et se subdivisent en un grand nombre de petites facettes qui diffèrent d'inclinaison. Quand les faces sont lisses et planes, elles paraissent comme striées, parallèlement à une des arêtes; dans ces derniers cristaux on aperçoit deux faces opposées, qui ne sont ni planes ni lisses, mais rabotées et hérissées de pointes. La forme de ces divers cristaux paraît être un rhomboïde qui approche du cube.

2<sup>o</sup>. On trouve par fois quelques cristaux simples ou isolés : ceux-ci paraissent offrir un rhomboïde plus aigu que le précédent ; mais ces cristaux ne présentent pas encore des faces bien nettes et des arêtes vives.

3<sup>o</sup>. Cuivre phosphaté lamelliforme , en petites lames superposées et inclinées en différens sens.

4<sup>o</sup>. Cuivre phosphaté fibreux , en masses mamelonées à l'extérieur ou tapissant des cavités ; cette variété offre dans son intérieur des stries fines et serrées en faisceaux à rayons divergens , qui partent d'un ou plusieurs centres. Cette variété a quelquefois à l'intérieur un éclat soyeux ou satiné.

#### *Annotations.*

Le cuivre phosphaté dont nous venons de faire la description , se trouve dans la couche ou le filon nommé *Venusberg* ou *Josephberg* , qu'on exploite à une demi-heure au plus du bourg de Rheinbreitbach. J'ai dit la couche ou le filon ; car on n'est point encore d'accord sur son gisement , vu que suivant les différens points où on l'examine , il semble présenter tantôt l'un , tantôt l'autre ; mais je pencherais pour le gisement en filon , par l'analogie que présente cette montagne avec celle qui renferme les véritables filons de cuivre pyriteux de *Mariaberg* , dont l'exploitation n'est qu'à 20 ou 25 minutes de celle où l'on trouve le cuivre phosphaté.

Le bourg de Rheinbreitbach , faisant partie du duché de Berg , est placé immédiatement sur la rive droite du Rhin , près des Sept-Montagnes , et à 3 heures au-dessus de la ville de Boon , chef-lieu d'arrondissement du département de Rhin-et-Moselle.

Le filon de Josephberg est renfermé dans une montagne qui paraît entièrement composée de schiste argileux , ou plutôt d'une argile schisteuse qui contient du mica , mais en parties à peine perceptible.

Le cuivre phosphaté accompagne le cuivre pyriteux , le cuivre natif , le cuivre oxydulé , aciculaire ou terreux , les cuivres carbonatés bleu et vert , ce dernier se trouve encore à l'état de malachite ou de cuivre carbonaté concrétionné ; enfin on trouve aussi , mais très-rarement , le cuivre sulfaté dans ce filon , qui a une très-grande puissance , et sa tête au jour presque au sommet de la montagne.

La gangue de ces minerais est ordinairement un quartz hyalin blanc ou grisâtre , souvent coloré en jaune-brun par l'oxyde de fer rubigineux , qui se trouve aussi libre dans les échantillons. Quelquefois le quartz hyalin est coloré en vert pâle par le cuivre phosphaté.

Outre le quartz hyalin , on trouve aussi pour gangue , mais plus rarement , ce que le directeur de cet établissement nomme *hornstein* , mais que je crois devoir regarder comme un véritable quartz agate. S'il est rare de voir ce quartz agate former la masse des échan-

tillons, il est très commun de le voir en tapisser les cavités. Souvent la surface du cuivre phosphaté, particulièrement celle des mamelons, est recouverte d'une pellicule de quartz agate calcédoine, qui est si mince, qu'on ne s'en aperçoit pas toujours; mais si on expose au chalumeau un fragment de ce mamelon, de suite la calcédoine se détache du cuivre phosphaté, et paraît avec la couleur blanche. Cette pellicule de calcédoine, donne quelquefois aux mamelons l'apparence d'une moisissure, ou en rend la surface comme veloutée. On trouve aussi, dans les cavités qui renferment le cuivre phosphaté, du quartz agate calcédoine blanc, ou avec une légère teinte de bleu, en tuyaux cylindriques isolés et parallèles, quelquefois en filets capillaires qui se croisent en différens sens, et sont blancs ou d'une couleur rose. On aperçoit souvent dans l'axe de la calcédoine tubulée, une ligne opaque qui paraît due à du fer oxydé rubigineux. Enfin on trouve quelquefois dans le cuivre phosphaté fibreux, des petites parties de cuivre carbonaté vert, que l'on distingue par une couleur plus pâle.

Pour prendre la pesanteur spécifique de la variété fibreuse, nous avons rompu un mamelon; nous en avons enlevé la pellicule de calcédoine qui recouvrait la surface, et nous n'avons opéré que sur l'intérieur du mamelon qui ne donnait aucun indice de substances étrangères. Le résultat obtenu donne au cuivre phosphaté une pesanteur spécifique plus grande que celle du cuivre arséniaté lamelliforme,

forme, du cuivre arséniaté octaèdre obtus, du cuivre muriaté, et des cuivres carbonatés vert et blanc, mais plus petite que celle de toutes les autres espèces de cuivre.

Avant que M. Klaproth eût fait connaître la présence de l'acide phosphorique dans un minerai de cuivre trouvé à Rheinbreitbach, déjà M. Fuge avait annoncé la même chose pour une mine de cuivre trouvée dans les environs de Nevers; mais malgré ces découvertes, le cuivre phosphaté peut être regardé comme une acquisition nouvelle en minéralogie. Il est encore rare en France dans les collections, et il n'y était connu, il y a deux ans, que par la description de M. Karsten, dont M. Brochant a donné la traduction dans son *Traité de Minéralogie*, et M. Lucas, un extrait dans son *Tableau des espèces minérales*.

La description précédente diffère en plusieurs points de celle de M. Karsten, qui sans doute n'aura pas eu à sa disposition un grand nombre d'échantillons. Relativement à la couleur, M. Karsten dit que le cuivre phosphaté est à l'extérieur d'un *noir-grisâtre*; il aura peut-être été trompé par quelques échantillons qui sont recouverts d'une pellicule de calcédoine qui, en effet, présentent cette couleur. Je pense que c'est à cette pellicule de calcédoine, et non à la petitesse des cristaux, que l'on doit attribuer l'apparence de moisissure que présentent souvent les mamelons de cuivre phosphaté, comme je m'en suis

assuré par un échantillon bien caractérisé que je possède. Le cuivre phosphaté n'est pas entièrement opaque, mais translucide quand il est en petits fragmens. Les caractères que j'ai cru apercevoir, et les observations que j'y joins, sont les résultats des essais plusieurs fois répétés sur les échantillons variés, que j'ai recueillis sur la mine, dans le séjour que j'y ai fait dernièrement.

DE  
LA MESURE DES HAUTEURS

PAR LE BAROMÈTRE.

P A R M I toutes les formules qu'on a données jusqu'ici pour faire servir le baromètre à la mesure des hauteurs, celle qui réunit le plus de simplicité à une exactitude suffisante pour la pratique est due à M. Laplace. Nous allons l'exposer d'une manière très-élémentaire.

Imaginons deux points dans l'atmosphère ; et qu'il s'agisse de déterminer la hauteur de l'un au-dessus de l'autre. Soit  $a$  l'élévation du premier au-dessus du niveau de la mer, et  $a'$  celle du second : la hauteur cherchée sera  $a - a'$ .

On sait, par les premiers élémens de la physique, que l'air atmosphérique se comprime proportionnellement aux poids dont il est chargé ; et que, d'après cela, si l'on suppose l'atmosphère divisée en tranches horizontales, et d'égal épaisseur, leur densité, à mesure qu'on s'élève, décroît en progression géométrique (1). De plus, les hauteurs correspondantes aux

(1) Haüy. *Traité de Physique*, tom. I.

tranches, croissent en progression arithmétique; puisque l'épaisseur de chaque tranche étant la même, si on la prend pour unité, les hauteurs sont représentées par la suite naturelle des nombres 1, 2, 3, 4, etc.

Qu'on se rappelle maintenant que les logarithmes sont des nombres en progression arithmétique, qui correspondent, terme pour terme, à une autre suite de termes en progression géométrique (*Définition de Bezout*); et l'on conclura que les hauteurs peuvent être regardées comme les logarithmes des densités des couches correspondantes. Ainsi, si  $d$  représente la densité de la couche correspondante au point dont la hauteur est  $a$ , on aura  $a = \text{logarithme } d$ , ou plutôt (puisque  $a$  va en augmentant tandis que  $d$  va en diminuant),

$$a = - \text{logarithme } d.$$

Ces logarithmes *atmosphériques*, qu'on me permette cette expression, différent, il est vrai, de ceux des tables; mais on verra qu'il est facile de leur substituer ceux-ci, en se rappelant que tous les logarithmes d'un système quelconque, peuvent être ramenés à ceux d'un autre, en les multipliant par un certain nombre, qui varie d'un système à l'autre, mais qui reste constant pour tous les logarithmes du même système. Soit ici  $m$  ce nombre, que nous déterminerons dans peu; et l'on aura, en employant les logarithmes tabulaires,

$$a = - m \log. d.$$

De même, si  $d'$  exprime la densité de la couche

d'air correspondante au point dont la hauteur est  $a'$ , on trouvera

$$a' = - m \log. d'.$$

Ainsi, la hauteur cherchée,  $a - a'$ , sera égale à  $- m \log. d + m \log. d'$ ; et en la nommant  $x$ , on aura

$$x = m (\log. d' - \log. d) = m \log. \frac{d'}{d}.$$

Observons maintenant que la colonne de mercure d'un baromètre placé dans une couche atmosphérique est équivalente, en poids, à la colonne d'air qui presse cette couche, et que par conséquent l'élévation barométrique représente la pression. Ainsi, si l'on désigne par  $H$  la hauteur du baromètre dans la couche dont  $d'$  exprime la densité; par  $h$  la hauteur de celui qui serait à la couche  $d$ , c'est-à-dire, à la station supérieure; puisque les densités sont comme les poids comprimans, on aura

$$d' : d :: H : h \text{ ou } \frac{d'}{d} = \frac{H}{h},$$

et par conséquent

$$x = m \log. \frac{H}{h} = m (\log. H - \log. h).$$

Jusqu'ici nous n'avons eu aucun égard à la température de l'atmosphère. Examinons actuellement cet objet.

La chaleur dilate l'air; ainsi, plus elle sera grande, moins l'air sera dense ou pesant, et plus il faudra s'élever dans l'atmosphère pour que le baromètre baisse d'une même quantité. M. de Laplace établit, que l'air pris à l'état où

il est habituellement dans notre atmosphère, se dilate de  $\frac{1}{5412}$  ou 0,004, par degré du thermomètre centigrade, à partir de 0°. D'où il suit que si on suppose la hauteur  $x$  déterminée à cette température; à toute autre, la hauteur correspondante au même abaissement du baromètre, devra être augmentée d'autant de fois 0,004 qu'il y a de degrés dans l'expression thermométrique de cette seconde température. D'après cela, si  $t$  est l'élévation du thermomètre à la station inférieure, et  $t'$  à la station supérieure,  $\frac{t+t'}{2}$  étant alors la température moyenne de la colonne d'air mesurée, on aura sa vraie hauteur en multipliant la valeur de  $x$  par le facteur

$$\left\{ 1 + 0,004 \frac{t+t'}{2} \right\} \text{ ou } \left\{ 1 + 0,002 (t+t') \right\}.$$

De plus,  $\frac{H}{h}$  ne représente le rapport des densités de l'air,  $\frac{d'}{d}$ ; qu'autant que la pesanteur spécifique du mercure dans le baromètre, est la même aux deux stations, ce qui n'a lieu que lorsque la température y est égale: et comme elle est habituellement moins considérable à la station supérieure, le mercure y sera plus pesant, et la colonne  $h$  y sera plus courte: il faudra la réduire à ce qu'elle serait, si elle eût été affectée de la même température que  $H$ . M. Laplace ayant trouvé que le mercure se dilate de  $\frac{1}{5412}$  par degré du thermomètre, la réduction se fera en augmentant  $h$  d'autant de fois  $\frac{1}{5412}$ , qu'il y a de degrés dans  $T - T'$ ;  $T$  exprimant la température du baro-

mètre à la station inférieure, et  $T'$  à la station supérieure, c'est-à-dire, qu'il faudra multiplier  $h$  par  $\left( 1 + \frac{T - T'}{5412} \right)$ , et l'équation deviendra

$$x = m. \left\{ 1 + 0,002 (t+t') \right\} \\ \left\{ \log. H - \log. h \left( 1 + \frac{T - T'}{5412} \right) \right\}.$$

Il ne reste plus maintenant qu'à déterminer  $m$ , nombre par lequel il faut multiplier les logarithmes tabulaires, pour les transformer en logarithmes *atmosphériques*, la température étant 0°. Ce qu'il y a de plus simple, et en même-temps de mieux pour rendre la formule aussi propre que possible aux besoins de la pratique, est de faire cette détermination par une expérience directe. A cet effet, prenons une montagne dont on connaisse déjà la hauteur  $x$ , trouvée par une opération géodésique: et observons le baromètre et le thermomètre à son pied et à sa cime; ce qui donnera la valeur numérique de  $H, h, T, T', t, t'$ : alors  $m$  sera la seule quantité inconnue dans l'équation, et l'on en tirera la valeur par une simple élimination. Une semblable expérience, faite avec beaucoup de soin, sur le pic du midi près de Tarbes, par M. Ramond, a donné  $m = 18393^{\text{mètres}}$ ; de sorte qu'en définitif la formule devient

$$x = 18393^{\text{mètres}} \left\{ 1 + 0,002 (t+t') \right\} \\ \left\{ \log. H - \log. h \left( 1 + \frac{T - T'}{5412} \right) \right\}.$$

La valeur de  $m$  aurait encore pu être déterminée, indépendamment de toute observation sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre. En effet, la pesanteur

spécifique de l'air, à 0°. , et sous une pression barométrique de 760 millimètres , est de  $\frac{1}{773}$  ; tandis que celle du mercure , à la même température , est de 13,599 (1) : d'où l'on conclut qu'à 0°. et sous cette pression , une colonne de mercure est 10513 fois plus pesante qu'une égale colonne d'air. Maintenant , si l'on suppose l'atmosphère divisée en tranches très - minces , de 1,0513 millimètres , par exemple , on pourra sans erreur , supposer que chacune d'elles conserve la même densité dans toute son épaisseur : par conséquent , si le baromètre , placé à la surface inférieure d'une d'entre elles (supposée à 0°.), s'y tient à 760 millimètres , et qu'on le porte à la surface supérieure , il baissera d'une quantité 10513 fois plus petite que l'épaisseur de cette tranche , c'est-à-dire , de 0,0001 millimèt. : son élévation y sera donc de 759,9999 mil. D'après cela , puisque  $t + t'$  et  $T - T'$  sont ici zéro , l'équation deviendra

$$1,0513 \text{ mil.} = m \{ \log. 760 - \log. 759,9999 \}.$$

La différence des logarithmes étant , dans ce cas , 0,000000571444 , on aura  $m = 18395,6$  mètr. , quantité qui ne diffère pas sensiblement de celle donnée par l'observation.

(1) Biot. *Mémoires de l'Institut* , 1806.

## SUITE DE L'ESSAI

*Sur la Géologie du Nord de la France.*

Par J. J. OMALIUS-D'HALLOY.

### CINQUIÈME RÉGION.

#### L'ARTOIS.

J'AI dit, dans l'introduction, que je désignerais par le nom d'*Artois* , la partie du grand bassin crayeux de la ci-devant Picardie , comprise dans le cadre embrassé par cet Essai , ce qui renferme la portion du département du Nord , située au Sud-Ouest de Douay et de Landrecies , et tout le département du Pas-de-Calais , moins un petit espace tracé en forme de demi-cercle autour de Boulogne , dont je parlerai tout-à-l'heure. Démarchation.

Toute la Picardie , et par conséquent la région qui nous occupe , sont si bien connues , que je vais me borner à rappeler quelques-uns des traits principaux.

On sait que ce pays est varié par de petites collines et des vallées peu profondes , qu'il est en général très-fertile , etc.

Sa constitution géologique ne présente que les formations du calcaire horizontal , du grès Constitution géologique.

blanc et du terrain meuble. A la vérité, M. Monnet (1) décrit une côte schisteuse qui se trouve à Pernes, canton de Heuchin (Pas-de-Calais), et qui paraît appartenir au terrain bituminifère; mais on ne doit la considérer que comme une dépendance du Boulonais.

Craie.

Le calcaire horizontal occupe toute la région, il recouvre le terrain bituminifère du Hainaut, depuis La Capelle (Aisne), jusqu'à Tournay (Jemmape), et s'avance jusqu'à la colline de Cassel (Nord); il est formé de chaux carbonatée crayeuse et de quelques couches d'argile. La chaux carbonatée y présente deux modifications différentes; les couches les plus profondes produisent une véritable craie, assez solide pour servir de pierre à bâtir et de pierre à chaux, tandis que les couches supérieures sont tendres, friables, analogues à celles de Flandre, et également employées comme marne à l'amendement des terres: on en fait pour cet usage une exportation considérable qui, par le moyen des canaux, s'étend dans les départemens de la Lys, de l'Escaut, etc. L'argile y est presque toujours effervescente, et passe insensiblement au calcaire; elle est communément de couleur bleuâtre ou grisâtre: il est bon de remarquer que c'est en général dans le voisinage des terrains bituminifères que les couches d'argiles sont les plus fréquentes, et que dans ce cas elles précèdent les couches de craie.

(1) *Atlas minéralogique*, page 21.

Ces couches crayeuses recèlent beaucoup de quartz-agates pyromiques bruns, ordinairement recouverts d'une enveloppe blanche qui montre quelquefois un luisant semblable à une couverte de porcelaine; on y trouve aussi du fer sulfuré.

Quartz-agate.

Il est inutile d'ajouter que les corps organisés qui existent dans cette formation, sont les mêmes que ceux du terrain crayeux de Paris.

Le grès blanc de l'Artois se trouve sous les mêmes circonstances, et est absolument semblable à celui du Hainaut; il est également d'un grain très-fin, d'une excellente qualité, et très-employé dans l'architecture. On voit dans ce pays des maisons faites avec une variété remarquable de matériaux; le rez-de-chaussée, jusqu'à la hauteur d'un mètre ou deux, est construit en grès blanc, les pierres de taille sont de craie, les moellons de briques, et les marches d'escalier, le carrelage, les bornes, etc. de marbre bleuâtre.

Grès.

On sait que toutes les vallées de la Picardie sont abondantes en tourbières.

## SIXIÈME RÉGION.

## LE BOULONNAIS.

Introduction.

J'aurais dû m'abstenir de parler de cette petite région, que je n'ai point vue par moi-même, et qui est déjà très-bien connue (1); mais j'ai cru qu'il convenait que je fisse remarquer son identité avec le terrain bituminifère du Hainaut et du Condros, et que je complétasse par ce moyen l'esquisse de cette intéressante chaîne.

Constitution physique et géologique.

Les environs de Boulogne forment une espèce de bassin, entouré par un rideau de collines crayeuses, qui décrivent un demi-cercle, dont le diamètre, appuyé sur la mer depuis le cap Blanc-Nez jusque vis-à-vis Samer, a plus de trois myriamètres de long.

Les couches minérales qui constituent ce bassin sont absolument différentes des couches crayeuses; les plus remarquables sont les marbres et les terrains à houille.

Houille.

L'analogie de ces derniers avec les autres groupes de terrain houiller qui se trouvent dans les deux régions que nous venons d'examiner, n'a pas besoin d'être discutée; il suffit de comparer les descriptions qu'on a données des uns et des autres, pour voir que c'est la

(1) Principalement par les Voyages minéralogiques de M. Monnet, et une Description insérée dans le n<sup>o</sup>. 1<sup>er</sup> du *Journal des Mines*.

même disposition et la même nature de couches; mais quand on n'aurait même d'autres notions que celles de l'existence de la houille, il suffirait de comparer la situation géographique de ce pays avec celle du Hainaut et du Condros, pour en conclure que le Boulonnais n'est que le dernier terme de cette série de bassins houillers qui traversent tout le Nord de la France, et la ressemblance que nous avons observée entre tous ces bassins, ne permettrait pas de douter que celui-ci ne fût encore semblable aux autres.

La plus importante des mines du Boulonnais est celle d'Hardinghen, canton de Guines: on extrait encore de la houille à Retz, Fienne, canton de Marquise, etc.

L'existence du terrain houiller indique déjà qu'on doit trouver dans le voisinage, ainsi que dans les autres bassins, les mêmes espèces de couches qui constituent ce système de formation, et notamment la chaux carbonatée bituminifère. Mais les descriptions du calcaire du Boulonnais présentent au premier aperçu quelques différences, parce qu'on y cite souvent des marbres blanchâtres et rougeâtres, et que les couches y sont ordinairement horizontales. Mais nous avons déjà vu des marbres rouges dans le Hainaut et le Condros, et nous avons aussi remarqué que la proportion de bitume répartie dans le calcaire, était sujette à de grandes variations, et même devenait quelquefois nulle; ce qui donne naissance à des couches presque blanches, si ce principe n'est point remplacé par un autre corps co-

Chaux carbonatée bituminifère.

lorant, et c'est le cas des marbres de Marquise. Quant à la disposition des couchés, je ne puis que renvoyer aux observations que j'ai faites à l'occasion des carrières de la partie septentrionale du département de Jemmappe qui présentent déjà une situation semblable.

C'est la même que dans le Hainaut et le Condros.

Du reste, ces deux espèces d'anomalies étant une fois expliquées, nous retrouvons dans les descriptions du Boulonnais tous les caractères du terrain bitumineux; les pierres calcaires y sont en général très-dures, susceptibles de prendre un beau poli; leur couleur la plus ordinaire, est le gris; elles ressemblent quelquefois à des ardoises (1). Il y en a qui produisent une chaux qui est la meilleure qu'on connaisse (2); les empreintes d'animaux qu'on y trouve sont des ammonites et des madrépores (3); les marbres dits *steincal*, sont d'un gris sombre et bleuâtre veiné de blanc (4). Il y a aussi du marbre noir (5) ou véritable chaux carbonatée bitumineuse. On voit dans le Boulonnais ces mélanges et ces passages entre le calcaire, le grès et le schiste, qui sont si communs dans les autres régions de cette formation; aussi M. Monnet dit (6) que ces trois espèces de

Grès et schistes.

(1) *Monnet*, pages 34, 37.

(2) *Id.* — 31.

(3) *Id.* — 81.

(4) *Id.* — 38.

(5) *Journal des Mines*, n°. premier, et *Collection du Conseil*, Catalogne, n°. 38-12.

(6) *Monnet*, p. 27.

pierres se confondent les unes dans les autres. Il décrit plusieurs de ces mélanges, notamment la pierre à bâtir de Boulogne, qui contient un tiers de matière quartzreuse, etc. (1). On y trouve aussi des grès à aiguiser.

Enfin les couches ne sont pas toujours horizontales, elles sont quelquefois inclinées (2), et les marbres de Ferques, par exemple, ont une inclinaison de 45 degrés.

## SEPTIÈME RÉGION.

### L'ARDEENNE.

Cette région forme une espèce d'ellipsoïde renflée dans l'intérieur, terminée par une pointe recourbée, et dont le grand diamètre dirigé du Nord-Est au Sud-Est est long de plus de 20 myriamètres. Cette ellipsoïde a son sommet entre Duren et Eschweiler (Roër), et à partir de ce point, ses limites au Nord-Ouest passent par les environs d'Eupen, Spa, Ferrières (Ourthe), Marche, Wellin (Sambre-et-Meuse), Givet, Couvin (Ardennes), en se terminant vers Hirson (Aisne), d'où elles se dirigent à l'Est et au Nord pour rejoindre le point de départ, en passant près de Maubert-Fontaine, Mézières, Sedan (Ardennes), Florenville, Ospéren, Dieckirch (Forêts).

Démarcation.

(1) *Monnet*, p. 32.

(2) *Id.* — 26-38.

Prum (Sarre), Cronembourg (Ourthe), et Gémund (Roër); ce qui renferme une petite portion du département de la Roër, quelques communes de la Sarre, et des parties considérables de l'Ourthe, de Sambre-et-Meuse, des Forêts et des Ardennes. Elle est bornée au Nord-Ouest par le Condros et le Hainaut; au Sud-Est par l'Eiffel et le Luxembourg. Cette démarcation fondée, comme on le verra tout-à-l'heure, sur l'existence d'un terrain particulier, est en rapport avec l'usage vulgaire, qui a toujours appliqué le nom d'*Ardenne* à cette étendue, quelqu'aient été les divisions politiques qu'on y a successivement établies.

Dénomination.  
Élévation au-dessus de la mer.

Ce pays est plus élevé que les contrées environnantes. Cependant les sommets les plus hauts, dans la partie septentrionale, au département de l'Ourthe, ne surpassent pas 658 mètres au-dessus de la mer. Je n'ai point de nivellement de la partie méridionale, mais j'ai lieu de croire que la différence n'est pas très-considérable; elle est peut-être un peu plus basse.

On ne peut juger de la pente générale d'un terrain par l'écoulement des rivières.

Cette élévation de l'Ardenne prouve comme on pourrait être induit en erreur, si on voulait juger de la pente générale d'un pays par la direction des eaux. En effet, si on examine le cours des rivières qui arrosent la partie orientale de la France, on observera que les environs de Langrés (Haute-Marne) servent de point de division à des eaux qui s'écoulent dans la Méditerranée, dans l'Océan et dans la mer du Nord, et on en conclura naturellement, qu'à partir

partir de cette montagne haute de 456 mètr. (1), le sol s'abaisse graduellement jusqu'à ces mers, et on ne se douterait point que la Meuse, par exemple, qui prend sa source au pied de cette montagne, vienne traverser à 22 myriamètres au Nord, entre Mézières et Givet (Ardennes), des plateaux dont la hauteur est au moins de 5 à 600 mètres, et que cette rivière arrivée à Liège (c'est-à-dire à 35 myriamètres en ligne droite de sa source, ce qui en ferait plus de 100 si on calculait les détours du courant); que cette rivière, dis-je, ne soit alors éloignée que de 3 à 4 myriamètres d'autres plateaux élevés de 650 mètres.

Cette contrée, dans son état naturel, s'il est permis de s'exprimer de la sorte, n'est pas très-montueuse; on y voit même des suites considérables de plateaux qui ne présentent que de légères ondulations. Mais dans les parties traversées par quelques rivières un peu importantes, telles que la Meuse, la Semois, l'Oure, la Warge, la Roër, etc., elle est déchirée par une multitude de vallées et de gorges extrêmement profondes, souvent très-resserrées, qui présentent des escarpemens de plus de 200 mètres de hauteur verticale. On peut, pour ainsi dire, considérer chacune des vallées où coulent ces rivières principales, comme des espèces de tiges d'où partent une infinité de rameaux secondaires, qui s'étendent sur les

Aspect du pays.

Le même terrain est quelquefois plat et quelquefois très-montueux.

(1) M. Héricart de Thury, Potamographie de la Meuse, Journal des Mines, n<sup>o</sup>. 70, p. 29.

côtés en sillonnant toute la surface voisine. Il résulte de cette disposition, que cette région renferme des cantons très-montueux et d'autres presque plats, et que cependant les sommets des plateaux sont partout à peu près de la même hauteur, et le terrain de la même nature.

Aridité de l'Ardenne.

L'Ardenne, placée dans le voisinage des riches plaines que nous venons d'examiner, est remarquable par son aridité: on y trouve d'immenses forêts, mais la majeure partie du sol ne présente que des landes qui forment, ou de vastes plateaux marécageux et absolument incultes, connus dans le pays sous le nom de *fagnes*, ou de mauvaises pâtures qu'on ne peut livrer à la culture qu'après un intervalle de 15 à 20 ans, et par un procédé particulier, appelé *essartage*; à peine y a-t-il quelques vallées étroites qui offrent de véritables prairies et des terres régulièrement cultivées.

Constitution géologique. Formation ardoisière.

J'ai déjà indiqué que tout le terrain de cette région appartenait à la formation ardoisière; il est composé de couches alternatives de schiste et de quartz, plus ou moins inclinées, très-souvent verticales, communément dirigées du Nord-Est au Sud-Ouest. Il me paraît qu'en général leur position est moins irrégulière que celle des couches de la formation bitumineuse; on y voit beaucoup moins de formes repliées ou contournées, et on observe souvent des plateaux entiers où l'inclinaison et la direction ne changent point.

Schiste-ardoise.

Les couches schisteuses sont les plus abondantes, elles se rapportent en général au

schiste ardoise. Leur couleur la plus ordinaire est celle connue sous le nom de *bleu* ou *gris d'ardoise*, qui passe souvent au verdâtre, au rougeâtre, au gris ordinaire, etc.; mais quelle que soit la couleur et même l'état d'altération du schiste ardoise, sa cassure, qui est schisteuse jusque dans ses plus petites parties, fournit presque toujours, ainsi que je l'ai dit ci-dessus, un moyen de le distinguer du schiste argileux. Ce dernier a aussi un état différent de décomposition, il se transforme ordinairement en une terre argileuse, quelquefois sablonneuse, tandis que l'ardoise présente une altération particulière: celle qui se trouve à la surface des plateaux est devenue blanchâtre, tendre, friable, douce au toucher, d'un aspect stéariteux, et se réduit en une terre légère onctueuse qui ne fait point pâte avec l'eau. Il paraît, au reste, que cette altération est due, comme celle qui a changé le schiste gris en jaune, à un ordre de chose qui n'existe plus actuellement; car non-seulement les ardoises employées à la bâtisse n'éprouvent rien de semblable, mais les couches qui se montrent au jour dans les vallées profondes ont encore conservé leur couleur bleuâtre et leur dureté. Or, on sait que dans les terrains inclinés, les couches du sommet sont les mêmes que celles du fond des vallées.

On emploie ces schistes comme moellon dans toute l'Ardenne, mais ils ne sont pas très-propres à cet usage. Dans plusieurs endroits ils sont susceptibles d'être taillés pour couvrir les toits, et donnent une excellente ardoise. Les

Ardoisières.

exploitations de ce genre les plus remarquables, sont celles de Viel-Salm (Ourthe), de Signy-le-Petit, de Rimogne, canton de Rocroy, et de Fumay (Ardennes). Cette dernière est la plus importante, ce qu'elle doit principalement aux débouchés que lui procure la Meuse : on en trouvera une bonne description dans l'*Atlas minéralogique* de M. Monnet.

Pierre à  
rasoir.

Une modification de l'ardoise qui mérite attention, est la *Pierre à rasoir* (schiste novaculaire, coticule, etc.) : on l'extrait à Salm-Château, canton de Viel-Salm (Ourthe), d'où on l'exporte dans toute l'Europe. Lorsqu'on voit la pierre à rasoir telle qu'elle est livrée au commerce, on doit s'en faire une idée assez fautive : on sait qu'elle a la forme d'un parallépipède aplati, et partagé dans le sens de son épaisseur en deux tranches parallèles, l'une jaune, l'autre bleuâtre, d'où l'on doit naturellement conclure que cette pierre est formée comme les quartz-agates, sardoines, etc. de couches superposées, ce qui est très-loin de la vérité. La colline où l'on extrait cette substance, ne présente que des couches d'ardoises semblables à celles du terrain environnant, si ce n'est qu'elles sont traversées de tems en tems par des veines jaunes : ces veines sont très-singulières, car ce ne sont point des filons remplis postérieurement, c'est absolument une partie intégrante de la couche qui, par une cause quelconque, a pris une couleur différente : on n'aperçoit pas le plus petit joint entre les parties jaunes et les parties bleues, le tissu et la direction des lames restent les mêmes ; le

changement de couleur n'arrête pas la division qu'on peut opérer dans un certain sens, et quelque puisse être la ténuité des lames, une fente commencée dans la partie bleue se propagera dans la partie jaune et réciproquement. Non-seulement j'ai répété cette expérience sur plusieurs échantillons, mais j'ai examiné attentivement les nombreux fragmens épars sur les halles de l'exploitation, et j'ai toujours vu que le changement de couleur n'influa pas sur la cassure, ni sur cette division si facile à opérer dans les ardoises. Il y a cependant quelques différences de nature ou d'aggrégation entre les parties bleuées et jaunes, puisque ces dernières sont meilleures pour aiguiser les rasoirs ; elles ne se comportent pas non plus de même au chalumeau, les parties bleues se fondent en verre noir, et les parties jaunes ne donnent qu'une fritte blanche. L'épaisseur de ces veines jaunes est très-variable, elles n'ont souvent que deux ou trois centimètres. Le travail de l'extraction consiste à rechercher et à détacher des fragmens qui présentent les deux couleurs ; on les taille ensuite sous la forme qu'on connaît à ces pierres.

Une altération de l'ardoise qui pourrait encore servir à un usage économique, c'est qu'elle devient noire, tendre, et semblable au *crayon des charpentiers*, ou schiste graphique. Il paraît que dans cet état elle serait aussi propre à la fabrication de l'alun, car elle se charge d'efflorescences salines. Ces altérations, qui se trouvent notamment dans les environs de Spa (Ourthe), méritent encore d'attirer l'attention

Crayon des  
charpen-  
tiers.

Ardoises  
abondantes  
en carbone.

sous un autre rapport, c'est qu'elles sont évidemment dues à la présence du carbone, qui devient quelquefois si abondant, qu'on a déjà dirigé dans ces terrains des recherches de houilles, infructueuses à la vérité. Cependant rien n'annonce que ces couches recèlent des corps organisés.

Talc et  
mica qui se  
confondent.

Les ardoises sont ordinairement traversées par des filons ou veines plus ou moins larges de quartz hyalin blanc laminaire, quelquefois compacte : on sait que les petites cavités qui accompagnent les filons facilitent la tendance qu'ont les minéraux à se séparer et à prendre des formes régulières ; or, outre un très-grand nombre de cristaux de quartz hyalin très-bien prononcés, on voit dans ces filons des parties d'ardoises qui deviennent, par une série de nuances insensibles, de véritables matières talqueuses voisines de la stéatite et à la craie de Briançon. Ce talc conduit encore, par d'autres nuances, à une matière foliacée verte, qui donne souvent des indices de cristallisation, et qui est un véritable mica vert. M. Haüy soupçonne qu'il serait possible que le mica et le talc fussent réunis en une seule espèce. Il me paraît que parmi les faits qui peuvent contribuer à prouver que cette conjecture d'un homme de génie équivalant à une certitude, on peut citer ce passage intime que nous voyons dans nos filons, entre la stéatite et le mica : il est tel, qu'à chaque instant on trouve des parties qu'il est impossible de décider à quelle espèce elles appartiennent ; mais de plus, la liaison qui existe entre la stéatite

et les ardoises, me paraît indiquer que ces dernières ont les plus grands rapports avec les roches talqueuses. Quelque singulier que puisse paraître ce rapprochement, il a déjà été présenté par différens minéralogistes, et est encore annoncé par plusieurs autres circonstances. M. Monnet (1) dit que les ardoises des environs de Signy-le-Petit passent au talc, et cite un morceau qui était talc d'un côté et ardoise de l'autre. M. Baillet, dont l'exactitude et les lumières sont connues, a appelé *stéatiteuse* (2) la roche qui renferme la pyrite d'Enghien, et cependant cette roche n'est que l'ardoise ordinaire qui a subi cette altération que j'ai dit avoir lieu sur les sommets des plateaux, et qui effectivement lui donne tous les caractères des stéatites. A la vérité, les différences qu'il y a entre l'ardoise et certaines variétés de talc, sa grande ressemblance avec le schiste argileux, semblent exclure ce rapprochement ; mais le géologue doit être familiarisé avec ces apparences trompeuses. Quelle différence n'y a-t-il pas entre l'adulaire et les roches pétro-siliceuses, entre le marbre noir et le spath calcaire ? Ne voyons-nous pas le schiste des houillères, la chaux carbonatée bituminifère feuilletée, et le quartz noir schisteux se ressembler dans certaines circonstances, à un tel point qu'on ne peut les distinguer que par le secours des moyens

Les ardoises pourraient bien être des roches talqueuses.

(1) *Descrip. min. de la France*, p. 89.

(2) *Journal des Mines*, n<sup>o</sup>. 14, p. 58.

chimiques ? Mais si d'un côté l'ardoise se confond avec le schiste argileux, elle touche par l'autre extrémité au *glimmer-schiefer* ou schiste micacé, et au talc chlorite schisteux; il y a de ce dernier, notamment dans la Loire-Inférieure, qui ressemblent à une ardoise altérée. L'analyse chimique ne peut être consultée dans ce rapprochement, ou pour mieux dire, elle ne peut que le favoriser, puisque les ardoises qu'on considère comme roches argileuses, contiennent ordinairement un peu de magnésie, et que parmi les talcs qu'on range dans le genre magnésien, le talc terreux de Mérowitz en Bohême, et la pierre de lard ou talc glaphique, renferment de 0,29 à 0,36 d'alumine et point de magnésie; que le talc blanc terreux de Freyberg en Saxe, renferme 0,81 d'alumine et moins de 0,1 de magnésie (1), etc.

Fer oligiste.

Le fer oligiste accompagne ordinairement la stéatite et le mica dans les filons quartzeux des ardoises. A Viel-Salm on le trouve très-bien cristallisé sous la forme basée, il y est en parties assez considérables, d'un gris d'acier très-brillant, qui rappelle les beaux échantillons de Suède. A Bihin, canton de Houffalize (Forêts), il est en masses laminaires: ce sont les deux seuls endroits où je l'aie observé jouissant des vraies propriétés du fer oligiste; mais dans tous les autres filons quart-

(1) Voyez les analyses de MM. Klaproth, Vauquelin et John (*Journal des Mines*, tom. XV, p. 241. *Bulletin des Sciences* 1808, n<sup>o</sup>. 10, p. 173.)

zeux, on voit de petites parties noirâtres qui paraissent contenir beaucoup de fer oxydé.

On trouve encore dans ces filons des indices de cuivre; à Viel-Salm, c'est du cuivre carbonaté vert; à Stolzembourg, canton de Vian-den (Forêts), c'est le cuivre pyriteux.

Cuivre.

J'ai déjà dit que lorsque l'ardoise s'approchait de la formation bituminifère du Condros, elle passait au schiste rouge. Le même effet se remarque encore sur le bord oriental de l'Ardenne, entre Gémund (Roër) et Dieckirch (Forêts), où elle avoisine la formation bituminifère de l'Eiffel et les grès rouges du Luxembourg.

Les couches quartzieuses qui alternent avec les ardoises de cette région présentent plusieurs variétés; la plus abondante est le quartz grenu, il y est ordinairement traversé par des veines de quartz blanc compacte ou laminaire: ces veines sont quelquefois si nombreuses et s'unissent toujours si intimement avec la masse grenue, que je crois que le tout a été formé d'un seul jet, ce qui toutefois n'est pas très-facile à concevoir; c'est une disposition qui a beaucoup d'analogie avec les marbres gris et blancs du Hainaut. Les couleurs les plus communes de cette roche sont le grisâtre et le bleu d'ardoise, quelquefois très-foncé: ces dernières ont tant de ressemblances extérieures avec certaines cornéennes homogènes ou trapps, qu'on n'a presque pas d'autres caractères pour les distinguer, que leur infusibilité et leur liaison avec les veines de quartz blanc. C'est par cette variété bleuâtre

Roches quartzieuses.  
Quartz grenu.

que se fait ordinairement le passage avec les ardoises, tandis que la variété grisâtre passe plus souvent au grès.

Grès.

Le grès est assez rare en Ardenne, si ce n'est sur les bords voisins de la formation bituminifère, ainsi que je l'ai déjà dit; il en existe cependant dans l'intérieur: on exploite notamment entre Weisme et Malmédy (Ourthe), un beau grès blanc très-bien prononcé; mais ce grès a une tendance particulière à passer à l'état de brèche, et la carrière de Weisme en présente de très-remarquables. C'est une pâte de grès blanc farcie de globules de la grosseur d'un pois, de quartz hyalin gras transparent. Ces grès et ces brèches, dont la pureté et la couleur éprouvent naturellement beaucoup de variations, paraissent former une espèce de chaîne en couches parallèles et alternatives avec celles d'ardoise, dont on trouve des traces dans toute la longueur de l'Ardenne.

Brèche.

Un des endroits où on peut le mieux les étudier, est le canton de Viel-Salm (Ourthe), où ils ont été exploités pour différens usages, et où on a fait des colonnes qui ont été vendues sous le nom de *granite rouge*. En effet, c'est encore là une de ces apparences trompeuses par lesquelles il est bien difficile de ne pas se laisser séduire: la pâte qui enveloppe les globules limpides devient d'un rouge plus ou moins prononcé qui, combiné avec d'autres parties demeurées blanches, produisent différens mélanges qui ont beaucoup de ressemblances avec le granite rouge; et comme ces brèches tendent quelquefois à passer au quartz

Brèche  
qu'on a prise  
pour du  
granite.

grenu feuilleté ou à l'ardoise, elles prennent si bien l'aspect de certains granites feuilletés ou *gneiss*, qu'on ne peut, pour ainsi dire, les reconnaître que par les circonstances de leur gisement, et par leur liaison avec les morceaux où l'on distingue encore la nature des élémens: quelquefois la pâte prend une couleur verdâtre, et alors on a du granite vert.

Parmi les caractères qui peuvent servir à distinguer les brèches du terrain ardoisier de celles de la formation bituminifère, on peut remarquer que les premières sont en général formées de grains plus petits, plus adhérens entre eux, que les fragmens roulés sont plus rares, qu'elles sont moins rouges, qu'on n'y voit point de quartz noir (*kiesel-schiefer*), qu'elles passent à l'ardoise au lieu de passer au schiste rouge.

Dans la série des nuances offertes par le passage du grès à l'ardoise, il en est une qui mérite attention, parce qu'elle fournit la matière d'un commerce avantageux aux cantons de Viel-Salm (Ourthe) et de Houffalize (Forêts); je veux parler de la *Pierre à faux*, que les marchands de Paris disent venir de Namur, ce qui signifie seulement qu'il y a un entrepôt de ces pierres dans cette ville. C'est un grès verdâtre très-micacé, et qui a déjà pris le tissu schisteux: quand il n'est pas tout-à-fait aussi feuilleté il sert à faire des meules à aiguiser.

Pierre à  
faux.

Le fer sulfuré est très-commun dans cette formation; on le trouve cristallisé au milieu des roches d'ardoises et de quartz grenu: comme il est sujet à se décomposer, on ne voit souvent

Fer sulfuré.

que la petite cavité qui était remplie par le cristal ; il existe aussi en dendrites.

Mines.

Je ne connais d'autres exploitations métalliques que la mine de cuivre de Stolzenbourg, canton de Viauden (Forêts), décrite par M. Beauquier (1). Les mines de fer sont abondantes sur les bords de ce terrain, mais il paraît qu'en général elles appartiennent aux formations postérieures.

Eaux médicinales.

Les eaux médicinales ne sont pas étrangères au terrain d'ardoise, puisqu'on y trouve les célèbres sources acidules de Spa.

Singulier amas de cailloux du Malmédy.

Il existe à Malmédy (Ourthe) un amas qu'on doit plutôt appeler un dépôt de cailloux roulés qu'une masse de brèches. La plupart de ces cailloux sont quartzeux, quelques-uns calcaires ; ils sont faiblement agglutinés par un ciment rougeâtre qui a l'apparence d'une argile ferrugineuse ; la stratification n'y est pas très-sensible, mais on y reconnaît des couches horizontales : dans la partie inférieure il y a des cailloux très-considérables, leur grosseur diminue ensuite à mesure qu'on s'élève ; les dernières couches ne présentent même que des masses argileuses, qui empâtent de petits grains de quartz et de schiste verdâtre. Cet amas a moins d'un myriamètre de long sur une largeur d'un à deux kilomètres ; il s'étend le long de la rivière de Warge, et se montre principalement sur la rive droite, mais se retrouve aussi sur une portion de la rive gauche ; il constitue

(1) *Journal des Mines*, tom. XVI, p. 92.

toute la pente, et s'élève à plus de 200 mètres au-dessus du niveau de la vallée. Il ne paraît pas qu'il s'enfonce davantage, car le fond de la rivière est formé d'ardoises. Il n'y a pas de liaison entre les brèches ou cailloux roulés déposés horizontalement, et le terrain d'ardoise en couches verticales : la transition est toujours brusque ; de sorte qu'on ne peut concevoir la formation des premiers qu'en supposant qu'ils ont été déposés à la manière des failles ou filons, dans un creux pratiqué au milieu des ardoises. Mais en outre il paraît que ce dépôt a eu lieu avant le creusement de la vallée ; car si cette vallée eût existé, le dépôt de cailloux roulés se fût répandu dans une grande étendue, plutôt que de se grouper à Malmédy au point d'y former des escarpemens de plus de 200 mètres, et cependant, ce qui est très-digne de remarque, c'est qu'on ne trouve rien de semblable dans aucune partie de l'Ardenne.

L'origine de ces cailloux est encore plus difficile à concevoir que la manière dont ils ont été déposés ; car les fragmens de chaux carbonatée qui s'y trouvent, diffèrent de toutes les formations calcaires du Nord, de l'Est et du centre de la France ; ils sont compactes, très-durs, présentent des empreintes de zoophytes ; leur couleur est un gris-rougeâtre peu foncé ; ils ont quelque analogie, pour le tissu, avec le calcaire du Jura ; mais ce dernier a ordinairement une couleur blanc-jaunâtre qui le distingue très-facilement. On ne peut pas croire non plus qu'ils proviennent des marbres rougeâtres de la formation bita-

L'origine de ces cailloux est inconnue.

minifère ; car outre qu'il y a une différence dans la couleur et même dans le tissu , on sait que les marbres rouges ne forment que de petits points dans le calcaire bituminifère , et il est impossible qu'une cause physique , ait pu enlever ce marbre sans prendre également de la pierre bleue qui ne se rencontre point dans l'amas de Malmédy.

Débris de  
la forma-  
tion ardoi-  
sière.

La formation ardoisière présente un grand nombre de débris , témoins des révolutions qu'elle a éprouvées : ce sont ou des quartz laminaires blancs qui proviennent des filons , ou des quartz grenus. Il y a des masses de ces derniers qui ont souvent plusieurs mètres cubes. On trouve ces débris , non-seulement sur les plateaux et dans les vallées de l'Ardenne , mais encore sur les formations environnantes. Une partie des cailloux roulés qui existent dans la plaine du département de la Roër , paraissent avoir aussi la même origine. Enfin on reconnaît les roches de ce pays jusque dans les cailloux qui accompagnent les sables de la Campine.

Terrain  
meuble.

Le terrain meuble est très-peu abondant en Ardenne ; quelques plateaux ne présentent que cette terre blanche et légère produite par la décomposition des ardoises , d'autres sont recouverts de couches horizontales de sables , d'argiles , etc. , qui ont la propriété de transformer les parties les plus élevées du Nord de la France en vastes marais.

Tourbe.

La tourbe fibreuse y est très-commune ; les paysans qui l'exploitent pour leur chauffage ,

sont persuadés que ce combustible se reproduit après un certain intervalle.

## HUITIÈME RÉGION.

### L'EIFFEL.

Cette région s'étend entre l'Ardenne à l'Ouest , et le Rhin à l'Est , qui la sépare du grand-duché de Berg et des états de Nassau ; elle est bornée au Sud par la Moselle , prise depuis son embouchure jusqu'à Berncastel ( Sarre ) , et ensuite par une ligne idéale tirée de Berncastel à Artzfeld ( Forêts ) ; ses limites septentrionales traversent la plaine de la Roër entre Cologne et Duren. Cet espace a la forme d'un pentagone irrégulier , dirigé du Nord au Sud , long d'environ 10 myriamètres sur une largeur moyenne de 4 à 6 , et comprend plus de la moitié du département de Rhin-et-Moselle , une partie de la Roër et de la Sarre , quelques communes de l'Ourthe et des Forêts. Le nom que je lui conserve est appliqué par l'usage vulgaire de la majeure partie de ce pays.

Démarca-  
tion.

Dénomi-  
nation.

Il n'est aucune portion du Nord de la France qui mérite autant d'attirer l'attention du minéralogiste que les montagnes arides de l'Eiffel ; mais il n'en est pas non plus qui soit aussi peu connue. A la vérité , plusieurs observateurs instruits ont déjà donné des descriptions intéressantes de quelques parties de ce pays , mais la plupart se sont peu écartés du Rhin ; d'autres n'ont fait connaître que certains cantons

Cette ré-  
gion est peu  
connue.

du revers occidental, aucun n'en a donné une idée générale. Parmi les causes auxquelles il faut attribuer l'ignorance presque absolue où l'on est demeuré sur le centre de cette région, la principale est le dénuement de grandes routes. Il était réservé au Héros qui a aplani les Alpes, d'étendre aussi sa main bienfaisante sur l'autre extrémité de son vaste Empire : bientôt les bons et hospitaliers Montagnards de l'Eiffel pourront se livrer à des genres d'industrie qui leur étaient étrangers, et les voyageurs examineront commodément un sol bouleversé par ces terribles incendies souterrains qui effraient encore une partie du globe.

Constitution physique.

Au reste, tout le pays compris dans la circonscription que je viens de tracer n'est point également montueux et aride. La Moselle et la Nette se jettent dans le Rhin au milieu de plaines fertiles; la vallée où coule ce fleuve majestueux, réunit à l'aspect le plus pittoresque, aux escarpemens les plus rapides, des coteaux en pentes douces chargés de vignobles : l'espace entre Bonn, Cologne et Duren, fait partie de la vaste et riche plaine de la Roër; dans les montagnes même, il existe des croupes volcaniques susceptibles de culture; enfin, il y a le long de l'Ardenne une petite chaîne qui n'a point l'âpreté des parties centrales. Ces dernières peuvent être considérées comme de vastes plateaux, déchirés en tout sens par une infinité de gorges et de vallées excessivement profondes, et surmontés d'élévations coniques formées de basaltes, de laves poreuses, de tuffs volcaniques, etc.

Cette

Cette région présente les formations trapéennes, ou plutôt basaltique, ardoisière, bituminifère, celle du grès rouge, et le terrain volcanique proprement dit.

Constitution géologique.

Mais avant de m'occuper des basaltes, je me permettrai de donner quelques notions sur un autre terrain trappéen, qui n'a point encore été positivement observé sur le territoire français, mais qui en est si voisin, qu'il serait très-possible qu'il existât dans les montagnes de l'Eiffel. Je veux parler de la roche qui constitue le *Drackenfels* et le *Wolkembourg* (1), élévations qui font partie d'un groupe, connu sous le nom des *Sept Montagnes*, situées sur le bord du Rhin, vis-à-vis de Bonn, près la petite ville de Kœnigswinster, au grand-duché de Berg.

Les Sept Montagnes.

La roche de Drackenfels est une espèce de porphyre composé d'une pâte blanchâtre, qui enferme de grands cristaux limpides et de petites paillettes noires. Je regarde la pâte comme étant une cornéenne; il se pourrait cependant que ce ne fût qu'un feldspath grenu et altéré: du moins s'il entre de l'amphibole dans sa composition, c'est de cette variété blanche qu'on a long-tems appelé *grammatite*. Les cristaux sont du feldspath très-bien prononcé: quant aux paillettes noires, je n'oserais décider si ce sont du mica ou de l'amphibole; elles ont

Porphyre de Drackenfels.

(1) M. Deluc a appelé cette montagne *Volkemberg*: je me sers du nom de *Wolkembourg*, d'après les renseignemens que j'ai pris sur les lieux.

cependant une forme allongée qui indiqueraient que c'est plutôt dans cette dernière espèce qu'il faut chercher leur type.

Porphyre  
du Wolkembourg.

La roche du Wolkembourg diffère un peu de celle du Drackenfels; son tissu la rapproche davantage des substances intermédiaires entre les porphyres et les granites (1); on n'y voit presque plus de gros cristaux de feldspath, cette substance paraît s'y mêler intimement avec la pâte, mais on y reconnaît distinctement de très-petits prismes d'amphibole verdâtres ou noirâtres, et des paillettes brillantes de mica. Quoique cette roche en général soit communément blanchâtre, elle a souvent une teinte de rougeâtre qui passe quelquefois au rose-gris-de-lin; elle prend aussi dans certaines circonstances une couleur gris-verdâtre; elle paraît un peu plus dure que celle du Drackenfels. Au reste, ces deux roches sont très-solides et très-recherchées dans les arts pour servir de pierre de taille, de carreaux, de bacs, etc.; aussi elles alimentent de nombreuses exploitations, et se répandent, sous le nom de *Pierre de Königswinter*, sur les deux rives du Rhin jusqu'en Hollande.

Toutes ces roches existent en couches ordinairement verticales, et dirigées de l'Est à l'Ouest. Les parties extérieures, principalement au Drackenfels, ont éprouvé cette alté-

(1) Aussi M. Deluc l'a-t-il appelé *granite*. Il est étonnant que ce savant observateur, qui a examiné ce pays avec tant de détail, se borne à dire que cette roche est de granite, et que celle du Drackenfels est aussi primordiale.

ration et cette décomposition qu'on remarque dans tous les terrains de roches cornéennes ou feldspathiques: on y voit entre autres des cristaux de feldspath passé à un état analogue à celui du kaolin.

Le Drackenfels est une montagne de forme conique, ou plutôt pyramidale très-escarpée du côté du Sud, dont le pied est baigné par le Rhin, et qui est attaché au Wolkembourg par une espèce de barre plus basse d'un quart environ que les sommets des deux montagnes. Le Wolkembourg a également la forme conique; son sommet tronqué présente un creux qui donne l'idée d'un cratère; mais, ainsi que l'observe fort bien M. Deluc, ce creux est le résultat du travail de l'homme, et l'on aperçoit encore les petites ruelles pratiquées dans les prétendues lèvres de ce cratère, par où les carriers exportaient leurs matériaux. Ces mêmes carriers, en jetant continuellement leurs débris sur les flancs du cône, y ont formé des amas qui, vus de loin, ressemblent à une coulée de lave. Cependant, quoique rien n'annonce l'action du feu dans ces deux montagnes, et que leur stratification semble exclure l'idée que cet agent ait concouru à leur formation, il ne serait point absolument hors de toute possibilité qu'elles eussent une origine volcanique, puisqu'elles se trouvent au milieu des montagnes balsatiques, et font, pour ainsi dire, système avec elles. Car il est bon de remarquer que le nom des *Sept Montagnes* donné à ce groupe, vient probablement des souvenirs attachés à ce nombre, puisque ces

Forme, etc.  
de ces deux  
montagnes.

élévations font partie d'une chaîne qui se prolonge des deux côtés du Rhin.

Basaltes.

J'ai déjà prévenu qu'en rangeant les basaltes prismatiques dans la formation trappéenne, je ne prétendais pas en tirer d'induction en faveur de leur origine neptunienne plutôt que vulcanienne; il ne m'appartient pas d'entrer dans cette discussion: je me bornerai à la simple exposition des faits, et j'observerai en outre, que tout ce que je dirai des terrains volcaniques, sera encore plus imparfait que les autres parties de ce Mémoire: j'ai peu étudié cette branche de la géologie, et je n'ai pas encore vu d'autres volcans que ceux qui font le sujet de cet article.

Etendue où ils se trouvent.

Le terrain basaltique occupe dans le Nord-Est de la France, un espace qu'on peut représenter comme un parallélogramme, dont un des petits côtés est appuyé sur le Rhin, pris de Coblenz à Bonn (Rhin-Moselle); le grand côté septentrional peut être ensuite tracé par une ligne dirigée au Sud-Ouest de Bonn, au canton de Cronembourg (Ourthe), d'où l'on tirerait une troisième ligne à peu près parallèle au Rhin, qui se rapprocherait de la Moselle, au canton de Witlich (Sarre). Enfin le parallélogramme serait fermé par le cours de cette rivière jusqu'à son embouchure dans le Rhin.

Cet espace est loin d'être formé exclusivement de basalte; la masse du terrain y appartient, au contraire, à d'autres formations, principalement à celle des ardoises, et à quel-

ques portions de terrain bituminifère et de grès rouge.

Il est inutile de donner ici une description minéralogique de ces basaltes; ils ressemblent aux autres basaltes prismatiques si souvent décrits par les auteurs, c'est-à-dire, que ce sont des pierres dures compactes extrêmement tenaces, dont la cassure est irrégulière, légèrement grenue, la couleur d'un noir-bleuâtre, qui sont recouvertes d'une espèce d'écorce altérée remplie de cavités bulleuses: ces cavités s'étendent quelquefois dans l'intérieur du basalte, qui alors ressemble à une lave poreuse; mais j'ai cru remarquer que ces pores sont souvent souillés de matières terreuses, tandis que ceux des laves poreuses sont ordinairement très-propres. Le péridot granuliforme olivâtre y est quelquefois si abondant, que la masse ressemble à un porphyre; on y trouve aussi des cristaux noirs d'amphibole, peut-être même du pyroxène et du mica.

Leur nature.

Ces basaltes sont ordinairement sous la forme de prismes, dont la grosseur, le nombre des pans, la régularité, etc. sont sujets à beaucoup de variations; mais ce n'est en général que lorsque les cônes ont été déchirés par une cause quelconque, qu'on y distingue facilement les beaux effets que produisent l'arrangement presque symétrique de ces prismes, posés à côté les uns des autres, sous des angles qui varient depuis le plan horizontal jusqu'au plan vertical; car les parties extérieures sont, comme la plupart des couches ordinaires, traversées par un si grand nombre de fissures

Leur forme.

dirigées en tout sens, qu'on n'y aperçoit que très-peu la forme prismatique.

Il est souvent très-difficile de juger de la position des basaltes par rapport aux couches environnantes, parce qu'une grande partie du pays qu'ils occupent a été bouleversée par l'effet des volcans que je considère comme postérieurs à la formation des basaltes. Il y a cependant un très-grand nombre d'endroits où l'on voit ces basaltes dans ce que j'appelle leur état naturel, c'est-à-dire, sans aucunes traces de volcans secondaires, et notamment dans plusieurs parties des cantons d'Adenau, Luzerat (Rhin - Moselle), Manderscheidt (Sarre), etc. (1). Alors le sol présente l'aspect de plateaux schisteux, au milieu desquels s'élèvent des cônes de basaltes plus ou moins élevés; mais ces cônes ne sont point placés sur le schiste, car non-seulement on voit souvent le basalte s'affleurer; pour ainsi dire, à la surface, ou ne former que des élévations à peine sensibles; mais lorsque le voisinage d'une vallée présente une coupe du terrain, on reconnaît que les basaltes s'enfoncent tout aussi bas que les vallées les plus profondes, et qu'ils sont recouverts par les schistes qui s'élèvent tout le long du cône, sans manifester plus de dérangement que ceux des autres couches inclinées.

Ils sont placés sous les ardoises.

(1) Dans la principauté de Nassau - Using, entre les bourgs d'Unkel-sur-le-Rhin et de Neustadt-sur-la-Veed-Bach, on trouve aussi un très-grand nombre de ces cônes basaltiques, sans aucunes autres traces de volcanisation.

Il y a des exemples que les basaltes se trouvent, sous l'apparence d'une couche, disposés parallèlement aux couches schisteuses: j'ai entre autre observé ce fait entre Kelberg, canton d'Ulmen, et Nohn, canton d'Adenau (Rhin-Moselle); mais ce cas est excessivement rare, et partout où on peut apercevoir la jonction des schistes avec les basaltes, on voit que les premiers posent toujours leurs feuillettes, ordinairement verticaux, sur les prismes des seconds. C'est cette position que j'ai voulu indiquer par la place que j'ai donné aux basaltes, dans mon système de formation, sans vouloir affirmer qu'ils aient été réellement formés avant les ardoises; car cette priorité d'origine n'est de rigueur que dans l'hypothèse naptunienné, et on conçoit que dans la supposition contraire, la force expansive des volcans peut avoir soulevé les ardoises de manière à recevoir les cônes basaltiques dans l'intérieur de leurs masses.

Mais dans l'un et l'autre cas, je crois qu'il n'y a point de doute que les basaltes n'aient été formés avant l'érosion qui a creusé les vallées qui sillonnent actuellement le terrain d'ardoise, et à plus forte raison ceux de calcaire bitumineux et de grès rouge; car lorsque les cônes basaltiques se trouvent sur le bord de ces vallées, ils sont brisés, déchirés, etc. tout de même que les ardoises. Quelquefois lorsque les vallées sont étroites, les parties de ces cônes se correspondent des deux côtés; d'autres fois, lorsqu'ils sont moins avancés dans la vallée, leur base demeure intacte et même recouverte de schiste; c'est no-

Ils sont plus anciens que les vallées.

tamment le cas du Landscroon, montagné du canton de Remagen (Rhin-Moselle), peu éloigné du Rhin, qui est encore soudée d'un côté aux plateaux environnans, et où le basalte est recouvert de schiste jusqu'aux deux tiers environ de sa hauteur: mais du côté de la vallée, ce schiste ne doit former qu'une légère enveloppe, puisqu'un petit éboulement qui a eu lieu au pied du cône, montre le basalte à découvert, fait qui me paraît indiquer qu'il y a entre les basaltes et les schistes une certaine adhérence qui a empêché l'éboulement total de l'enveloppe schisteuse lors du creusement de la vallée.

Il arrive aussi que les masses basaltiques ont tellement éprouvé les effets de ces causes érosives, qu'elles ont absolument perdu leur disposition conique. Je citerai entre autre une colline située entre Strohn et Hontheim, canton de Wittlich (Sarre), qui se présente sous la forme allongée et arrondie si commune dans les terrains de calcaire grossier, et une petite butte enfermée comme une île dans la vallée du Lisser, près de Daun (Sarre), dont le sommet taillé en plateau est bordé par une crête vive, formée de prismes perpendiculaires, qui rappellent ces beaux accidens connus sous le nom de *Chaussée des Géans*.

Enfin, avant de quitter les basaltes, j'indiquerai une formation de sphéroïdes de cette substance, qui a lieu journalièrement près de Bertrich-Bath, canton de Luzerat (Rhin-Moselle). On y voit le long de la rivière d'Isbach des prismes verticaux, dont la base est ordi-

Basaltes  
sphéroï-  
daux.

nairement baignée par les eaux qui y déterminent une espèce d'exfoliation, s'il est permis de s'exprimer de la sorte: le prisme commence à se fendre dans le sens perpendiculaire à son axe, ensuite les arêtes de ces fragmens se décomposent successivement jusqu'à former de véritables boules qui finissent par s'écrouler, mais qui demeurent néanmoins comme empilées les unes au-dessus des autres pendant un certain tems. On sent bien que cette observation ne peut se faire que lorsque les eaux sont très-basses.

On emploie ces basaltes à faire des pavés, des bornes, et même pour la bâtisse, quand on n'a pas d'autres pierres; sa grande ténacité ne permet presque pas de le tailler: la carrière la plus célèbre est celle d'Unkel, canton de Remagen (Rhin-Moselle), qui a été décrite pour la première fois par M. Collini (1).

Les sources médicinales ou eaux minérales, sont extrêmement abondantes dans la région basaltique: toutes participent plus ou moins des propriétés des célèbres eaux de Selters, sur la rive droite; la plupart sont situées au pied de cônes basaltiques: les plus connues sont celles de Godesberg près Bonn, et de Thunnenstein près d'Andernach. Il existe aussi à Bertrich-Bath, canton de Luzerat (Rhin-Moselle), des eaux thermales.

Sources  
médicina-  
les.

La formation ardoisière de l'Eiffel occupe

Formation  
ardoisière.

(1) *Journal d'un Voyage, ou Observations sur les Agates, les Basaltes, etc.* Mannheim, 1776.

à peu près le même espace que les basaltes ; cependant , du côté de l'Est , elle ne va pas au-delà des cantons d'Ulmén et d'Adenau ( Rhin-et-Moselle ) ; mais au Nord elle s'étend dans le canton de Rheimbach , où il paraît qu'il n'existe point de basalte.

Elle y a en général les mêmes caractères qu'en Ardenne. Les couches schisteuses semblent cependant un peu plus rarement bleuâtres , et ne diffèrent pas du schiste argileux d'une manière aussi tranchée que celles de l'Ardenne ; elles se montrent cependant dans plusieurs endroits sous la forme de véritable ardoise , et sont exploitées pour couvrir les toits , principalement dans le canton de Kaiser-Echs ( Rhin-et-Moselle ). Les couches quartzzeuses y sont les mêmes qu'en Ardenne : je n'y ai seulement point aperçu de brèches , et je crois que les grès y sont plus communs et les quartz grenus plus rares.

Il n'est point encore à ma connaissance , qu'on ait observé des corps organisés dans les basaltes et dans les ardoises de la région qui nous occupe. A l'égard des dernières , on doit être très-circonspect à admettre les témoignages qui pourraient annoncer l'existence de ces corps , à cause de la grande ressemblance de certaines ardoises grises avec les schistes argileux de la formation bituminifère qui les avoisinent , et qui pourraient fort bien avoir poussé quelques lambeaux au milieu des collines d'ardoise.

L'analogie entre les terrains de formation ardoisière de l'Eiffel , et ceux des rives droites

Ardoises à couvrir.

Quartz.

Point de corps organisés.

Métaux.

de la Moselle et du Rhin , indique qu'il doit y exister aussi des filons métalliques , tels que fer , cuivre et plomb : je n'y connais aucune exploitation.

Entre les ardoises de l'Ardenne et celles de l'Eiffel , on trouve une chaîne de chaux carbonatée bituminifère , qui s'élève hors de la plaine de la Roër , au Sud de Zulpich , et qui s'étend ensuite vers le midi sur une longueur de près de 12 myriamètres , et une largeur d'environ 20 kilomètres , jusqu'au-delà de Prum ( Sarre ) , où elle s'enfonce sous le grès rouge.

Cette chaîne a les plus grands rapports avec celle qui longe l'Ardenne du côté du Condros. Le calcaire bituminifère y est semblable ; il alterne de même avec le schiste argileux gris qui passe au schiste rouge et au grès.

Mais un autre rapprochement plus important , est la grande abondance de filons métalliques. Le fer oxydé se trouve à peu près dans toute l'étendue de la chaîne ; il y appartient en général aux variétés rubigineuses et terreuses , quelquefois hématites. Un caractère qui le fera distinguer de la plupart des autres minerais de cette espèce , c'est qu'il contient beaucoup de manganèse qui le colore très-souvent en noir ou brun foncé. On y trouve même du manganèse oxydé pur et cristallisé. Ces minerais alimentent une grande quantité de hauts fourneaux et de forges , qui fournissent du fer de très-bonne qualité.

De même que dans la chaîne occidentale , le plomb sulfuré accompagne aussi le fer oxydé :

Formation bituminifère.

Mines de fer oxydé très-abondantes.

Plomb sulfuré.

on cite notamment une mine de ce métal à Ambleyteisen (1), canton de Blanckenheim (Sarre).

Une circonstance qui établit une grande différence entre cette chaîne calcaire, et celles qui se trouvent dans les autres parties du Nord de la France, c'est qu'elle est traversée par les terrains basaltique et volcanique qui, au canton de Cronembourg, s'approchent de l'Ardenne.

Le grès rouge se trouve dans deux parties.

1°. au Nord-Est.

Le grès rouge existe dans le Sud-Est et le Nord-Est de l'Eiffel : de ce côté il constitue un petit bassin qui s'étend dans une partie des cantons de Schleyden (Ourthe), Gemund, Froitzheim et Duren (Roër), sur une longueur de plus de deux myriamètres, recouvrant à l'Est le calcaire bituminifère que nous venons d'examiner, à l'Ouest les ardoises de l'Ardenne, et s'affaissant au Nord sous les plaines de la Roër.

Liaison entre ce grès et les couches inclinées.

J'ai déjà indiqué que ce grès appartenait aux formations en couches horizontales, et qu'il était le plus ancien de ces terrains ; aussi il participe un peu des propriétés des terrains en couches inclinées, et sa jonction avec ces derniers est loin de présenter ces différences tranchées que nous avons remarquées entre la craie et le terrain bituminifère. On y voit, au contraire, des espèces de passages ; les premières couches de grès sont souvent un peu inclinées, et elles présentent quelquefois un phénomène assez remarquable : ce sont des couches qui,

(1) Duhamel, *Journal des Mines*, t. XV, p. 322.

pour rétablir le niveau, se terminent en pointe, et font à peu près l'effet de ce que les maçons appellent *lits d'affleuremens*. Ces couches inférieures sont ordinairement minces et argileuses, et se rapprochent ainsi des grès et des schistes des terrains inclinés, qui souvent prennent eux-mêmes une couleur rougeâtre qui les fait ressembler au grès rouge proprement dit. C'est avec les schistes et grès du terrain bituminifère, que cette transition est presque insensible : du côté des ardoises, les premières couches horizontales sont souvent des espèces de brèches grossières, souillées d'argile avec des fragmens plus ou moins gros d'ardoise. Après les premières couches irrégulières ou feuilletées, viennent les véritables couches de grès rouges en assises horizontales et très-épaisses, qui deviennent quelquefois des brèches, c'est-à-dire, qu'elles empâtent des cailloux quartzeux ordinairement arrondis, et plus abondans dans la partie inférieure de l'assise, que dans la partie supérieure. La couleur ordinaire de cette pierre est un rouge-brun qui tire sur le pourpre. Les dernières couches de ce bassin sont souvent blanches, et recouvertes par des amas de sables et de cailloux arrondis.

Les premières couches toujours irrégulières.

Elles passent quelquefois à l'état de brèche.

Mais un fait digne d'exciter la curiosité du géologiste et du métallurgiste, c'est que cette formation, ordinairement dépourvue de minerais métalliques, recèle ici une mine de plomb des plus abondantes ; c'est celle de Bleiberg, canton de Gemund (Roër), qui est très-bien connue actuellement par la bonne description

Mine de plomb de Bleiberg.

que vient d'en donner M. d'Artigues (1). Ce minéral existe dans les couches blanches ; c'est un plomb sulfuré granuleux, disséminé par globules plus ou moins gros, dans un grès très-peu adhérent qui s'égrène facilement. Ce terrain plombifère se retrouve dans plusieurs autres parties de ce petit bassin, où il a donné lieu à plusieurs exploitations.

2°. Grès rouge du Sud-Est.

Les grès rouges de la partie méridionale de cette région ne sont que l'extrémité ou plutôt des lambeaux détachés de ceux que nous verrons dans le Luxembourg : on peut considérer l'espace qu'ils occupent, comme un triangle dont la base s'étendrait des environs de Witlich (Sarre) ; à ceux d'Atzfeld (Forêts), et dont le sommet serait à Steffeler, canton de Cronembourg (Ourthe). Ils ne se trouvent jamais dans cet espace que par taches sur les parties élevées des plateaux ; le fond des vallées montre toujours les couches inclinées.

Rareté des corps organisés.

Les corps organisés sont si rares dans les grès rouges, que je n'ai pas encore pu en découvrir. Mais M. Wolf (2) a trouvé à Steffeler, dans des couches de cette substance très-bien

(1) *Journal des Mines*, t. XXII, p. 341. Voyez aussi les notes de M. le Noir, *id.* t. XI, p. 190, et t. XV, p. 157.

(2) M. Wolf est un artiste de Spa, qui vend, sous le nom de *Cabinet minéralogique du département de l'Ourthe*, de petites collections très-intéressantes, car elles contiennent les minéraux qui existent dans la Flandre, le Condros, l'Ardenne et le Riffel. Il est aussi l'auteur d'une très-bonne *Carte géologique du département de l'Ourthe*, sur laquelle il a indiqué les diverses formations de terrains, les produits minéraux et industriels, etc.

prononcées, des empreintes de coquilles qui paraissent voisines des térébratules.

Le terrain volcanique, proprement dit, se renferme dans les mêmes limites que les basaltes, mais il n'abonde pas également dans toute l'étendue où existent ces derniers. On peut même le considérer comme formant deux groupes aux deux extrémités du terrain basaltique.

Terrain volcanique. Limites.

Le premier de ces groupes, qui est assez généralement connu sous le nom de *volcans éteints d'Andernach*, s'étend peu au-delà des cantons d'Andernach, Mayen et Wehr (Rhin-Moselle). Comme on a de très-bonnes descriptions de la plupart de ces volcans dans les ouvrages de MM. Collini, Deluc, Faujas de Saint-Fond et Cordier, je ne ferai qu'en rappeler ici les principaux traits.

Groupe d'Andernach.

En considérant ces produits volcaniques sous le rapport de leur situation géologique actuelle, on peut y distinguer deux grandes divisions : ceux qui se trouvent dans l'état où les a laissés la fluidité ignée, et ceux qui paraissent avoir été déposés ou du moins remaniés par un liquide.

Parmi les premiers se rangent les laves poreuses, dont une des modifications les plus importantes est celle qui sert à la fabrication des meules, et qui est très-répondue dans le commerce, sous le nom de *Pierre meulière du Rhin*. On l'extrait principalement dans les environs de Nieder-Mennich, canton de Mayen, où il y a de magnifiques carrières très-bien connues par un Mémoire de M. Faujas de

Lave poreuse.

Pierre meulière.

Elle est en prismes irréguliers.

Saint-Fond (1). Cette lave est criblée d'une infinité de petits pores. Il est difficile de se refuser à l'idée qu'elle ne soit formée d'une pâte analogue à celle des basaltes, dont elle a la couleur et une partie de la ténacité. Elle est traversée par des fissures verticales qui la divisent en prismes, qui n'ont aucune apparence de régularité, et qui sont quelquefois très-considérables. Elle forme ordinairement des coulées recouvertes de différentes couches de tuff. Les laves poreuses et les scories volcaniques existent aussi en fragmens isolés épars sur le sol, dont la grosseur varie depuis celle de petits globules jusqu'à des blocs de plusieurs mètres cubes.

Substances contenues dans les laves.

Ces laves renferment diverses substances minérales, telles que le feldspath limpide et cristallisé, l'amphibole, le mica, le péridot, le quartz, une substance bleue qu'on avait d'abord prise pour un spinelle, mais qui est cette espèce nouvelle (la haüyne) que M. Neergaard a fait connaître sous un nom qui sera toujours cher aux personnes qui cultivent la minéralogie (2) : M. Cordier y a aussi observé le pyroxène, etc.

(1) *Annales du Muséum d'Hist. nat.*, t. I, p. 181.

(2) *Journal des Mines*, t. XXI, p. 365, et *Journal de Physique*, t. LXV, p. 464. M. Nose vient cependant de découvrir dans ces laves, des cristaux de deux autres substances minérales différentes de la haüyne, et qu'il croit appartenir à des espèces nouvelles beaucoup plus rapprochées du spinelle,

En

En considérant les matières volcaniques remaniées par les eaux, sous le rapport des usages auxquels leur état d'aggrégation les rend susceptibles, on pourrait appeler *brèches volcaniques*, celles formées de fragmens pierreux assez adhérens pour servir de pierre de taille. Le *tuff volcanique* de ce pays est célèbre dans les arts sous le nom de *trass d'Andernach*, ou plus improprement *terrasse de Hollande*. On sait qu'il est extrêmement avantageux pour les constructions hydrauliques, et qu'il donne lieu à un commerce très-important : on l'exploite dans un grand nombre d'endroits des cantons d'Andernach et de Mayen : on extrait aussi à Bell, canton Mayen, une autre modification du tuff qu'on emploie à faire des fours, d'où elle a emprunté le nom de *pierre à four* (*bacofstein*).

Matières volcaniques remaniées par les eaux.

La masse principale de toutes ces couches est une matière grisâtre, qui ne laisse pas d'avoir certains rapports avec les schistes des environs, et qui renferme un grand nombre de substances minérales ; ce sont en général les mêmes espèces que dans les laves poreuses ; et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est une grande quantité de pierres ponce blanches, qui sont sur-tout très-communes dans les terres qui recouvrent cette partie de la vallée du Rhin. Le tuff contient aussi des fragmens de charbon à tissu ligneux (1), des morceaux d'ardoise de grès, etc. Le sable attirable, que les belles recherches de M. Cordier nous ont fait connaître

Nature, etc. de ces substances.

(1) Blumenbach, *Journal des Mines*, t. XVI, p. 23. Deluc, *Lettres, etc.*, tome IV, page 261.

comme une nouvelle modification du fer, que ce minéralogiste appelle *fer titané*, est très-commun dans ces cantons.

Aspect, etc.  
du terrain  
volcanique.

Ces terrains volcaniques s'étendent de la vallée du Rhin jusqu'au sommet des montagnes, ou pour mieux dire, entre Andernach et Mayen; ils constituent presque exclusivement le sol de la plaine et des montagnes; ils y forment des élévations coniques très-considérables; toute la surface a une apparence bouleversée. Un des endroits les plus dignes d'attention, est le célèbre étang de l'Abbaye du Laach ou Closter-Laach, qu'on a comparé à un cratère, mais que M. De-luc trouve trop considérable pour lui attribuer cette origine: en effet, ce serait un immense cratère qu'un creux qui a plus de cinq kilomètres de tour à sa base, et dont les rebords sont élevés de plus de 200 mètres. En général, il paraît que la plupart des bouches qui ont vomis ces matières volcaniques ont été bouchées par d'autres catastrophes.

Les terrains volcaniques sont postérieurs au creusement des vallées.

J'ai dit qu'il n'était pas démontré que les basaltes eussent été formés avant les ardoises, mais qu'il était certain qu'ils avaient précédé le creusement des vallées. Quant au terrain qui nous occupe actuellement, il n'y a pas de doute qu'il ne soit postérieur aux ardoises, et tout me porte à croire qu'il est plus récent que le creusement des vallées: d'abord partout où l'on aperçoit le point de jonction, on voit qu'il recouvre toujours les ardoises, et qu'il descend, pour ainsi dire, le long de ces dernières depuis les plateaux les plus élevés jusqu'aux endroits les plus enfoncés; de sorte que pour concevoir ce fait dans la supposition contraire, il faudrait

imaginer que l'action des volcans eût d'abord enlevé une partie des ardoises, et formé des espèces d'entonnoirs qui se seraient remplis en partie par les produits volcaniques. Mais une autre observation qui me paraît laisser peu de doute à cet égard, c'est la grande quantité de tuff volcanique qui constitue le sol des vallées; car des couches aussi tendres eussent été enlevées jusqu'à une grande profondeur par les catastrophes violentes qui ont eu assez de force pour déchirer et emporter les couches dures de quartz et de schistes; ensuite elles eussent été recouvertes par les cailloux roulés et autres débris que forme le sol de la vallée en dessus et en dessous du terrain volcanique.

D'un autre côté, l'état actuel de ce terrain annonce qu'il a aussi éprouvé l'action de quelques catastrophes violentes, qui ont débouché les gorges comblées par les éruptions, qui en ont creusé de nouvelles au milieu des cônes volcaniques, qui ont mis à nu ces énormes morceaux de laves qui reposent sur le sol, etc. La déposition du tuff en couches horizontales semble aussi indiquer que les matières qui le constituent ont été rejetées au milieu d'un liquide; mais ce liquide devait être déjà très-différent de ceux qui ont déposé les couches de calcaire horizontal qui paraît ne point exister dans cette région.

Recherches sur le temps où ces volcans étaient en action.

D'après ces observations, s'il m'était permis de hasarder une idée sur l'époque où ces volcans étaient en activité, je dirais qu'il faut la chercher entre la formation des derniers terrains secondaires, et la dernière révolution qui a agi sur la surface de notre globe.

Volcans de  
la Kill.

Les volcans de la partie orientale de l'Eiffel ont, pour ainsi dire, été découverts par M. De-thier, qui les a fait connaître (1) sous le nom de *Volcans éteints de la Kill supérieure* : ils paraissent former aussi un groupe particulier, qui serait en général renfermé par une figure elliptique qui comprendrait les cantons de Daun, Gerolstein, Lyssendorf (Sarre), et la commune de Steffeler, canton de Cronenbourg (Ourthe).

Le terrain où ces volcans ont agi n'est plus, comme à Andernach, composé d'ardoise ; il appartient en général à la formation bituminifère et à celle du grès rouge. Les produits volcaniques y présentent aussi quelques différences ; les laves poreuses y sont toujours formées d'une pâte analogue à celle des basaltes, mais leur porosité n'est plus la même ; les petits pores presque réguliers des meules de Niedermeneich sont remplacés par des cavités beaucoup plus considérables, et irrégulièrement réparties dans la masse ; on les emploie également à faire des meules, mais la grandeur des cavités les rend peu propres à moudre le blé ; et c'est principalement pour les moulins qui préparent les écorces destinées aux tanneries qu'elles sont recherchées : on fabrique beaucoup de ces meules à Houffezheim, près de Roqueskill, canton de Gerolstein (Sarre).

Laves po-  
reuses.

Scories.

Les scories y sont en général plus noires

(1) Coup-d'œil sur les Volcans éteints de la Kill supérieure. Paris, an 11, Marchant.

que celles d'Andernach, et ressemblent encore plus à *de la pierre brûlée*, comme disent les paysans. Il en est de même d'une espèce de *brèche volcanique* noire, nommée *pierre à four*, et qui est différente de la pierre à four de Bell. Les brèches volcaniques semblent en général plus abondantes sur les bords de la Kill que sur les rives du Rhin : on les y emploie non-seulement à la bâtisse, mais on en fait encore des meules de mauvaise qualité.

Brèches.

Quoique les tuffs volcaniques soient aussi très-abondans dans ces cantons, on n'en tire aucun parti ; ce qui provient plutôt du défaut de débouchés que de leur nature.

Tuff.

Je ne sache pas qu'on ait encore observé le feldspath et la hauyne parmi les produits de ces volcans ; l'absence des pierres ponceuses, si communes à Andernach, est encore un caractère distinctif ; mais le péridot, l'amphibole, le mica, etc. y sont très-communs ; on y trouve quelquefois des masses de péridot graniforme très-considérables. Les tuffs contiennent souvent des fragmens de schistes et de grès rouge.

Minéraux  
contenus  
dans les  
produits  
volcani-  
ques.

Tout annonce que ces volcans ont agi à la même époque que ceux d'Andernach ; mais il paraît qu'ils n'ont jamais eu la même force d'action que ces derniers. Le terrain qu'ils occupent n'est pas aussi complètement volcanisé ; il n'est presque pas d'endroits où on ne puisse découvrir les couches ordinaires en dessous ou à côté des matières qui ont été modifiées par le feu ; les cônes volcaniques n'y sont pas aussi considérables ni aussi pressés les uns à côté des autres, etc.

Epoque et  
intensité de  
ces volcans.

Glacière  
naturelle.

Les bords de la Kill présentent une de ces curiosités naturelles qui paraissent toujours tenir du prodige aux yeux du vulgaire ; c'est une grotte pratiquée dans une brèche volcanique qui, ayant son ouverture au Nord, offre le phénomène des glaciers naturels ; la glace qui s'y accumule vers la fin de l'hiver et le commencement du printemps, s'y conserve pendant tout l'été, et ne disparaît entièrement qu'à la fin de septembre. Cette grotte est située près de Rode, canton de Gerolstein.

Volcans de  
Bertrich-  
Bath et  
d'Ulmen.

Quoique presque tous les volcans éteints de l'Eiffel se rattachent à ces deux groupes, il en existe encore quelques-uns isolés dans les autres parties du terrain basaltique, tels sont ceux de Bertrich-Bath, canton de Luzerat (1), et d'Ulmen : ce dernier, toutefois, fait presque partie du groupe de la Kill, mais il est remarquable, parce qu'il paraît que la force du feu souterrain y était beaucoup moins intense que dans les autres volcans ; on n'y aperçoit que des couches horizontales de tuff ou de grève qui semblent formées de schistes pulvérisés : on y voit beaucoup de fragmens de ces schistes très-peu altérés ; enfin on n'y trouve rien de fondu ni de vitrifié.

Faiblesse  
de ce der-  
nier.

Terrain  
meuble.

Il est inutile d'ajouter que le terrain meuble est très-peu abondant dans la partie élevée de l'Eiffel ; mais il n'en est pas de même dans la vallée du Rhin et la plaine du département de la Roër. Cette plaine aurait presque mérité de former une petite région particulière. Pour se

La plaine  
de la Roër.

(1) *Journal des Mines*, n<sup>o</sup>. 55.

la représenter, il faut concevoir que les terrains élevés et montagneux qui s'étendent entre le Rhin et la Meuse éprouvent un affaissement subit vers Bonn, Aix-la-Chapelle et Visé, près Liège, et que tout l'espace inférieur n'est plus couvert que de débris. D'après la nature de ce travail, qui envisage plutôt la constitution géologique du pays que son aspect, j'ai dû partager cette belle plaine. Ainsi la partie septentrionale, formée de sable comme la Campine, a été réunie à cette région. La partie Sud-Est où l'on retrouvait le calcaire horizontal et le terrain bitumineux, devait se répartir entre la Flandre et le Condros. Enfin il restait une troisième portion qui, par sa position au pied des montagnes de l'Eiffel, annonce que ces débris doivent y recouvrir le même terrain que celui qui constitue le sol de ces montagnes. Cette opinion est d'autant plus probable, qu'on retrouve au-delà du Rhin, dans le grand-duché de Berg, des couches analogues à celles que nous avons vues sur la rive gauche, et notamment des houilles, etc.

Les débris de cette plaine recèlent des amas très-intéressans qu'il me suffit d'indiquer, parce qu'ils sont très-bien connus par la description de M. Faujas de Saint-Fond (1). Je veux parler du lignite des environs de Bruhl (Roër), répandu dans le commerce sous le nom de *terre d'ombre de Cologne*. La principale exploitation est celle de Liblar : on l'em-

Lignite de  
Liblar.

(1) *Journal des Mines*, n<sup>o</sup>. 36 ; *Annales du Muséum d'Hist. nat.*, tome I, page 445.

ploie non-seulement à la peinture, mais son principal usage est comme combustible : on y trouve des troncs presque entiers de gros arbres monocotylédons, etc.

Tourbe. On extrait de la tourbe ordinaire sur les terrains volcaniques des cantons de Gerolstein, etc.

(La suite au Numéro prochain.)

## D I C T I O N N A I R E

A L L E M A N D - F R A N Ç A I S ,

*CONTENANT les termes propres à l'exploitation des mines, à la minéralurgie et à la minéralogie, avec les mots techniques des sciences et arts qui y ont rapport; suivi d'une table des mots français indicative des mots allemands qui y répondent (1).*

*Ouvrage dédié à MM. les Membres du Conseil des Mines et Usines de l'Empire français.*

Par J. B. BEURARD, Agent du Gouvernement sur les Mines de mercure du ci-devant Palatinat, Membre et Correspondant de plusieurs Sociétés savantes.

Paris, de l'Imprimerie de Madame HUZARD, rue de l'Eperon, n°. 7. 1809.

L'AUTEUR avait composé ce Dictionnaire pour son usage particulier. C'est d'après l'avis de personnes éclairées, qu'il s'est décidé à le livrer à l'impression dans la vue de faciliter la lecture des ouvrages publiés en Allemagne sur

(1) Gros volume in-8°. à deux colonnes, Petit-Romain plein, grande justification, beau papier; l'impression est soignée. Se trouve chez M<sup>me</sup>. Huzard, Libraire, rue de l'Eperon-St.-André-des-Arts, n°. 7; et chez MM. Treutel et Würtz, Libraires, rue de Lille, n°. 17, et à Strasbourg, même maison.

tout ce qui concerne les mines. La langue allemande est en effet celle dans laquelle on a le plus écrit sur la minéralogie, la géologie, l'exploitation des mines, la métallurgie, et sur les sciences qui s'y rapportent. L'étude en est devenue indispensable à ceux qui par état ou par goût désirent approfondir les matières dont ces sciences se composent. — M. Beurard réunit à un grand usage de l'idiôme allemand la connaissance de la minéralogie et de ce qui est relatif à l'art des mines. Les connaissances qu'il possède sur ces objets importans ne sont pas seulement le fruit de l'étude dans le cabinet ; il les a recueillies en voyageant dans les contrées de l'Allemagne les plus célèbres par des exploitations de mines : un séjour habituel sur de semblables établissemens, la nature même des fonctions qui lui sont confiées depuis plus de quatorze ans, lui ont fourni les moyens de tirer un parti avantageux des observations qu'il a été à portée de faire dans ses voyages. — Il a eu à sa disposition le tems nécessaire pour mûrir et perfectionner par la réflexion des connaissances qu'il est allé puiser à leur véritable source ; il avait donc tout ce qu'exigeait de lui la tâche qu'il s'est imposée. Pour atteindre le but vraiment utile qu'il s'est proposé, il s'est attaché à faire connaître la vraie signification des termes techniques employés par les auteurs allemands qui ont traité de la chimie, de la minéralogie, de la géologie, de l'exploitation des mines, de la métallurgie, etc. ; celle de certaines expressions et façons de parler en usage parmi les mineurs,

les ouvriers des usines ; celles spécialement consacrées aux opérations minéralurgiques, et que l'on chercherait en vain dans les Dictionnaires. Il a joint aux définitions exactes des choses des phrases courtes extraites des auteurs allemands, lesquelles ont le double avantage d'éclairer, de justifier le sens que l'auteur attache aux mots, et d'aider beaucoup la mémoire.

M. Duhamel, ancien Inspecteur des mines, Membre de l'Institut de France, a publié en l'an IX un Dictionnaire portatif allemand-français, en un volume in-8<sup>o</sup>. de deux cent vingt pages ; mais quoique cet ouvrage réponde à la réputation justement méritée de cet estimable savant, il ne renferme que les mots relatifs à l'exploitation des mines et à la métallurgie. Quant au *Bergmanischer Wörterbuch*, imprimé à Chemnitz en 1779, il ne peut servir qu'à ceux qui savent la langue allemande, et d'ailleurs il est devenu incomplet, par les progrès que la science a faits depuis cette époque. Le Dictionnaire que nous annonçons embrasse une plus grande étendue, et c'est le seul dans ce genre qui ait aujourd'hui le mérite de se trouver au niveau de l'état actuel des sciences dont il y est parlé, l'auteur n'ayant laissé échapper aucune occasion de faire connaître les découvertes les plus récentes, et parmi les opinions différentes, celles qui sont les plus célèbres ou les mieux fondées.

On sent bien qu'un ouvrage de cette nature n'est guère susceptible d'analyse ; il suffira de lire les articles *feld, flötz, gang, gestein, la-*

*ger, ofen, schacht, stein, steinkohlen, steinsalzgrube, stollen, thal, thon, trapp, trumm, vulcan* et autres, pour prendre une idée avantageuse de la manière dont l'auteur a su rendre son travail utile (1). — M. Beurard avait cru pouvoir admettre, ainsi que l'a fait M. Reuss, les termes d'astronomie, de géographie, mathématiques, physique, etc... les plus essentiels à connaître : il les avait d'abord placés indistinctement parmi les autres dans leur ordre alphabétique ; mais ces termes n'ayant point un rapport direct avec les sciences, qui sont l'objet principal de son Dictionnaire, on a jugé plus convenable d'en faire le sujet d'un supplément avec un titre particulier, dans la vue que cela pouvait être agréable à beaucoup de personnes. On en a usé de même pour les termes relatifs aux nouveaux poids et mesures devenus d'un usage exclusif dans toute l'étendue de l'Empire français. — Une table alphabétique des mots français indicative des mots allemands qui y répondent termine l'ouvrage ; chaque mot français y est suivi d'un ou plusieurs noms allemands, sous lesquels se trouveront les principales expressions et façons de parler, soit de mineurs, soit d'artistes, rapportées dans l'ouvrage. J. T.

(1) Nous regrettons que les bornes de ce Journal ne nous aient pas permis d'en rapporter ici quelques-uns.

## A N N O N C E S

CONCERNANT les Mines, les Sciences et les Arts.

### I. ANNALES FORESTIÈRES,

Faisant suite au Mémorial forestier.

ON sait qu'au moment où l'administration générale des forêts a été organisée, M. Goujon a commencé à publier, par feuilles détachées, un ouvrage qui a été connu sous le nom de *Mémorial forestier*.

L'objet du *Mémorial forestier* était de faire connaître les lois, arrêtés, réglemens, etc. qui concernent les forêts.

Le *Mémorial forestier* date de l'an 1801 ; il a été continué jusques et compris l'année 1807. Il forme cinq volumes dont chacun a sa table particulière.

Cet ouvrage, dont on a reconnu l'utilité dès les premiers momens, a été recherché avec un tel empressement, que l'édition du second et du troisième volume se trouve aujourd'hui épuisée.

Nous ne devons pas omettre de dire ici que ce qui n'a pas peu contribué à donner un grand intérêt à l'ouvrage dont nous parlons, c'est le soin qu'on a pris de publier une table générale et raisonnée des matières que renferment les cinq volumes qui composent la collection complète du *Mémorial*.

L'accueil favorable que le *Mémorial forestier* a reçu du public, et le désir qu'on avait de donner à cet ouvrage

le degré de perfection dont on l'avait jugé susceptible, ont suggéré l'idée de faire reparaitre ce même ouvrage sous une nouvelle forme, et d'adopter pour sa rédaction un nouveau plan.

L'ouvrage qui fera suite au Mémorial, paraîtra sous le titre d'*Annales forestières*.

Les livraisons des *Annales* se feront par cahier de trois feuilles au moins.

L'ordre qu'on a adopté pour la distribution des matières est tel, que chaque cahier sera toujours divisé en deux parties principales, l'une nommée *réglementaire*, et l'autre *économique*.

La première partie (la partie réglementaire) aura quatre sections; savoir, 1°. *Législation*; 2°. *Jurisprudence*; 3°. *Dispositions administratives*; 4°. *Explications*.

La seconde partie (la partie économique) aura seulement deux sections; savoir, 1°. *Statistique forestière*; 2°. *Améliorations*.

Les rédacteurs des *Annales* ne négligeront rien pour se mettre à portée de remplir le plan qu'ils se sont tracé, de manière à répondre à l'attente du public. Les renseignements dont ils auront soin de s'entourer, et les différentes sources dans lesquelles ils puiseront sont des garans assurés que les *Annales forestières* seront généralement goûtées, et que non-seulement elles seront lues avec intérêt par MM. les Agens forestiers, mais encore que leur utilité, déjà démontrée, se fera mieux sentir aux personnes qui sollicitent de l'emploi dans l'administration forestière, à celles qui ont des rapports avec cette autorité, aux propriétaires de forêts, aux maîtres de forges, aux directeurs d'usines, enfin à tous ceux qui se livrent au commerce des bois.

*Nota.* Chaque cahier qui, comme nous l'avons dit, renfermera trois feuilles au moins, offrira sur son enveloppe la table des matières qu'il contiendra, et à la fin de chaque année on fournira la table du volume. Le volume se composera de 400 pages environ.

Le prix de l'abonnement, pour le volume de 400 pages, qui sera expédié par la poste (franc de port), sera de 7 fr.

Les lettres d'avis et l'argent, que l'on enverra par les Directeurs des Postes, doivent être affranchis et adressés à M. Arthus Bertrand, Libraire, rue Haute-Feuille, n°. 23, à Paris.

L'Editeur des *Annales* invite MM. les Agens forestiers à faire parvenir au même Libraire (et franc de port), les Notes et les Mémoires qu'ils jugeront de nature à trouver place dans les *Annales*.

## II. Note sur la suppression de la Tire dans la fabrication des étoffes façonnées; par M. JACQUARD, de Lyon.

On appelle *Tire*, l'opération par laquelle un ouvrier ou ouvrière fait monter et descendre des appareils appelés *lacs*, qui portent chacun un certain nombre de fils de la chaîne, destinés à former le dessin sur les étoffes façonnées, tandis que l'ouvrier principal exécute les opérations communes à la fabrication de ces étoffes et à celle des étoffes unies. Une de ces opérations consiste à élever et à abaisser successivement les fils de la chaîne dont se forme le tissu général, on le fond de l'étoffe, ce que fait cet ouvrier en appuyant le pied sur une pédale. Le problème à résoudre pour qu'il pût exécuter seul l'étoffe façonnée comme l'étoffe unie, était donc de faire en sorte qu'en élevant et en abaissant alternativement les fils destinés au fond de l'étoffe, il fit aussi monter et descendre, tantôt tels lacs, tantôt tels autres, suivant que l'exigeait le dessin. On avait tenté, avant M. Jacquard, plusieurs moyens pour atteindre ce but; mais les métiers où l'on en faisait usage n'avaient point été admis dans les fabriques. On voit au Conservatoire des arts et métiers, celui qu'avait imaginé Vaucanson. Un cylindre, percé de trous disposés d'après la nature du dessin, tourne à mesure que l'étoffe est fabriquée; et, suivant que des crochets mobiles adaptés aux lacs entrent dans ces trous, ou sont repoussés par la partie pleine de la surface cylindrique, une tringle horizontale, qui monte et descend avec

la pédale , élève les lacs , ou les laisse à leur place. L'invention de M. Jacquard consiste principalement à avoir remplacé ce cylindre par une chaîne sans fin , composée de rectangles de carton , où sont percés les trous que Vaucanson plaçait sur la surface cylindrique. La réunion de ces rectangles forme une surface prismatique , dont chaque face se meut comme à charnière sur les deux faces voisines , et s'applique successivement sur les faces égales d'un prisme à jour , dont la rotation détermine le mouvement de la chaîne sans fin : on évite par là les inconvéniens du cylindre dont le volume embarrassant , joint à la difficulté de changer de dessin chaque fois qu'on commence une étoffe nouvelle , n'avait pas permis que les ouvriers en adoptassent l'usage. Ce changement se fait presque sans frais sur le métier de M. Jacquard , puisqu'il ne s'agit que de changer des bandes de carton , dont les trous se font promptement et facilement à l'aide d'un emporte-pièce ; aussi depuis deux ans que ce métier est connu , on en a établi plus de soixante dans la seule ville de Lyon , et il y en a quelques-uns sur d'autres points de l'Empire.

---

## JOURNAL DES MINES.

---

N<sup>o</sup>. 144. DÉCEMBRE 1808.

---

SUR LA

DOUBLE RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.

DANS LES CRISTAUX DIAPHANES.

Par M. LAPLACE.

LA lumière , en passant de l'air dans un milieu diaphane non cristallisé , se réfracte de manière que les sinus de réfraction et d'incidence sont constamment dans le même rapport ; mais lorsqu'elle traverse la plupart des cristaux diaphanes , elle présente un singulier phénomène , qui fut d'abord observé dans le cristal d'Islande , où il est très-sensible.

Un rayon lumineux qui tombe perpendiculairement sur une des faces naturelles de ce cristal , se divise en deux parties : l'une traverse le cristal sans changer de direction ; l'autre s'en écarte dans un plan parallèle au plan mené perpendiculairement à la face , par l'axe du cristal , c'est-à-dire , par la ligne qui joint les sommets de ses deux angles solides obtus. Cette division du rayon a généralement lieu , relativement à une face quelconque

Volume 24.

C c

naturelle ou artificielle, et quel que soit l'angle d'incidence: une partie suit la loi de la réfraction ordinaire; l'autre partie suit une loi de réfraction extraordinaire reconnue par Huyghens, et qui, considérée comme un résultat de l'expérience, peut être mise au rang des plus belles découvertes de ce rare génie. Il y fut conduit par la manière dont il envisageait la propagation de la lumière, qu'il supposait formée par les ondulations d'un fluide éthéré. Dans les milieux diaphanes ordinaires, la vitesse de ces ondes était, suivant lui, plus petite que dans le vide, et la même dans tous les sens. Mais il imaginait dans le cristal d'Islande deux espèces d'ondulations: dans l'une, la vitesse était la même suivant toutes les directions, comme dans les milieux ordinaires; dans l'autre, cette vitesse était variable, et représentée par les rayons d'un ellipsoïde de révolution aplati, dont le centre serait au point d'incidence du rayon lumineux sur la face du cristal, et dont l'axe serait parallèle à l'axe du cristal. Huyghens avait encore reconnu que, pour satisfaire à l'expérience, il fallait représenter la vitesse des ondulations relatives à la réfraction *ordinaire*, par le demi-petit axe de l'ellipsoïde; ce qui lie d'une manière très-remarquable, les deux réfractions *ordinaire* et *extraordinaire*. Ce grand géomètre n'assignait point la cause de cette variété d'ondulations; et le singulier phénomène qu'offre la lumière en passant d'un cristal dans un autre, et dont nous parlerons à la fin de ce Mémoire, est inexplicable dans son

hypothèse. Cela joint aux grandes difficultés que présente la théorie des ondes de lumière, a fait rejeter par Newton et la plupart des physiciens qui l'ont suivi, la loi de réfraction qu'Huyghens y avait attachée. Mais M. Malus ayant prouvé par un grand nombre d'expériences très-précises, l'exactitude de cette loi, on doit la séparer entièrement des hypothèses qui l'ont fait découvrir. Il serait bien intéressant de la rapporter, ainsi que Newton l'a fait à l'égard de la réfraction ordinaire, à des forces attractives ou répulsives, dont l'action n'est sensible qu'à des distances insensibles. Il est en effet très-vraisemblable qu'elle en dépend, et je m'en suis assuré par les considérations suivantes.

Le principe de la moindre action a généralement lieu dans le mouvement d'un point soumis à ce genre de forces. En appliquant ce principe à lumière, on peut faire abstraction de la courbe insensible qu'elle décrit dans son passage du vide dans un milieu diaphane, et supposer sa vitesse constante, lorsqu'elle y a pénétré d'une quantité sensible. Le principe de la moindre action se réduit donc alors à ce que la lumière parvient d'un point pris au dehors, à un point pris dans l'intérieur du cristal, de manière que si l'on ajoute le produit de la droite qu'elle décrit au dehors, par sa vitesse primitive, au produit de la droite qu'elle décrit au dedans, par sa vitesse correspondante, la somme soit un *minimum*. Ce principe donne toujours la vitesse de la lumière dans un milieu diaphane, lorsque la loi de la

réfraction est connue ; et réciproquement il donne cette loi , quand on connaît la vitesse. Mais une condition à remplir dans le cas de la réfraction extraordinaire , est que la vitesse du rayon lumineux dans le cristal , soit indépendante de la manière dont il y est entré , et ne dépende que de sa position par rapport à l'axe du cristal , c'est-à-dire , de l'angle que ce rayon forme avec une ligne parallèle à l'axe. En effet , si l'on imagine une face artificielle perpendiculaire à l'axe , tous les rayons intérieurs *extraordinaires* également inclinés à cet axe , le seront également à la face , et seront évidemment soumis aux mêmes forces au sortir du cristal : tous reprendront leur vitesse primitive dans le vide ; la vitesse dans l'intérieur est donc pour tous la même. J'ai reconnu que la loi de réfraction extraordinaire , donnée par Huyghens , satisfait à cette condition ainsi qu'au principe de la moindre action ; ce qui ne laisse aucun lieu de douter qu'elle est due à des forces attractives et répulsives , dont l'action n'est sensible qu'à des distances insensibles. Jusqu'alors on ne pouvait la considérer que comme étant approchée dans des limites moindres que les erreurs inévitables de l'expérience ; maintenant on doit la considérer comme une loi rigoureuse.

Une donnée précieuse , pour découvrir la nature des forces qui la produisent , est l'expression de la vitesse , à laquelle l'analyse m'a conduit , et que je trouve égale à une fraction dont le numérateur est l'unité , et dont le dénominateur est le rayon de l'ellipsoïde précé-

dent , suivant lequel la lumière se dirige , la vitesse dans le vide étant prise pour unité. Je fais voir que la vitesse du rayon ordinaire est l'unité divisée par le demi-axe de révolution de l'ellipsoïde ; et par ce moyen , la liaison très-remarquable qu'Huyghens avait trouvée par l'expérience , entre les deux réfractions *ordinaire* et *extraordinaire* dans le cristal , est démontrée *a priori* , comme un résultat nécessaire de la loi de la réfraction extraordinaire. La vitesse du rayon *ordinaire* dans le cristal est donc toujours plus grande que celle du rayon *extraordinaire* , la différence des carrés des deux vitesses étant proportionnelle au carré du sinus de l'angle que l'axe forme avec ce dernier rayon. Suivant Huyghens , la vitesse du rayon extraordinaire dans le cristal , est exprimée par le rayon même de l'ellipsoïde ; son hypothèse ne satisfait donc point au principe de la moindre action ; mais il est remarquable qu'elle satisfasse au principe de Fermat , qui consiste en ce que la lumière parvient d'un point donné au dehors du cristal , à un point pris dans son intérieur , dans le moins de tems possible ; car il est facile de voir que ce principe revient à celui de la moindre action , en y renversant l'expression de la vitesse. Ainsi l'on peut déduire également de ces deux principes , la loi de réfraction donnée par Huyghens. Au reste , cette identité des lois de réfraction , déduites de la manière dont Huyghens envisageait la réfraction de la lumière , avec celles que donne le principe de la moindre action , a lieu généralement , quel que soit le sphéroïde

dont les rayons, suivant lui, expriment la vitesse de la lumière dans l'intérieur du cristal; ce que je démontre très-simplement de la manière suivante.

Huyghens considère un rayon (*voy. la pl. XI*)  $RC$ , tombant sur une face naturelle ou artificielle  $AFEK$  du cristal d'Islande. En menant un plan  $CO$  perpendiculairement à ce rayon, et prenant  $OK$  parallèle à  $CR$ , pour représenter la vitesse de la lumière dans le vide, il suppose que tous les points  $Co'o'O$  de l'onde lumineuse, parviennent en même-tems et suivant des directions parallèles, au plan  $Ki'iI$ , qu'il détermine de cette manière,  $AFED$  est un ellipsoïde de révolution dont  $C$  est le centre, et  $CD$  le demi-axe de révolution, et dont les rayons représentent, suivant Huyghens, les vitesses respectives de la lumière qui suit leurs directions. Il mène par le rayon  $RC$  un plan perpendiculaire à la face, et qui la coupe suivant la droite  $BCK$ ; et par le point  $K$ , il mène dans le plan de la face,  $KT$  perpendiculairement à  $KC$ . Enfin, par  $KT$  il mène un plan  $KI$ , qui touche l'ellipsoïde en  $I$ .  $CI$  est, suivant lui, la direction du rayon réfracté. En effet, il est aisé de voir que dans cette construction, un point quelconque  $o$  de l'onde lumineuse parvient en  $i$ , suivant la ligne brisée  $oci$ , dans le même tems que  $O$  parvient en  $K$ .  $CI$  représentant la vitesse du rayon réfracté, la droite  $CI$  est parcourue dans le même tems que la droite  $OK$ . Nous prendrons ce tems pour unité de tems, et  $OK$  pour unité d'espace. Le point  $o$  parvient en  $c$  dans un tems

proportionnel à  $oc$ , et par conséquent égal à  $\frac{Cc}{KC}$ . Il parvient de  $c$  en  $i$  dans l'intérieur du cristal, dans un tems égal au tems que la lumière emploie à parvenir de  $C$  en  $I$ , multiplié par  $\frac{Kc}{CK}$ , et par conséquent égal à  $\frac{Kc}{KC}$ ,  $ci$  étant parallèle à  $CI$ . En ajoutant ce tems à  $\frac{Cc}{KC}$ , on aura l'unité pour le tems que le point  $o$  met à parvenir en  $i$ .

Prenons  $o'c'$  infiniment près de  $oc$ , et parallèle à cette ligne; le point  $o'$  parviendra en  $i'$  dans une unité de tems. Tirons les droites  $c'o$  et  $c'i$ , et supposons que le point  $o$  parvienne en  $i$ , suivant la ligne brisée  $oc'i$ .  $c'o'$  étant perpendiculaire à  $CO$ , la droite  $c'o$  peut être supposée égale à  $c'o'$ , et les tems employés à les parcourir peuvent être supposés égaux. De plus, le tems employé à parcourir  $c'i$  peut être supposé égal au tems employé à parcourir  $c'i'$ , parce que le plan  $KI$  touchant en  $i$  le sphéroïde semblable au sphéroïde  $AFED$ , dont le centre est en  $c'$ , et dont les dimensions sont diminuées dans la raison de  $Kc'$  à  $KC$ , les deux points  $i$  et  $i'$  peuvent être supposés à la surface de ce sphéroïde. Selon Huyghens, les vitesses suivant  $c'i$  et  $c'i'$  sont proportionnelles à ces lignes; les tems employés à les parcourir sont donc égaux. Ainsi le tems de la transmission de la lumière, suivant la ligne brisée  $oc'i$ , est égal à l'unité, comme suivant la ligne brisée  $oc'i$ : la diffé-

rentielle de ces deux tems est donc nulle ; ce qui est le principe de Fermat.

Il est clair que ce raisonnement a généralement lieu , quelle que soit la nature du sphéroïde et la position des points  $c$  et  $c'$  sur la face du cristal , et quand même ils ne seraient pas sur la droite  $CK$  , pourvu qu'ils en soient infiniment près.

En renversant l'expression de la vitesse , le principe de Fermat donne celui de la moindre action. Les lois de réfraction , qui résultent des hypothèses d'Huyghens , sont donc généralement conformes à ce dernier principe ; et c'est la raison pour laquelle ces hypothèses , quoique fautives , représentent la nature.

Si l'on nomme  $b$  le demi-axe de révolution de l'ellipsoïde d'Huyghens ,  $a$  son demi-grand axe ,  $v$  la vitesse d'un rayon de lumière dans l'intérieur du cristal , et  $V$  l'angle que fait sa direction avec l'axe , le rayon de l'ellipsoïde sera

$$\frac{ab}{\sqrt{a^2 - (a^2 - b^2) \cdot \sin^2 V}}$$

Ainsi la vitesse  $v$  devant être , par le principe de la moindre action , égale à l'unité divisée par ce rayon , on aura

$$v^2 = \frac{1}{b^2} - \left( \frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2} \right) \cdot \sin^2 V.$$

Cette vitesse est la plus petite , lorsque le rayon de lumière est perpendiculaire à l'axe du cris-

tal , et alors elle devient  $\frac{1}{a}$ . Elle est la plus grande , lorsqu'elle est parallèle à cet axe ; et alors elle est égale à  $\frac{1}{b}$ .

Huyghens a reconnu par l'expérience , que  $b$  est le rapport du sinus de réfraction au sinus d'incidence , dans la réfraction ordinaire du cristal d'Islande. Ce résultat très-remarquable , qui lie entre elles les deux réfractions *ordinaire* et *extraordinaire* , est une suite nécessaire de ce que les modifications qui distinguent le rayon ordinaire du rayon extraordinaire ne sont point absolues , mais qu'elles sont uniquement relatives à la position du rayon par rapport à l'axe du cristal. Pour le faire voir , rappelons le singulier phénomène que la lumière présente après son passage à travers un cristal.

En passant dans un cristal , la lumière se divise en deux faisceaux , l'un ordinaire et l'autre extraordinaire , et chacun d'eux sort du cristal sans se diviser. Si l'on conçoit un second cristal placé au-dessous du premier , dans une situation entièrement semblable , alors le rayon ordinaire sera rompu ordinairement en passant dans le second cristal , et le rayon extraordinaire sera rompu extraordinairement. Cela aura lieu généralement si les sections principales des deux faces opposées sont parallèles. On nomme *section principale* d'une face , la section du cristal , par un plan perpendiculaire à cette face , et passant par l'axe du cristal. Mais si les sec-

tions principales sont perpendiculaires entre elles, alors le rayon ordinaire sera rompu extraordinairement en passant dans le second cristal, et le rayon extraordinaire sera rompu ordinairement. Dans les positions intermédiaires, chaque rayon se partagera en deux autres à son entrée dans le second cristal.

Concevons maintenant que l'on présente un rayon rompu ordinairement par un premier cristal, perpendiculairement à un second cristal coupé par un plan perpendiculaire à son axe; il est clair qu'une inclinaison infiniment petite de l'axe sur la face d'incidence, suffit pour changer ce rayon en rayon extraordinaire. Or, cette inclinaison ne peut qu'altérer infiniment peu l'action du cristal, et par conséquent la vitesse du rayon dans son intérieur; cette vitesse est donc alors celle du rayon extraordinaire, et par conséquent elle est égale à  $\frac{1}{b}$ ; ce qui revient au résultat d'Huyghens; car on sait que la vitesse de la lumière dans les milieux diaphanes ordinaires, exprime le rapport des sinus d'incidence et de réfraction, sa vitesse dans le vide étant prise pour unité.

Le principe de la moindre action peut servir encore à déterminer les lois de la réflexion de la lumière; car quoique la nature de la force qui fait rejaillir la lumière à la surface des corps soit inconnue, cependant on peut la considérer comme une force répulsive qui rend en sens contraire à la lumière, la vitesse qu'elle lui fait perdre, de même que l'élasticité restitue aux corps en sens contraire, la vitesse

qu'elle détruit. Or, on sait que dans ce cas, le principe de la moindre action subsiste toujours. A l'égard d'un rayon lumineux, soit ordinaire, soit extraordinaire, réfléchi par la surface extérieure d'un corps, ce principe se réduit à ce que la lumière parvient d'un point à un autre, par le chemin le plus court de tous ceux qui rencontrent la surface. En effet, la vitesse de la lumière réfléchie est la même que celle de la lumière directe; et l'on peut établir en principe général, que lorsqu'un rayon lumineux, après avoir éprouvé l'action de tant de forces que l'on voudra, revient dans le vide, il y reprend sa vitesse primitive. La condition du chemin le plus court donne l'égalité des angles de réflexion et d'incidence, dans un plan perpendiculaire à la surface, ainsi que Ptolémée l'avait déjà remarqué. C'est la loi générale de la réflexion à la surface extérieure des corps.

Mais lorsque la lumière, en entrant dans un cristal, s'est divisée en rayons ordinaire et extraordinaire, une partie de ces rayons est réfléchie par la surface intérieure à leur sortie du cristal. En se réfléchissant, chaque rayon, soit ordinaire, soit extraordinaire, se divise en deux autres; en sorte qu'un rayon solaire, en pénétrant dans le cristal, forme par sa réflexion partielle, à la surface de sortie, quatre faisceaux distincts dont nous allons déterminer la direction.

Supposons d'abord les surfaces d'entrée et de sortie, que nous nommerons *première* et *seconde* face, parallèles; donnons au cristal

une épaisseur insensible, et cependant plus grande que la somme des rayons des sphères d'activité des deux faces. Dans ce cas on prouvera, par le raisonnement qui précède, que les quatre faisceaux réfléchis n'en formeront sensiblement qu'un seul, situé dans le plan d'incidence du rayon générateur, et formant avec la première face, l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. Restituons maintenant au cristal son épaisseur; il est clair que dans ce cas, les faisceaux réfléchis, après leur sortie par la première face, prendront des directions parallèles à celles qu'ils avaient prises dans le premier cas: ces faisceaux seront donc parallèles entre eux et au plan d'incidence du rayon générateur; seulement, au lieu d'être sensiblement confondus, comme dans le premier cas, ils seront séparés par des distances d'autant plus grandes, que le cristal aura plus d'épaisseur.

Maintenant, si l'on considère un rayon quelconque intérieur sortant en partie par la seconde face, et en partie réfléchi par elle en deux faisceaux, le rayon sorti sera parallèle au rayon générateur; car la lumière, en sortant du cristal, doit prendre une direction parallèle à celle qu'elle avait en y entrant, puisque les deux faces d'entrée et de sortie étant supposées parallèles, elle éprouve en sortant l'action des mêmes forces qu'elle avait éprouvées en entrant, mais en sens contraire. Concevons par la direction du rayon sorti, un plan perpendiculaire à la seconde face; et dans ce plan, imaginons au dehors du cristal une droite

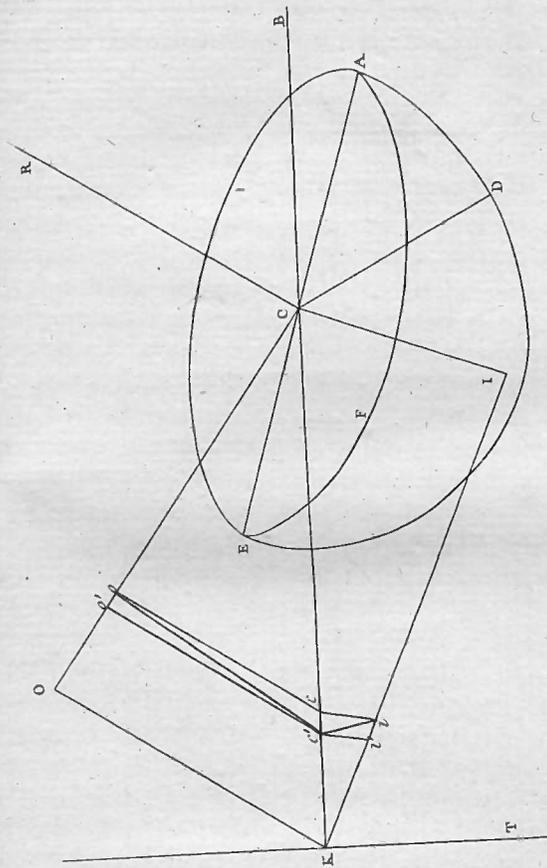
passant par le point de sortie, et formant avec la perpendiculaire à la face, mais du côté opposé à la direction du rayon sorti, le même angle que cette direction; enfin, concevons un rayon solaire entrant suivant cette droite dans le cristal. Ce rayon se partagera à son entrée, en deux autres qui, au sortir du cristal par la première face, prendront des directions parallèles au rayon solaire avant son entrée par la seconde face: elles seront visiblement parallèles aux directions des deux faisceaux réfléchis; ce qui ne peut avoir lieu qu'autant que les deux rayons dans lesquels se divise le rayon solaire en entrant par la seconde face, se confondent respectivement dans l'intérieur du cristal avec les directions des deux faisceaux réfléchis. Or, la loi d'Huyghens donne les directions des rayons dans lesquels le rayon solaire se divise; elle donnera donc aussi celles des deux faisceaux réfléchis dans l'intérieur du cristal.

Si les deux faces du cristal ne sont pas parallèles, on aura par la même loi les directions des deux rayons dans lesquels le rayon générateur se divise en pénétrant par la première face: on aura ensuite, par cette loi, les directions de chacun de ces rayons à leur sortie par la seconde face: ensuite, la construction précédente donnera les directions dans l'intérieur, des quatre faisceaux réfléchis par cette face: enfin, par la loi d'Huyghens, on conclura leurs directions au sortir du cristal par la première face. On aura donc ainsi tous les phénomènes de la réflexion de la lumière par les surfaces des cristaux diaphanes. M. Malus

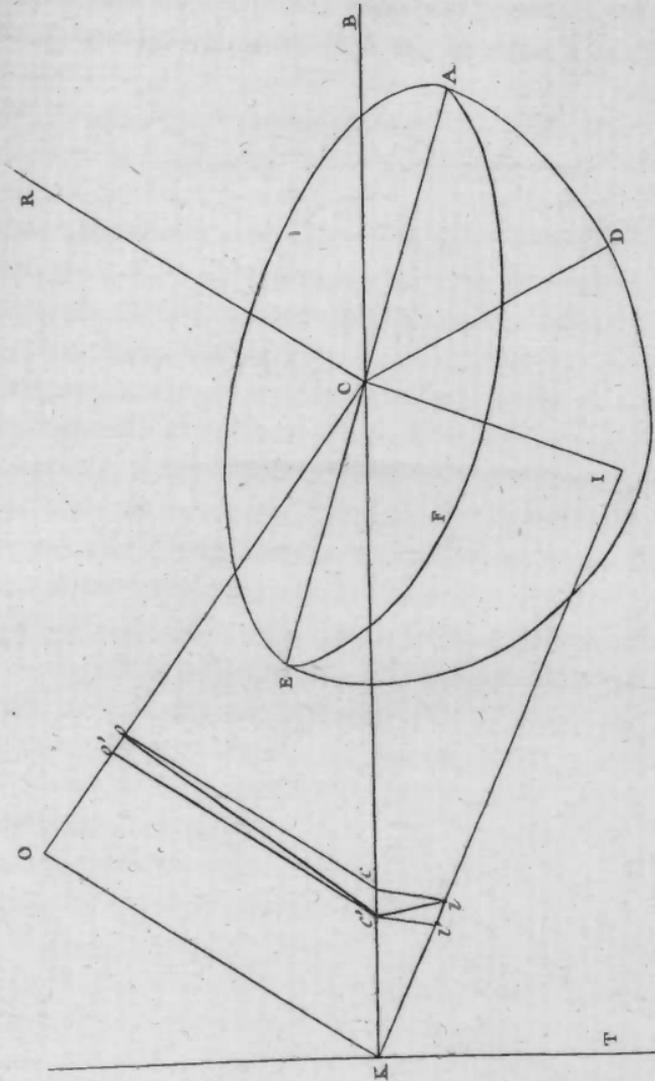
## 414 DOUBLE RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE, etc.

a le premier reconnu ces lois de réflexion de la lumière, et il les a confirmées par un grand nombre d'expériences. Leur accord avec le résultat du principe de la moindre action, achève de démontrer que tous ces phénomènes sont dus à l'action de forces attractives et répulsives.

## RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE.



REFRACTION DE LA LUMIERE .



## DESCRIPTION MINÉRALOGIQUE

*Du Département de la Haute - Garonne.  
( Première Notice ).*

Par M. BROCHIN, Ingénieur en chef des Mines.

LE département de la Haute-Garonne, si l'on en excepte l'arrondissement de Saint-Gaudens, ne présente à l'attention du minéralogiste, que des terrains adventifs, de transport ou d'alluvion, composés de couches horizontales d'argile, de marne et de sable siliceux plus ou moins mélangé avec les autres terres; c'est le dépôt formé par les dernières révolutions : on n'y trouve point de bancs pierreux solides, si ce n'est vers les limites du département.

Aperçu géologique.

Carte de Cassini, n<sup>o</sup>. 38.

Argile.

La nature ayant refusé aux habitans de cette contrée des matériaux solides pour la construction de leurs habitations, l'art a dû suppléer à ce défaut; la fabrication des briques est donc pour le département de la Haute-Garonne un des principaux objets de l'industrie; on y trouve à chaque pas des fourneaux pour la cuisson de la terre argileuse; mais l'art de la briqueterie, malgré son importance pour ce département, y paraît généralement mal exercé. J'ai remarqué (et je ne suis probablement pas le premier qui ait fait cette remarque) deux défauts essentiels dans la préparation et la cuisson.

Fabrication des briques.

Défauts de  
cette fabri-  
cation.

La terre que l'on emploie à la confection des briques est l'argille grise, mélange naturel d'alumine et de silice en proportions variables; mais cette argille se trouve de plus accidentellement mêlée de terre sablonneuse et de marne ou de terre calcaire, dont les élémens se distinguent dans la masse. Cette hétérogénéité que l'on peut faire disparaître par un bon corroyage de la substance, est cependant encore très-sensible dans les briques, ou au moins dans la plupart des briques fabriquées dans ce département, parce que l'on y économise la main-d'œuvre: cependant ce défaut rend la brique susceptible d'une assez prompte destruction; elle devient bientôt caverneuse, et l'incohérence de la composition donne prise à l'action des agens atmosphériques; aussi observe-t-on que dans la plupart des constructions, le mortier résiste beaucoup plus que les briques qui sont souvent dégradées très-profondément.

Ce défaut est encore plus sensible lorsque la brique est incomplètement cuite, second défaut que l'on remarque ordinairement dans celles fabriquées dans le département de la Haute-Garonne; les briques y ont généralement une consistance médiocre: je crois que l'on doit attribuer ce second défaut à la rareté du bois dont le prix commande l'économie, mais n'autorise pas une aussi mauvaise fabrication.

Dans un grand nombre de briqueteries, surtout dans celles des environs de Toulouse et du voisinage du Tarn, on pourrait substituer la houille au bois avec beaucoup d'avantages, sous le rapport de l'économie et sous celui  
d'une

d'une cuisson plus complète. M. Berta (entrepreneur de la fonderie de canons, etc.) fait usage de ce combustible minéral dans la briqueterie qu'il a établie pour l'usage particulier de ses ateliers: cet exemple mérite d'être suivi.

La marne qui se trouve souvent, et à peu de profondeur, sous les couches d'argile ou de sable, est utilement employée à l'amendement des terres; mais les cultivateurs trouveraient de l'avantage à substituer à cet engrai, partout où il y a possibilité, la chaux sulfatée (pierre à plâtre), ou à son défaut, la chaux carbonatée (craie), sur-tout dans les terrains gras, c'est-à-dire argileux: les terrains que baignent les eaux du canal, dans le département de l'Aude, renferment beaucoup de pierre à plâtre; on en exploite également dans celui de la Haute-Garonne, du côté de Saliès, à proximité du Salat: peut-être les avantages qui résulteraient d'essais faits à cet égard, seraient-ils assez sensibles pour couvrir les frais du transport, et la végétation y gagnerait très-probablement.

Outre les couches d'argile et de sable qui composent le fond de ce beau bassin, on y trouve encore fréquemment des bancs de galets, des cailloux roulés de toutes les roches des montagnes voisines du cours de la Haute-Garonne; ces galets sont quelquefois mais faiblement agglutinés par un sable siliceux mêlé de terre calcaire ou argileuse: on les observe principalement sur les bords escarpés des cotteaux qui encaissent la Garonne, de Cazères et au-dessus, jusqu'à Carbonne; ces bancs sont quelquefois très-épais et souvent à une

Marne.

Galets.

assez grande hauteur au-dessus du niveau des eaux.

L'étendue du terrain qu'occupent ces bancs de galets, pourrait donner la mesure des grandes inondations auxquelles ce fleuve a dû être sujet, et leur élévation, celle de l'approfondissement successif de son lit.

Observations géologiques à faire dans le bassin de la Garonne.

La composition de ces terrains donne peu de prise aux observations purement minéralogiques ; mais le géologue s'y arrêtera pour y recueillir et consigner des faits importants relatifs à la géographie physique : il y cherchera, par exemple, si la formation des terrains qui composent le fond du bassin et ses nombreuses collines, est sous-marine, ou bien si elle est le résultat de dépôts successifs causés par des inondations fluviales et locales : l'examen des débris des êtres qui furent organisés, et que l'on doit trouver dans la marne, et même dans les couches sableuses et argileuses, servira à la solution de cette question. Il cherchera encore à connaître s'il existe des bancs alternatifs de galets au-dessous des couches argileuses et marneuses, et en général quelle est la nature des couches, jusqu'aux plus grandes profondeurs où l'on puisse atteindre, et il pourra en tirer des inductions sur le nombre et les époques des grandes inondations qui ont couvert le bassin de la Garonne.

Pierre calcaire.

Dans l'arrondissement de Muret, qui comprend une partie du bassin de la Garonne, ce n'est qu'aux approches de Montbrun, et après avoir passé le ruisseau d'Argain, que l'on trouve la pierre calcaire (chaux carbonatée grossière). Cette pierre, d'une pâte grossière, jaunâtre,

très-fissile, n'est point propre à fournir des pièces d'un certain volume, on ne peut l'employer que comme moellons ; cependant à Montbrun elle se trouve en bancs plus réguliers et moins fissiles.

C'est entre ces bancs de calcaire secondaire que l'on trouve ceux de grès, et les couches schisteuses qui ont donné lieu à quelques recherches relatives à la houille.

Grès et terrains schisteux à Montbrun.

La limite du calcaire et du grès qui lui succède, est à 2 kilomètres au Sud-Ouest de Montbrun, près de la forêt de ce nom : le grès forme une bande saillante que l'on peut suivre de l'œil au milieu des coteaux calcaires, jusqu'à une assez grande distance. Cette bande, dont l'épaisseur n'excède pas 1000 à 1200 mètres, se dirige de l'Ouest-Nord-Ouest à l'Est-Sud-Est, traversant ainsi le territoire de Montfà, dans l'Arriège, dans lequel on la retrouve avec les mêmes circonstances ; la pente des bancs et des couches comprises est vers le Nord-Est, de 75 degrés à peu près.

Dans la partie orientale de la forêt de Montbrun, le terrain présente un bassin coupé de ravins assez profonds qui ont laissé à découvert les couches qui le composent : on y voit un système de couches alternatives d'argile glaise et d'argile micacée, renfermant des veinules minces et sans liaison entre elles, de jayet plus ou moins dur, quelquefois approchant de l'état de la houille par son peu de consistance et sa division en cubes ; mais l'examen fait voir que ce dernier état n'est dû qu'à l'humidité qui a pénétré ce combustible, au point de le rendre friable dans quelques morceaux. Ce système de

Jayet dans l'argile schisteuse.

couches est recouvert par des bancs de grès jaunâtre friable dans le ravin, mais solide lorsqu'il est à l'abri de l'humidité, comme on le voit dans les blocs isolés et exposés à l'air libre et sec. Ce grès est légèrement micacé : le banc sur lequel repose le système argileux est un grès à grains fins, blanchâtre, très-micacé, et au-dessous on retrouve la même espèce de grès qu'au toit : l'épaisseur totale des couches comprises dans le grès, est de 10 mètres.

J'ai observé ces caractères de composition, également dans la partie occidentale où l'on avait fait une excavation, et dans la partie opposée du même bassin. Peu satisfait de cette découverte qui, malgré les premières apparences, ne promet que du jayet disséminé et dans un état d'altération qui le laisse hors d'usage, j'ai cherché à reconnaître si cette bande de grès ne renfermerait pas dans son épaisseur d'autres systèmes de couches schisteuses parallèles aux premières. Comme les bancs et les couches sont presque verticaux, ils présentent leurs tranches à la surface du terrain, et cette recherche n'exige alors qu'une inspection superficielle, ou que de simples tranchées : je me suis donc dirigé vers le Sud-Ouest pour observer les bancs dans l'ordre inférieur, par rapport aux couches reconnus; j'ai suivi les ruisseaux, les ravins qui se trouvent dans cette direction, et partout où le terrain n'est pas trop couvert et ainsi soustrait à l'observation, j'ai trouvé la même espèce de grès, mais je n'ai plus trouvé d'argile schisteuse, ni aucune trace qui pût en faire soupçonner l'existence, non plus que celle de la

Inutilité  
des recherches de  
houille à  
Montbrun.

houille qu'elle pourrait accompagner. Quoique le terrain soit souvent très-couvert, cependant des couches d'une substance qui se prête facilement à l'action destructive des torrens, se seraient décelées par les ravins qui s'y seraient formés, ou par des fragmens entraînés par les eaux; mais je n'ai rien vu qui puisse faire espérer aucun succès des recherches que l'on voudrait entreprendre dans ce terrain.

J'ai vu à peu près sur la même direction, mais dans un terrain un peu différent, au Mas-d'Azil (Arriège), des indices de houille très-propres à encourager les recherches; mais bien qu'ils intéressent essentiellement le département de la Haute-Garonne par leur proximité, leur description appartient à la statistique minéralogique du département de l'Arriège.

La plaine de la Garonne se rétrécit sensiblement vers Cazères et Martes; l'élévation des coteaux des deux rives du fleuve augmente en même-tems, et le terrain calcaire commence à se montrer près de la limite occidentale de l'arrondissement de Muret, vers Boussens (rive gauche du Salat).

Les montagnes auprès de Saint-Martory renferment des bancs de pierre calcaire (chaux carbonatée compacte) blanche, d'une pâte très-fine et homogène : cette pierre assez tendre et d'une belle blancheur, lorsqu'elle est nouvellement extraite et taillée, jaunit après une longue exposition à l'air. Il paraît que sa nature ne la rend pas propre à acquérir une dureté suffisante, ce qui est une des qualités essentielles des pierres à bâtir. Ces bancs, qui s'étendent dans la direction du Sud-Est au

Pierre calcaire à St.-Martory.

Nord-Ouest, sont recouverts au Sud-Ouest par des bancs de grès siliceux à grains fins, jaunâtre, éteincelant sous l'acier, et cependant d'une médiocre dureté : la pierre à chaux blanche s'emploie dans les constructions civiles, à Saint-Martory et dans les environs ; mais on fait usage du grès dans les fondations, ainsi que pour les ponts et autres constructions qui exigent plus de solidité : ces bancs de grès paraissent se lier avec ceux que j'ai observés sur la même direction à Touille et au-delà des limites du département ; mais ceux-ci accompagnent d'autres couches de terrain qui méritent une attention particulière (1).

Schistes argileux, sur les rives du Salat, terrain à houille.

Grès.

Pierre à plâtre.

Recherches à faire pour la houille.

La côte assez élevée qui règne sur la rive droite du Salat à Touille et au-dessus (canton de Saliès, arrondissement de Saint-Gaudens), est composée de couches d'argile schisteuse plus ou moins feuilletée, noire ou gris-noirâtre, alternant entre elles et avec des bancs de calcaire compacte ; le grès grisâtre présentant quelquefois des teintes bleuâtres dues au bitume, recouvre cette succession de bancs ; ce grès est lui-même recouvert par des bancs de chaux sulfatée (pierre à plâtre), que l'on exploite, sur-tout à Saliès ; ces divers bancs se dirigent sur 10 heures de la boussole, ou à peu près du Nord-Ouest au Sud-Est, et inclinent de 15 à 20 degrés vers le Sud-Ouest.

Je n'ai pas vu de houille dans ce terrain,

(1) Il existe aussi des bancs d'argile entre les grès et le calcaire à Saint-Martory, mais c'est de l'argile glaise compacte.

mais tout indique ou du moins me fait soupçonner ici l'existence de ce combustible, et je regarde ces indices comme suffisants pour devoir encourager à y faire des travaux de recherches ; ces travaux peuvent d'ailleurs se faire à très-peu de frais, parce que les couches se présentent de manière à former des angles très-ouverts avec le plan d'inclinaison des coteaux, et que leurs tranches doivent se montrer au jour, ou très-près du jour : dans les ravins, et partout où la culture et les débris des terrains supérieurs ne les masquent pas, il suffirait ainsi de pratiquer sur plusieurs points convenablement choisis, quelques tranchées perpendiculaires à la direction des couches, pour reconnaître promptement ce que l'on peut espérer.

Ce terrain à houille a une grande étendue ; on en peut suivre les traces depuis la rive gauche du Salat, vers Montsaunès, jusqu'au-delà de Montesquieu, dans le département de l'Arriège, arrondissement de Saint-Girons. L'avantage de la situation que j'indique sur le bord du Salat, à l'endroit où commence la navigation, doit être un puissant motif pour stimuler le zèle des propriétaires ou des capitalistes.

Je ferai remarquer en passant, que le gisement de ces couches schisteuses est à très-peu près le même que celui des couches d'argile et de jayet à Montbrun.

Les environs de Touille sont la seule localité que je puisse indiquer dans le département de la Haute-Garonne, comme pouvant donner lieu à des recherches de houille ; elle se trouve à peu de distance de la lisière des terrains

granitiques et en deçà : les terrains d'alluvion qui couvrent le bassin de la Garonne, ne permettent pas d'y soupçonner l'existence de ce précieux combustible.

Mines de fer d'Arbas et de Portet.

Le canton d'Aspet renferme des mines de fer à Arbas et au territoire de Portet ; celle de Portet est le fer sulfuré décomposé, ou fer hépathique, riche en fer : j'en ai recueilli, entre autres, un échantillon qui présente un groupe de cristaux incomplets, dont la forme est le dodécaèdre, forme qui appartient à la pyrite ou fer sulfuré (1).

Essayées sans succès. Moyens d'en tirer parti.

On a essayé l'emploi de ce minerai à la forge de Touille, mais sans succès ; le fer qui en provenait refusait de se forger complètement. Cette espèce est sujette à renfermer de la pyrite peu ou point décomposée, et le soufre qu'elle contient et qui résiste en partie à l'action du feu, s'oppose au rapprochement des molécules du fer, et l'on ne réussira jamais à employer avec succès cette mine, si l'on ne la mêle dans le creuset avec quelque substance propre à détruire l'adhérence du soufre au fer. On pourrait employer à cet effet la chaux qui a beaucoup d'affinité pour le soufre ; il suffirait de concasser avec le minerai, de la pierre calcaire, et de rendre le mélange aussi complet

(1) Ce minerai, lorsqu'il est amorphe, se rapproche beaucoup, par ses caractères extérieurs, du fer oxydé concrétionné ; il en a la dureté, l'éclat, et sa couleur est le noir de fer mêlé d'un peu de rouge : il se trouve en masses irrégulières ou indéterminées dans la chaux carbonatée compacte.

que possible ; l'expérience ferait bientôt connaître les proportions convenables : on trouverait encore de l'avantage à substituer à la pierre calcaire du fer spathique (chaux carbonatée ferrifère), si l'on pouvait s'en procurer facilement ; mais une opération préalable à la réduction, serait celle du grillage répété, non sur le minerai seul, mais sur son mélange avec la pierre à chaux. Je ne doute pas qu'en procédant, ainsi que je viens de l'indiquer, on ne puisse tirer parti des mines de fer d'Arbas et de Portet qui, comme je l'ai dit, sont riches en métal.

On a autrefois employé à la forge d'Arbas la mine de cette contrée (1), en la mêlant avec celle de Vicdessos ; mais je pense que ce mélange ne devait pas être fait indistinctement avec toutes les variétés de Vicdessos : l'hématite, par exemple, n'est pas propre à corriger le vice du minerai d'Arbas et de Portet.

En reprenant le cours de la Garonne, on trouve dans les environs de Montrejeau, dans le premier groupe de montagnes qui se présente à l'entrée de la vallée de Verdun (carte de Casini, n°. 75), auprès de Gourdan, des bancs calcaires : on a tiré de cette montagne une espèce de marbre blanc d'une pâte fine et homogène, mais traversé de veines lamelleuses d'un blanc plus clair. Je suis porté à croire que cette pierre serait susceptible de poli : on

Cours de la Garonne dans les Pyrénées. Pierre calcaire.

Marbre blanc.

(1) J'ai su, depuis la rédaction de ce Mémoire, que le même minerai avait autrefois alimenté une forge qui existait alors dans les environs de Fos, vallée de Saint-Béat.

l'a employée à la construction du beau pont de la Broquière sur la Garonne.

Marbre noir.

Vers Saint-Bertrand, les bancs qui succèdent présentent une pierre calcaire, espèce de marbre d'un beau noir, lamelleux, assez dur, traversé en différens sens de veines blanches également lamelleuses ; il ne paraît pas que l'on ait fait usage de cette espèce de marbre qui serait d'un assez bel effet, mais dont l'exploitation exigerait des précautions, parce que les bancs en sont irréguliers et peu épais. Ces mêmes bancs prennent au-delà le caractère schisteux ; leur direction est à peu près orientale, et leur pente au Sud s'éloigne peu de la verticale.

Mines de cuivre à Estenos.  
Au Mail de Gastetz.

Le territoire d'Estenos renferme plusieurs filons métalliques qui sont dignes d'attention ; le principal est dans la montagne du *Mail de Castetz*, au quartier appelé *Las-Bariz*, près de la fontaine de Portet ; il paraît au jour derrière une butte isolée qui s'élève à l'Ouest du village d'Estenos : ce filon a 16 décimètres d'épaisseur ; sa direction est du Nord-Nord-Ouest au Sud-Sud-Est ; il est presque vertical, ou plongeant fortement vers l'Est ; il est bien réglé, à en juger par les traces à l'extérieur ; on y a fait une attaque de 4 mètres sur la direction ; on y a trouvé du fer sulfuré d'un jaune pâle, en masses et en cristaux, tenant du cuivre, disséminé dans une gangue composée de quartz blanc peu dur, et de chaux carbonatée blanche ou jaunâtre, ferrifère (spath perlé) : le minerai se montre sur toute l'épaisseur du filon. Ce qui indique, indépendamment de tout autre examen, l'existence du cuivre

dans le fer sulfuré, c'est que la gangue est souvent pénétrée d'oxyde vert de cuivre, comme aussi l'état d'altération du fer sulfuré le rapproche de celui du cuivre pyriteux décomposé ou cuivre hépithique. Il y a lieu de penser, comme le dit Dietrich (dans sa *Description des Gîtes de minerai*, etc. tome premier), que la mine de cuivre deviendra plus abondante dans la profondeur : au surplus ce filon a les plus grands rapports avec celui que l'on a exploité à peu de distance dans le territoire de Saléchan.

L'auteur que je viens de citer, Dietrich, indique dans le même territoire, au-dessus du *Pré de Basch* et à peu de distance du précédent, un filon de pyrite ferrugineuse et cuivreuse, sur lequel on avait commencé une attaque. Je n'ai vu au lieu indiqué qu'un filon de quartz blanc, de 2 à 3 décimètres d'épaisseur, et absolument stérile. Ce filon ne peut être celui désigné par Dietrich ; mais mes guides qui ont travaillé, ou vu travailler aux mines de cette contrée, n'en connaissent point d'autre dans cette localité, et je n'ai trouvé ni dans les déblais, ni sur la surface du terrain, aucun indice de minerai.

Au Pré de Basch.

Quoique le filon exploité dans la montagne de Goutan soit dans le territoire de Saléchan, qui est hors des limites du département de la Haute-Garonne, je ne puis cependant m'empêcher d'en parler ici, à cause de son voisinage des filons du territoire d'Estenos, et des co-relations qui existent entre ces filons, et qui sont telles, que leur exploitation ne peut guère être suivie que par une seule société ; de plus,

comme le filon de Goutan a été exploité assez profondément, la description du travail et les observations auxquelles il donne lieu, peuvent être utiles pour l'exploitation des filons d'Estenos qui se trouvent dans les mêmes circonstances.

Mine de  
cuivre ex-  
ploitée à  
Saléchan.

Le filon dont il est ici question, est dans la montagne de Goutan (rive gauche de la Garonne, à l'Ouest de Saléchan), et se montre au jour sur le revers opposé au Nord; il se dirige du Nord au Sud, incline au levant de 80 degrés; il a communément 65 centimètres de puissance, sa gangue est le quartz blanc peu dur, et la chaux carbonatée blanche et souvent ferrifère (spath perlé): le fer sulfuré cuivreux, en masses ou cristallisé, est abondamment répandu dans cette gangue. La roche constitutive de la montagne est ici, ainsi que dans le territoire d'Estenos, un schiste argileux très-silicifère qui passe au grès siliceux à ciment argileux, et devient alors plus dur, plus compacte, et moins susceptible de division; il est assez dur quelquefois pour étinceler par le choc de l'acier; quelques bancs de schiste argileux sont micacés, ou entremêlés de feuillet de mica blanchâtre ou grisâtre. Ces bancs se dirigent à peu près de l'Est à l'Ouest, ainsi le filon leur est perpendiculaire, car il a sa direction sur 12 heures de la boussole.

La lisière ou salbande (parois contiguës à la roche) du filon de Goutan, est une terre grasse argileuse qui se distingue au mur; mais au toit le filon est plus dur, plus quartzeux, et semble souvent se confondre avec la roche. Ce filon est au sur-plus bien réglé et généralement bien encaissé.

Après une vingtaine de mètres de galerie horizontale sur la direction, on a percé un puits vertical, dont la charpente et les échelles sont délabrés, ce qui m'a empêché d'y descendre: on prétend que l'on y a trouvé beaucoup de mine pure, ainsi que dans les travaux en galeries pratiqués au niveau de son sol; la galerie supérieure a été continuée d'environ 50 mètres au-delà du puits; mais on a commis ici une faute étrange, on s'est détourné de la direction, en laissant le filon à droite, et l'on a poursuivi sur une étendue de 15 à 16 mètres dans le toit où le rocher est pénétré de minerai. Il paraît que l'on s'est persuadé que le filon s'appauvrissait; cependant, comme on s'est aperçu qu'il y avait du minerai sur la paroi latérale; à droite de la galerie, on a jugé probablement que ce minerai appartenait à un filon joignant, et on a fait en conséquence un percement qui se trouve perpendiculaire sur le filon, de sorte que l'on a rencontré bientôt le mur, et l'on en est resté là; cette méprise est d'autant plus singulière, que dans cet endroit le filon est très-riche.

La pyrite ferrugineuse de Saléchan contient, suivant les essais qui en ont été faits lors de l'exploitation, 6 centièmes de cuivre; la mine massive exploitée dans le puits, contenait 32 pour 100 en cuivre, et 100 parties de ce métal donnaient une demi-partie d'argent.

A 20 mètres à l'Est de cette exploitation, est un autre filon de mine de cuivre pyriteux, qui se trouve par fois décomposé et réduit à l'état d'oxyde verdâtre; la gangue est quartzeuse, dure, renfermant en outre de l'ocre et du fer

Description  
tion des tra-  
vaux.

Autre fi-  
lon.

hépatique ; ce filon est parallèle au précédent, au moins sur une assez grande étendue, comme on peut le voir par la trace qu'il forme à la surface du terrain ; son épaisseur est de 6 à 7 décimètres ; il plonge verticalement ou à très-peu près. Ce gîte de minerai, qui n'a été l'objet d'aucun travail, mérite attention par lui-même, et par la facilité que sa proximité du précédent procure pour l'exploitation commune.

Analogie entre les filons de Saléchan et ceux d'Estenos.

Si l'on peut juger par l'analogie qui est ici complète, le filon du *Mail de Castetz* à Estenos, qui a l'avantage d'une plus grande puissance, peut être l'objet d'une exploitation brillante ; mais avant d'y former un établissement en grand, il serait prudent de reconnaître ce filon sur plusieurs points, et à une certaine profondeur, et de faire des essais exacts et répétés pour connaître la valeur du minerai, car près du jour ce minerai est pauvre en cuivre ; et si contre toute attente, il ne s'enrichissait pas dans la profondeur, il est douteux que le produit de ce filon puisse remplir les frais de son exploitation toute facile et simple qu'elle doit être.

Schistes et grès micacés.

Les schistes et grès micacés dans lesquels courent les filons dont je viens de parler, succèdent au calcaire entre Balgiri et Saléchan (voyez carte de Cassini, n.º 75) ; le passage en est marqué par une gorge débouchant de la vallée de Barousse. A quelques cents mètres au Sud-Est, on trouve de part et d'autre du fleuve le granite composé en grande partie de feldspath blanc, associé avec du quartz blanc et du mica quelquefois d'un blanc argentin ;

Granite.

mais plus souvent noir, en proportions très-variables.

Le bassin dans lequel se fait la réunion de la rivière de Luchon à la Garonne, est occupé par le calcaire (chaux carbonatée compacte ou lamellaire) qui paraît ici s'appuyer immédiatement sur le granite. C'est dans ces masses calcaires que se trouvent les marbres blancs lamellaires des environs de Saint-Béat, qui sont susceptibles d'un poli assez vif.

Calcaire appuyé sur le granite.

Marbres blancs de St.-Béat.

Au Sud-Ouest et à peu de distance de Cierp, on exploite un marbre calcaire de couleur lie-de-vin plus ou moins foncé, traversé par des veines lamellaires d'un blanc obscur : ce marbre est souvent fissile, ce qui rend le débit en masses un peu considérables, difficile : il a au surplus une teinte généralement obscure.

Marbre rouge de Cierp.

Ces masses calcaires occupent peu d'espace, ou au moins elles sont interrompues dans la vallée de Luchon par un groupe granitique qui, pris isolément, a peu d'étendue, mais qui se rattache à la chaîne principale.

On retrouve ensuite des bancs calcaires dont la direction commune traverse la vallée, mais le gisement de ces bancs varie fréquemment, ce qui est ici l'indice du désordre que l'on remarque à l'approche des grandes chaînes primitives.

Plus loin, le calcaire change de nature, il passe par des nuances presque insensibles à l'état de schiste calcaire argileux en feuillets plus ou moins épais, d'une contexture plus ou moins lâche, alternant avec une espèce de marbre noirâtre à veines spathiques blanches quelquefois très-épaisses, et dont le *minimium*

Passage du calcaire au schiste argileux.

Schiste fer-  
ruginoux.

d'épaisseur est d'un décimètre. Au près de Cazan et de Céer, le schiste est à feuillets plus minces, et renferme beaucoup de fer sulfuré qui à la surface se trouve effleuré à l'état de fer sulfaté en aiguilles blanches (1) : les eaux qui sortent de ces montagnes schisteuses sont ordinairement chargées d'ocre.

Ardoise.

Dans ces montagnes schisteuses, il se trouve des bancs de schiste téguilaire, dont les feuillets plus irréguliers et plus faciles à diviser, sont employés dans les environs comme ardoise.

Schiste ar-  
gilo-magné-  
sien.

En approchant de Bagnères, on voit graduellement la terre calcaire faire place à l'argile; ici la roche composante est le schiste argilo-magnésien et micacé; l'argile y domine et se décèle sur-tout par l'odeur terreuse qu'elle développe: ce schiste est appuyé sur le granite qui règne au Sud de Bagnères.

Roches  
granitiques  
des envi-  
rons de Ba-  
gnères.

Les principales variétés de cette dernière roche que j'ai remarquées sont, 1<sup>o</sup>. roche feldspathique blanche avec quartz blanc et mica noir, la plus commune; 2<sup>o</sup>. roche composée de feldspath blanc en grands cristaux bien prononcés, avec peu de quartz et des veines de mica blanc-argentin en hexagones réguliers; 3<sup>o</sup>. roche composée de feldspath blanc en cristaux distincts, avec amphibole d'un vert noirâtre, etc.

Les environs de Bagnères de Luchon, sont riches en minéraux et en espèces métalliques,

(1) Ce schiste pourrait faire l'objet d'une fabrique importante de couperose verte ou sulfate de fer.

mais

mais les plus importantes que l'on y connaisse, sont dans la région habituelle des neiges, sur des hauteurs impraticables pendant la majeure partie de l'année; cependant il en existe dans la vallée de Luchon qui méritent, sur-tout par leur situation, un examen particulier.

Le filon qui donne le plus d'espoir d'une utile exploitation, est celui que l'on trouve un peu au-dessus et très-près du village de Montauban, sur la rive droite de la rivière. Ce filon se dirige de l'Ouest-Nord-Ouest à l'Est-Sud-Est, et incline vers le Nord-Est de 85 deg. à peu près; il a 4 à 5 décimètres d'épaisseur; sa gangue est le quartz blanc dur et comme scoriifié vers le milieu du filon qui est caverneux; ce quartz renferme de la galène ou plomb sulfuré cubique qui y est plus ou moins disséminé (mine pauvre à bocard), un peu de blende ou zinc sulfuré, mais rare, et du fer sulfuré: ce filon est lié à la roche du côté du mur ou lit, par une veine de fer sulfuré altéré, de 8 à 10 centimèt. d'épaisseur. Le même gîte de minerai, suivant le rapport de Dietrich (auteur déjà cité dans cette Notice), ne présentait que cette dernière substance avant qu'on y eût fait une excavation. La roche constitutive de la montagne est un schiste très-argileux stéatiteux, micacé, dont j'ai parlé plus haut; elle renferme quelques veinules et des grains de pyrite ou fer sulfuré.

La gangue du filon renferme encore des fragmens de la substance propre à la roche, et quelques-uns de ces fragmens semblent se fondre avec le quartz par l'affaiblissement des teintes. C'est presque exclusivement dans ces

Volume 24.

E e

Mine de  
plomb de  
Montau-  
ban.

fragmens que l'on trouve d'abord les pyrites qui accompagnent le plomb (1).

Je n'ai pu suivre la trace du filon sur la montagne (2), parce qu'elle est masquée par le sable schisteux qui s'y est amoncelé; il m'a paru néanmoins bien réglé, et je pense qu'il mérite d'être poursuivi; ce qui deviendrait même indispensable si l'on voulait exploiter les mines de cuivre de cet arrondissement, à raison de l'argent que celles-ci doivent contenir.

Au Sud-Est de Ragnères, à 120 mètres à peu près au Nord-Est de la tour de Castelviel, vallon du Lys, au Sud, et à 40 ou 50 mètres de la grange de M. de la Ferrière de Saint-Mamet, dans une roche feldspathique blanche, quelquefois grisâtre, renfermant du quartz et du mica blancs, j'ai vu une masse quartzeuse dont je n'ai pu déterminer les limites, et qui contient des grains disséminés de pyrite ferrugineuse et cuivreuse, avec un peu de cuivre vert oxydé ou carbonaté en efflorescence: cette masse n'a aucun des caractères propres aux filons, elle est intimement liée au granite. Les gens du pays croyaient à l'existence d'une mine d'or dans cet endroit: il serait possible que la pyrite en contînt; mais elle est tellement dissé-

(1) Cette remarque, toute oiseuse qu'elle puisse paraître d'abord, n'est cependant pas indifférente pour la théorie des filons; le fait qui en est l'objet est un de ceux dont l'explication présente le plus de difficultés dans l'opinion la plus généralement admise, celle du professeur Werner, et de la plupart des géologues français.

(2) Depuis la rédaction de cette Notice, j'ai eu occasion, à la faveur de plusieurs ravins, de reconnaître le filon plombifère de Montauban, sur une étendue de plus de 800 mètr.

Faux indice de mine d'or.

minée et si rare, qu'elle n'est point susceptible d'exploitation.

Je n'ai pu, malgré des recherches exactes, reconnaître le filon de mine de plomb et de cuivre annoncé dans l'ouvrage de Dietrich, comme existant dans la montagne de Montajoux, près du village du même nom, et comme présentant ses affleuremens sur une longueur de 500 toises. Le guide que j'avais pris dans ce village, et qui est un des anciens, m'a conduit sur l'emplacement d'une ancienne excavation aujourd'hui comblée; je n'y ai vu que quelques massifs de quartz très-dur, absolument stérile, et qui ont été déplacés; j'ai en vain cherché quelques traces du filon auquel ils ont dû appartenir, je n'ai trouvé que des débris de la même substance, renfermant très-rarement quelques traces de fer sulfuré décomposé (fer hépatique), mais aucune trace de galène; mon guide m'a assuré que l'on avait très-peu travaillé dans cette montagne, et qu'il ignorait si l'on y avait trouvé de la mine.

Il est probable que quelque éboulement aura fait disparaître les traces du filon. La roche constitutive de cette montagne a les mêmes caractères que celle de la montagne de Montauban, c'est un véritable rocher à filons. Il paraît, d'après les observations de M. de Beust, rapportées par Dietrich, que l'on devait trouver dans la montagne de Montajoux, beaucoup de mine de cuivre carbonaté vert.

Les mines d'Estenós et de Saléchan étaient dans la concession de M. de Gestos, celles de Ragnères de Luchon étaient concédées à une personne, qui faisait un trafic ruineux

Filon perdu à Montajoux.

Observations générales sur les mines précédentes.

pour les mines, de son privilège. Ces mines ont été en général fort peu exploitées; on n'y avait encore établi ni bocards, ni laveries, et l'on n'avait pu par conséquent tirer aucun parti du minerai extrait, si ce n'est du plomb sulfuré ou galène, qui s'emploie dans cet état pour le vernis des poteries.

L'exploitation des mines pourrait être reprise avec d'autant plus d'avantage dans cette partie des Pyrénées, qu'en général les montagnes y sont suffisamment boisées, et que la vigilance de l'administration forestière y a en grande partie détruit les abus qui nuisaient à la reproduction et à la conservation des bois.

Il ne reste de l'établissement qu'avait formé M. de Beust, à Saint-Mamet, près Bagnères, pour la préparation du bleu de cobalt, que des ruines.

Je ne terminerai pas ce Mémoire sans avoir parlé des établissemens minéralurgiques que j'ai vus à Toulouse; mais ici une réflexion m'échappe, c'est qu'il est surprenant que cette ville qui se trouve au centre de la communication des deux mers, qui est chargée d'une grande population presque inactive, possède si peu de grands établissemens industriels! Pour ce qui est de mon ressort, je ne puis citer que l'établissement de la fonderie de canons qui soit très-important. On devra bientôt au zèle actif et aux talens distingués de M. Berta, qui en est l'entrepreneur, la création d'une nouvelle usine, qui présentera un grand degré d'intérêt. Cet artiste s'occupe de construire les laminoirs et autres machines nécessaires sur le canal de la rivière, pour fabriquer le cuivre

Etablis-  
sement de  
Simalt, rui-  
né.

Etablis-  
semens miné-  
ralurgiques  
à Toulouse.

Fonderie  
de canons et  
usine pour  
le laminage  
du cuivre.

en feuilles propres au doublage des vaisseaux: toutes les parties du mécanisme sont parfaitement disposées et dans des proportions bien déterminées, d'après les plans et dessins que M. Berta a eu la complaisance de me faire voir.

Un autre établissement qui pourrait devenir très-utile, est celui que M. Bosc, serrurier, et compagnie, ont formé près de l'Hôpital civil, sur la rive gauche de la Garonne: il consiste dans l'état actuel, 1°. en un martinet à cuivre sous lequel on forge des ustensiles de cuisine, compris avec la forge, dans un atelier séparé; 2°. en un second atelier composé d'une forge et de huit marteaux, dont les formes varient suivant leur destination: on y réduit le fer en carlets, en rondins, en verges crénelées que l'on débite en clous dans le même atelier; on y fabrique encore des outils aratoires; les marteaux sont disposés quatre à quatre sur deux lignes parallèles; ceux placés du côté du fourneau sont levés à bascule, et ceux du second rang sont soulevés par la tête (levier du second genre), au moyen d'un arbre commun mu par une roue hydraulique.

Le feu de la forge de l'atelier à cuivre est alimenté par le vent de deux soufflets qui reçoivent leur mouvement alternatif, au moyen d'un mécanisme dont l'idée n'est pas heureuse; une manivelle simple, fixée à l'arbre d'une roue hydraulique, fait mouvoir un levier, espèce de bielle qui communique le mouvement reçu à un levier semblablement disposé, au moyen d'un arbre horizontal se mouvant sur son axe, et à chaque extrémité duquel sont fixés les deux leviers: cette machine défectueuse ne conserve

Martinets  
à cuivre et à  
fer.

pour son effet, que la moindre partie de sa force initiale, et consomme par conséquent beaucoup trop d'eau.

Le feu de la forge du grand atelier est alimenté par le vent d'une trompe construite à l'instar de celles des forges des Pyrénées; des soufflets mus par un mécanisme simple, consommeraient beaucoup moins d'eau que cette trompe.

L'eau qui met en mouvement ces usines, est tirée du réservoir du moulin de l'hôpital, et amenée par un canal dans un autre réservoir placé à l'extrémité opposée de l'usine à fer, qui la distribue à la trompe, et par le moyen d'un autre canal en retour, sur les trois roues à augets qui impriment le mouvement aux soufflets et aux martinets.

M. Bosc a déjà projeté de fabriquer des faux, mais cette fabrication exigerait la construction d'un nouvel atelier. Quelles que soient les difficultés que présente l'exécution de ce projet, il mérite néanmoins d'autant plus d'être encouragé, qu'on ne saurait trop chercher à multiplier ce genre de travail sur les différens points de l'Empire français.

---



---

## SUITE DE L'ESSAI

*Sur la Géologie du Nord de la France.*

Par J. J. O'MALIUS-D'HALLOY.

---

### NEUVIÈME RÉGION.

#### LE HUNDSRUCK.

Je n'ai presque point étudié les contrées que je réunis dans cette région, et on ne doit considérer ce que je vais en dire, que comme l'ébauche d'un travail plus important réservé à d'autres observateurs. A cet égard, j'ai la satisfaction de voir que la partie la plus intéressante de ce pays, est la portion de la France septentrionale qu'on connaît le mieux (1),

Introduc-  
tion.

On ne don-  
nera que  
quelques  
faits sur  
cette ré-  
gion.

---

(1) Voyez, 1<sup>o</sup>. les différentes Descriptions des mines de mercure du Palatinat, par MM. Schreiber, Beurard, etc., dans les nos. 4, 6, 7, 11, 12, 13, 17, 25 et 41 du *Journal des Mines*; 2<sup>o</sup>. les Mémoires de MM. Beurard, Duhamel, Cavilier, etc., sur différens produits des départemens de la Sarre et du Mont-Tonnerre, nos. 11, 13, 34, 44, 46, 84, 88, etc. du *Journal des Mines*; 3<sup>o</sup>. le Voyage géologique de Mayence à Oberstein, par M. Faujas de Saint-Fond (*Annales du Muséum d'Hist. nat.*, t. V, p. 294); 4<sup>o</sup>. le Voyage de M. Collini que j'ai déjà cité.

et que l'un des minéralogistes (1) auxquels nous devons déjà de précieuses descriptions de ce sol remarquable, habite encore sur les lieux, et nous fera probablement jouir de nouvelles observations qui rempliront les lacunes qui existent dans l'esquisse que je vais tracer. J'avoue aussi que cette région, telle que je l'établis, me paraît, pour me servir du langage des zoologistes, moins naturelle que celles dont nous nous sommes occupés jusqu'à présent; peut-être qu'en la connaissant mieux, on trouvera les moyens de la diviser d'une autre manière.

Démarcha-  
tion.

Quoi qu'il en soit, elle forme dans les limites que je lui assigne, une espèce d'ellipse dont le grand diamètre, dirigé du Nord au Sud, entre Coblenz et Sarrebruck (Sarre), a plus de 13 myriamètres de long; ses limites sont du côté de l'Est, le Rhin, pris de Coblenz à Bingen (Mont-Tonnerre), et ensuite une ligne qui longerait la chaîne de montagnes du Donnersberg, en passant par les environs de Voelstein, Goelheim, Kaiserlautern et Hombourg (Mont-Tonnerre), jusqu'à Sarrebruck, d'où l'on suivrait le cours de la Sarre (2) et de la

(1) M. Beurard, commissaire du Gouvernement auprès des mines de mercure, auteur de plusieurs autres ouvrages relatifs à la minéralogie.

J'apprends aussi que deux naturalistes déjà connus auparavant, parcourent en ce moment ces contrées. Ce sont M. Brard, attaché au Muséum d'Histoire naturelle, et M. Lainé.

(2) Cette partie des limites le long de la Sarre est très-vicieuse. Je n'ai point été à même de la vérifier, et je ne crois pas qu'elle soit toujours en rapport avec la différence du sol.

Moselle, pour la séparer à l'Ouest du Luxembourg et de l'Eiffel.

Cet espace comprend une grande partie du département de la Sarre, des portions moins considérables de Rhin-Moselle et du Mont-Tonnerre, enfin quelques communes de la Moselle. Le nom de *Hundsruick*, dont l'origine est très-ancienne, est appliqué par l'usage vulgaire aux pays compris entre la Nahe et la Moselle, et comme cette partie est plus considérable que les autres petites contrées enfermées dans les limites que je viens d'indiquer, j'ai cru pouvoir employer cette dénomination pour désigner toute l'étendue, d'autant plus que le *Hundsruick*, proprement dit, étant exclusivement montueux, son nom rappelle un des caractères particuliers de cette région.

Déno-  
mi-  
nation.

Le relief de ces contrées, leur aspect et leur situation agricole, ont beaucoup de rapports avec l'Eiffel, ou plutôt avec l'Ardenne et le Condros, car on n'y voit point d'élévations coniques. Le pays entre la Moselle, la Nahe et le Glan, ressemble aux plateaux de l'Ardenne, et les croupes arrondies de la chaîne du Donnersberg et des bords de la Sarre, rappellent les collines des bords de la Meuse.

Aspect  
physique.

On trouve dans cette région toutes les formations que j'ai établies dans nos terrains en couches inclinées, et celle du grès rouge. Je vais indiquer quelques-uns des lieux où elles se trouvent.

Consti-  
tution géolo-  
gique.

La formation trappéenne, qui est très-rare dans les autres parties du Nord de la France, est très-abondante dans celle qui nous occupe :

Formation  
trappéenne.

elle commence à se manifester au Sud-Ouest de Mayence, vers Creutznach, embrasse presque toutes les mines de mercure et le Donnersberg, en s'étendant jusqu'au-delà de Birckenfeld (Sarre). Il paraît même qu'elle pousse ses ramifications jusqu'aux environs de Trèves (1) et de Tholey (Moselle) (2); de sorte que cette chaîne traverserait toute la largeur de cette région, et s'enfoncerait à ses deux extrémités sous le grès rouge et le calcaire horizontal.

Les masses principales qui la composent peuvent se rapporter aux roches cornéennes et feldspathiques (péto-silex).

L'une des plus remarquables et des plus connues est la cornéenne amygdaloïde d'Oberstein, qui renferme ces belles agates si célèbres dans les arts, et ces magnifiques géodes qui font l'ornement des cabinets de minéralogie et qui présentent au milieu de presque toutes, les modifications connues de l'espèce quartz, des cristaux de chabasia, d'harmotome, de chaux carbonatée, etc. La pâte de cette roche est une cornéenne de couleur rougeâtre tirant sur la lie-de-vin, qui passe quelquefois à d'autres teintes, et qui renferme, outre les géodes et les agates que je viens d'indiquer, un grand

Cornéenne amygdaloïde.

Agates, etc. d'Oberstein.

(1) J'ai observé une roche cornéenne verte, pointillée de rouge, au pied du plateau schisteux qui sépare la vallée de la Moselle, près de Trèves, de la gorge où se trouve le village de Cassel, canton de Schweich.

(2) La description que donne M. Monnet (pages 163, 164 et 165), de certaines roches de Tholey, me paraît indiquer de véritables cornéennes.

nombre de globules de chaux carbonatée blanche, ordinairement enveloppée d'une matière verte qui paraît voisine du talc chlorite. Ces roches ont une singulière tendance à se décomposer : les parties superficielles ont toujours perdu leur force de cohésion et se divisent en grumeaux dès les premiers coups de marteaux. Toutes les collines qu'elles constituent sont arrondies et recouvertes d'une terre rougeâtre grumeleuse qui provient de cette décomposition. C'est encore dans ce phénomène qu'il faut chercher l'origine des agates, des prelnites rayonnées, etc. qu'on trouve éparses dans le terrain meuble de ces contrées.

Une autre roche cornéenne qui mérite encore d'être citée, est celle décrite par M. Faujas, sous le nom de *trapp de Martenstein*, et qui est très-commune entre le canton de Sobernheim (Rhin-Moselle), et celui de Birckenfeld (Sarre). C'est une pierre homogène, dure, sonore, à cassure matte, qui agit sur le barreau aimanté, d'une couleur noirâtre ou bleuâtre foncée, qui ne s'altère point aux influences météoriques; elle forme des collines dont les escarpemens sont rapides. Ses couches se divisent en fragmens prismatiques, qui présentent l'aspect des montagnes de *trapp* des minéralogistes suédois. Cette roche me paraît un véritable *grunstein* des auteurs allemands; car j'y ai observé quelques petites taches où les parties constituantes semblaient s'être isolées, et montraient des indices d'amphibole noir et de feldspath blanc. Il se pourrait aussi que cette roche fût un *amphibole compacte*. Elle est or-

Cornéenne homogène.

dinairement, comme les ardoises, en couches presque verticales : on la rencontre quelquefois en fragmens arrondis, qui rappellent les basaltes globuleux. Enfin, on trouve beaucoup d'intermédiaires entre cette roche et les cornéennes lie-de-vin.

Feldspath compacte.

J'indiquerai encore deux autres modifications de ces roches de formation trappéenne : ce sont celles que je considère comme des feldspaths compactes (pétro-silex). L'une, qui se trouve notamment à l'Ouest d'Oberstein, est une pierre homogène, assez dure pour rayer le verre, dont la pesanteur spécifique est de 2,6233, la couleur rougeâtre, la cassure imparfaitement conchoïde, le tissu compacte, qui se fond au chalumeau en émail blanchâtre, etc. L'autre est formée d'une pâte qui paraît analogue à celles dont je viens de parler, qui enferme de petits cristaux de feldspath blanc. Elle existe au Donnersberg, à Creutznach, etc. etc.

Porphyre.

Basaltes, etc.

Il est très-possible qu'il y ait des basaltes, et même de véritables produits volcaniques dans le Hundsruck, sur-tout dans la partie voisine de l'Eiffel. Tout ce que je puis dire à cet égard, c'est que je n'en ai vu aucun indice.

Formation ardoisière.

La formation ardoisière occupe à elle seule la plus grande partie des pays compris entre la Moselle, la Nahe et le Glan ; elle y est composée, de même que dans les autres régions, de couches de quartz et de schiste ardoise. Ce dernier y est très-souvent susceptible d'être taillé en ardoise de toits, et y présente les altérations et même les passages aux substances

talqueuses que nous avons remarquées en Ardenne. On voit, notamment à Oberhausen, canton de Kirn (Rhin-Moselle), et à Bergen, canton d'Herstein (Sarre), de ces schistes qui deviennent luisans, onctueux, et qui paraissent même se rapprocher des schistes micacés. La terre légère et onctueuse qui recouvre le grand plateau d'Irménach, canton de Trarbach (Rhin-Moselle), a la propriété, lorsqu'elle a été humectée, de prendre, en se desséchant, un luisant remarquable.

Ardoise qui passe au schiste luisant.

La plupart des plateaux d'ardoise sont traversés par des espèces de crêtes plus élevées de roches quartzzeuses, qui sont souvent couronnées par des couches verticales demeurées en place, tandis que les côtés de l'élevation sont couverts de débris de ces mêmes roches. On peut citer pour exemple de ce fait, une montagne du canton de Kirn, située entre Oberhausen et Rorhbach, qui est entièrement recouverte d'énormes blocs de quartz. On croirait voir les déblais d'une carrière, s'il était possible que des déblais embrassassent toute une montagne et présentassent des fragmens de plusieurs mètres cubes. Ces roches appartiennent en général à la variété grenue de couleur grisâtre, et sont traversées par une infinité de veines ou filets de quartz compacte ou laminaire très-blancs. Ces derniers sont, comme en Ardenne, très-communs dans les filons qui traversent les ardoises, et se trouvent aussi en blocs isolés à la surface du sol.

Roches quartzzeuses.

Quartz grenu, laminaire et compacte.

Cette situation élevée des couches quartzzeuses, et la position de leurs débris au-dessus des

Ils sont contemporains ou antérieurs aux

ardoises,  
mais non  
pas posté-  
rieurs.

ardoises, avait fait dire à M. Collini, que *les quartz servaient de toits aux ardoises*. Cette opinion ne me paraît pas conforme à l'état des choses. D'abord, elle est absolument contraire aux observations que j'ai faites dans ce pays, et spécialement en Ardenne, où j'ai vu des alternatives très-bien prononcées de couches schisteuses et quartzzeuses. Ensuite je ne conçois pas comment des crêtes éloignées les unes des autres, dans lesquelles on reconnaît des couches verticales, pourraient être le résultat d'une déposition superficielle. Il est bien plus naturel de supposer que les couches quartzzeuses, disposées verticalement comme celles d'ardoises, s'élèvent au milieu de ces dernières; et comme elles sont beaucoup plus dures et moins altérables, elles auront pu résister, d'une manière plus efficace, aux causes érosives qui ont creusé les vallées, et auront, pour ainsi dire, protégé les couches plus tendres qui se trouvaient des deux côtés; ce qui indique que ces couches sont contemporaines ou antérieures aux ardoises, mais qu'il est impossible qu'elles soient postérieures.

Point de  
corps orga-  
nisés.

Les trapps  
paraissent  
les plus an-  
ciens.

Je ne sache pas qu'on ait encore trouvé de corps organisés dans cette formation et dans celle des trapps. J'ai dit dans l'introduction, qu'on ne pouvait pas bien juger de la superposition des couches de ces deux formations à cause de leur inclinaison. Tout ce que je puis ajouter, c'est que j'ai vu des schistes sur des cornéennes, et que je n'ai pas encore remarqué de cornéennes sur les schistes. On dit cependant que ce fait a lieu dans certaines mines

de mercure; mais on paraît indiquer en même-temps, que ces mines ont éprouvé quelques bouleversemens particuliers.

Je ne connais presque pas la formation bituminifère de cette région. Le terrain houiller, proprement dit, forme deux espèces de bassins, l'un, qui commence à se manifester dans les environs de Creutznach, avoisine une partie des mines de mercure, et s'étend au moins jusqu'au-delà de Meisenheim (1) (Sarre); l'autre renferme les exploitations des environs de Sarrebruck, et forme, dit M. Duhamel (2), une ellipse longue de près de 4 myriamètres, dont le grand diamètre est dirigé du Nord-Est au Sud-Ouest de Welsweiler (Sarre), à Sarre-Louis (Moselle).

La position de ces deux bassins me porte à croire qu'il y a une espèce de chaîne de terrain bituminifère le long de la partie méridionale de cette région, qui s'adosse en certains endroits sur les roches trappéennes, et qui se perd sous les grès rouges. Mais ce terrain me paraît différer un peu de celui qui renferme les houilles des bords de la Meuse, de la Sambre, de l'Escaut, etc. dont j'ai déjà parlé. Les couches y sont en général moins inclinées, et la chaux carbonatée bituminifère y est plus rare et disposée d'une autre manière; car M. Beurard (3) dit qu'elle touche immédia-

Terrain  
houiller.

Bassin de  
Meisen-  
heim.

Bassin de  
Sarrebruck.

Le terrain  
bitumini-  
fère un peu  
différent de  
ceux du  
Nord-  
Ouest.

(1) Collini, Beurard, etc.

(2) Journal de Mines, tome XV, page 32.

(3) Journal des Mines, tome VIII, page 609.

tement le combustible ; ce qui ne se voit pas dans le terrain houiller du Nord-Ouest. Au reste, à ces différences près, le terrain qui nous occupe est composé, de même que les formations bituminifères du Nord-Ouest, de conches alternatives de schistes argileux et de grès. Ce dernier n'est pas toujours noirci par le le voisinage des houilles, ou souillé de matière argileuse, il est même quelquefois très-blanc ; et comme il se trouve aussi en couches assez épaisses et presque horizontales, on le prendrait pour un véritable grès blanc, dans le sens géologique que j'ai assigné à ce nom, si on ne faisait attention aux circonstances du gisement.

Schiste argileux.

Le schiste argileux y devient aussi propre à fabriquer de l'alun ; tel est notamment celui de la montagne brûlante de Duthweiller, canton d'Arnoval ( Sarre ), décrit par M. Cavillier (1). Enfin, j'observerai encore que les couches inclinées ne sont point absolument étrangères à ce terrain ; car on sait que ce sont les escarpemens des bords de la Sarre, qui ont suggéré à M. Gillet-Laumont sa belle Théorie sur l'origine des couches repliées (2), et j'ai aussi remarqué des couches fortement inclinées à Sulzbach, canton d'Arnoval ( Sarre ).

Corps organisés, poissons fossiles.

Cette formation recèle un grand nombre de corps organisés qui paraissent analogues à ceux

(1) *Journal des Mines*, n°. 46, page 763.

(2) *Journal des Mines*, n°. 54, page 463.

du

du Condros, du moins pour ce qui est des débris de végétaux. Le plus beau fait relatif aux animaux, c'est l'observation faite par M. Beurrard, d'impressions de poissons, mouchetées de mercure sulfuré (1).

Quoique j'aie, pour ainsi dire, éliminé de cette région les pays formés de terrains horizontaux, le grès rouge est très-abondant dans la partie méridionale : il reconvre souvent les terrains houillers des environs de Sarrebruck ; ce qui a fait dire que les houilles s'y trouvaient dans ce grès. Mais cette opinion ne me paraît pas fondée ; elle est contraire à la plupart des observations (2), qui disent expressément que les houilles sont en dessous des grès rouges. On a pu quelquefois se laisser induire en erreur, parce que les grès de la formation des houilles prennent de temps en temps une teinte rougeâtre : mais si on les examine avec attention, on reconnaîtra qu'ils diffèrent des véritables grès rouges. Ils ont en général plus de force de cohésion dans leurs parties ; ils sont moins purs, la couleur rouge n'y est jamais constante, etc.

Un dépôt très-remarquable, que je crois pouvoir rapporter à la formation du grès rouge, est un prodigieux amas de brèches grossières,

Grès rouge.

Plus récent que les houilles.

Cailloux d'Oberstein.

(1) *Journal des Mines*, tome XIV, page 409.

(2) Cette disposition a également lieu dans des contrées très-éloignées de celle-ci : car M. Voigt nous apprend (*Journal des Mines*, t. XIV, p. 241) qu'en Saxe les houilles sont plus anciennes que les grès rouges.

ou plutôt de fragmens de quartz arrondis, enveloppé dans une pâte argileuse peu solide, qui se trouve près d'Oberstein, et qu'on connaît par les descriptions de MM. Collini et Faujas.

Métaux.

Les minerais métalliques sont extrêmement abondans dans cette région; ils existent dans presque toutes les formations: les plus importants sont ceux de mercure: on y trouve aussi le cuivre, le plomb, le fer, le manganèse (1). Je me bornerai, à cet égard, de renvoyer aux descriptions que j'ai déjà citées (2). J'observerai seulement, que quoique le mercure sulfuré soit le minerai qui alimente spécialement les exploitations de ce métal, on y rencontre aussi le mercure natif, le mercure argenté et le mercure muriaté, et qu'enfin on distingue la baryte sulfatée parmi les gangues, qui sont ordinairement quartzeuses et argileuses.

## DIXIÈME RÉGION.

## LE LUXEMBOURG.

Démarchation.

Cette région n'est, ainsi que je l'ai déjà indiqué, que l'extrémité d'un bassin considérable qui occupe presque toute la ci-devant Lorraine, et qui vient se terminer en pointe, entre le Hunsrück et l'Ardenne: elle est bornée à l'Est par la Sarre et la Moselle, prise de Sarre-

(1) M. Beurard possède, dans sa magnifique collection, une pépite d'or très-grosse trouvée dans les environs de Berncastel (Sarre).

(2) Voyez la première note.

bruck à Berncastel (Sarre); au Nord, par une ligne tirée de cette dernière ville, vers Artzfeld (Forêts); et à l'Ouest, par une autre ligne qui longe l'Ardenne, en passant près de Dieckkirch, Osperen, Florenville (Forêts), etc.: ce qui embrasse une grande partie du département des Forêts, la portion de celui de la Sarre, à la gauche de la rivière de ce nom, et le territoire de la Moselle, au Nord de Thionville et Sarre-Louis.

Ce pays est un peu moins élevé que l'Ardenne et le Hunsrück; il est cependant traversé par des vallées très-profondes, bordées d'escarpemens très-rapides. Presque toute la surface est livrée à la culture, mais ne jouit pas d'une grande fertilité.

Constitution physique.

On n'y trouve que les deux formations horizontales du grès rouge et du calcaire. Il y a seulement quelques points où les terrains inclinés se montrent au fond des vallées (1), mais cela ne mérite pas une attention particulière.

Constitution géologique.

Le grès rouge occupe les parties orientale et septentrionale de la région où il recouvre les terrains en couches inclinées du Hunsrück et de l'Eiffel. Il y est quelquefois si friable, qu'il se divise comme des amas de sable: souvent il est susceptible de fournir une excellente pierre de taille.

Grès rouge.

Il n'est pas non plus dépourvu de minerais métalliques. On y cite plusieurs mines de fer,

Métaux.

(1) Tel est l'escarpement de Sierk (Moselle) décrit par Monnet; tels sont aussi les lieux où on a entrepris des recherches de houille.

des indices de plomb et de cuivre. M. Dietrich dit (1), que le minerai de plomb de Hargarten (Moselle), est analogue à celui de Cologne (Bleiberg).

Liaison  
entre le grès  
rouge et le  
calcaire.

On est conduit par une série de nuances insensibles du grès rouge au calcaire horizontal : le grès perd sa couleur rouge, devient jaunâtre ou blanchâtre ; il commence ensuite à renfermer des molécules calcaires dont la quantité va toujours en augmentant, de sorte qu'on passe du grès pur au grès calcarifère, de celui-ci à la chaux carbonatée quartzifère, et enfin à la chaux carbonatée pure. Ce sont, parmi ces intermédiaires, qu'il faut placer les roches qui constituent le sol des environs de Luxembourg. Dans cette série, on trouve des couches presque entièrement formées de sable quartzeux, ou grès jaunâtre très-tendre, dans lesquels le calcaire se trouve enfoui comme par gros rognons. Quelquefois aussi le calcaire n'est séparé du grès rouge que par des couches d'argile rougeâtre et bleuâtre.

Calcaire  
horizontal.

La formation du calcaire horizontal de cette région est très-remarquable ; mais comme elle est absolument semblable à celle de la Lorraine, qu'on connaît par les descriptions de M. Monnet et autres ouvrages, je ne ferai qu'en donner une idée générale. Elle s'étend dans toute la partie Sud-Ouest de la région, en longeant l'Ardenne, depuis les environs de Bitbourg (Fo-

(1) *Gîtes des Minerais en Lorraine*, t. III, Disc. prélim., page 18.

rêts) jusqu'à Hirson (Aisne), où elle se perd sous les craies de la Picardie. Les couches qui la constituent sont parfaitement horizontales, si ce n'est dans le voisinage des ardoises, où on aperçoit souvent des irrégularités : on ne voit néanmoins aucune liaison entre les ardoises et le calcaire ; la transition est toujours brusque, sans que cependant les circonstances de formations paraissent tout aussi tranchées qu'entre les craies et le terrain bituminifère.

Les couches les plus communes et en même temps les plus importantes de cette formation, sont celles de chaux carbonatée grossière jaunâtre, qui fournissent des matériaux dignes de rivaliser avec les meilleures pierres de taille du bassin de Paris. Elle devient quelquefois véritablement compacte, et ressemble au calcaire du Jura. Il y a de ces parties qui ont une teinte de rouge clair ou fleur de pêcher, d'autres qui contiennent des géodes tapissées de cristaux de quartz-hyalin.

On y trouve aussi un calcaire bleuâtre, qui a quelques rapports avec la véritable chaux carbonatée bituminifère ; il donne de même une chaux excellente, mais il en diffère par plusieurs caractères, principalement par le gisement et les corps organisés qu'il renferme. Ordinairement cette substance bleuâtre forme des couches à elle seule, quelquefois elle occupe le milieu des couches jaunes ; d'autres fois lorsqu'on brise une masse de calcaire jaune, on est étonné de trouver dans l'intérieur une espèce de boule de cette matière bleuâtre, qui toutefois s'unit intimement avec les parties

jaunes, et paraît, à la couleur près, faire un tout homogène. On sait encore que cette formation recèle des couches de chaux sulfatée, et qu'elle est très-riche en minerais de fer. Il suffit de citer les mines célèbres du département de la Moselle, et notamment celles de Saint-Pancré, canton de Longwy, qui sont connues de tout le monde.

Ce calcaire est plus ancien que la craie.

Cette formation diffère, sous plusieurs rapports, du calcaire coquillier de Paris et de la Flandre; elle paraît beaucoup plus ancienne, c'est-à-dire, qu'elle a précédé la craie: la pierre y est en général plus dure et plus sonore; son tissu est moins constamment grossier et passe souvent au compacte, les parties cristallisées y sont très-abondantes; il en est de même des concrétions alabastriques; on n'y voit des couches bleues qui ne se trouvent pas dans les autres bassins. Les couches gypseuses n'y sont point composées de pierre à plâtre comme à Montmartre, mais de chaux sulfatée compacte ou fibreuse, souvent environnée d'argile verdâtre. On ne trouve point de craie dans aucune vallée de ces pays, quelque profonde qu'elle soit. La position de ce calcaire entre le Jura, les Vosges, le Hundsruck, d'un côté, et les crânes de la Champagne de l'autre: sa liaison intime avec le grès rouge, dont personne ne conteste l'ancienneté, et ses rapports avec le calcaire incliné du Jura, annoncent que son origine est antérieure à la craie. Enfin, et c'est ici un des points les plus décisifs, les corps organisés du calcaire Lorrain sont très-différens de ceux du bassin de Paris; ce sont des ammonites, des

gryphites (1), des térébratules, etc., une immense quantité de zoophytes, etc.

Le terrain meuble qui recouvre cette région présente les mêmes variations que les couches qui en constituent le sol. Dans la partie formée de grès ou de chaux carbonatée quartzifère, ce sont de vastes amas de sable; dans le pays calcaire, proprement dit, ce sont des terres argileuses et ferrugineuses, rougeâtres, bletâtres, etc., qui sont quelquefois propres à la fabrication des tuiles, etc.

## ONZIÈME RÉGION.

### LE PALATINAT.

Cette petite région ne comprend que la partie du département du Mont-Tonnerre, située entre le Rhin et les mines de mercure et de houille, qui sont bordées par une ligne qui passe par les environs de Bingen, Woelstein, Goelheim, Kaiserlautern, Hombourg, etc.

On sait que le nom de Palatinat désignait autrefois une province considérable: j'ai cru pouvoir le conserver à ce petit canton qui en est presque entièrement démembré, d'autant plus que je ne connais aucune autre dénomination moins impropre.

(1) Ces dernières abondent, sur-tout dans les couches bleues.

Constitution physique.

Le sol qui est élevé et montueux dans la partie Sud-Ouest, s'abaisse vers le Rhin qui coule au milieu d'une vaste et fertile plaine.

On trouve dans cette contrée les formations du grès rouge et du calcaire horizontal.

Grès rouge.

La première constitue tous les terrains élevés qui s'éloignent du Rhin entre Nenstadt, Durkheim, Sarrebruck, etc. Elle y présente souvent des escarpemens rapides, où l'on reconnaît très-bien la stratification horizontale de ce grès, sa division en couches très-épaisses, et où l'on voit aussi comment on pourrait être induit en erreur sur l'inclinaison apparente de quelques-unes de ses masses; car les couches inférieures quelquefois plus tendres que les supérieures, ont été enlevées sur une plus grande largeur lors du creusement des vallées.

Singuliers escarpemens.

Les couches supérieures étant demeurées sans appui, se sont éboulées en s'inclinant sur l'escarpement où on les retrouve encore dans cet état. Un autre effet qui tire son origine de la même cause, c'est la disposition non-seulement verticale des escarpemens, mais les saillies que font souvent les couches supérieures, de manière à rappeler les lignes d'un ordre d'architecture. On voit, notamment à Frankenstein, canton de Kaiserlautern, une masse qui ressemble à un pilastre surmonté d'un chapiteau.

Le grès rouge s'étend sur une longueur de plus de 40 myriam.

Ce grès rouge est absolument semblable à ceux que nous avons déjà examinés; il se rattache de même à une vaste étendue de terrain de cette nature, qui se prolonge jusqu'au Jura,

en enveloppant les montagnes granitiques des Vosges. La continuité de ces couches, dans une longueur de près de 40 myriamètres, la ressemblance qu'on y remarque d'une extrémité à l'autre, paraissent annoncer une seule et même formation; mais l'origine de ces matières est sujette à plusieurs difficultés. En effet, l'opinion la plus généralement adoptée et la plus naturelle, est que les grès et les brèches sont des produits de seconde formation, en ce sens qu'ils sont composés de débris de roches préexistantes, détruites par des causes quelconques. Cependant on ne trouve dans les Vosges, le Jura, la Forêt-Noire, le Hunsrück, etc. aucuns restes des roches dont les débris auraient pu donner naissance aux grès et aux brèches rouges. Aussi quelques naturalistes qui ont visité ces contrées, attribuent l'origine de ces matières à une simple précipitation analogue à celle qui a formé les couches ordinaires, et ne voient dans les fragmens arrondis des brèches, que cette tendance qu'ont les minéraux à prendre des formes globuleuses quand leur cristallisation est dérangée. Cette opinion était entre autres celle de Dietrich, qui la poussait encore plus loin, puisqu'il disait (1), *que les granites et les pierres de sable (grès rouge) des Vosges avaient été formées ensemble*; ce qui conduirait à admettre que les houilles de la Sarre et le calcaire coquillier de l'Eiffel également re-

Origine des grès rouges.

Opinion de Dietrich.

(1) *Gîtes des Minerais en Alsace*, t. II, pages 4, 209 et suivantes.

couvert par la grande nappe de grès rouge, ont été formés en même-temps que les granites : proposition absolument contraire aux premières règles de la géologie.

Quoi qu'il en soit, la formation du grès rouge présente encore d'autres circonstances remarquables : telle est notamment l'excessive rareté, pour ne pas dire l'absence totale des corps organisés, et cependant son existence au-dessus des houilles et du calcaire coquillier est bien constatée.

Calcaire horizontal.

Le calcaire horizontal du Mont-Tonnerre forme un système de petites collines intermédiaires entre le terrain plus élevé de grès rouge et la vallée du Rhin. Ces collines se prolongent dans le département du Bas-Rhin, et se retrouvent sur la droite de ce fleuve jusqu'au-delà de Francfort : c'est encore une chaux carbonatée jaunâtre, grossière, et qui contient souvent beaucoup de parties quartzieuses : ces dernières s'y trouvent quelquefois en petits globules transparens très-remarquables. M. Faujas de Saint-Fond a remarqué qu'il y avait dans ce calcaire, près de Mayence, une quantité innombrable de bulimes, genre de coquilles qui renferme en général des espèces d'eau douce : si l'on combine cette observation avec les os fossiles que M. Collini a trouvé dans le même pays (1), et sur-tout avec les débris de Paléolithériums et les coquilles d'eau douce décou-

Il paraît avoir été formé dans un lac.

(1) *Voyage, etc.*, page 23.

verts (1) au Batzberg (Bas-Rhin), on ne doit pas s'éloigner de l'idée que ces collines calcaires aient été formées à une époque et sous des circonstances analogues à celle du terrain gypseux de Paris ; ce qui porterait à les considérer comme bien plus récentes que le calcaire de la Lorraine.

La situation physique de ce bassin tendrait encore à confirmer cette opinion, car il est entièrement enfermé par les Vosges, le Hunsrück, les montagnes d'Allemagne, etc. ; et il ne paraît pas que le liquide qui déposait le calcaire de la Lorraine et les craies du centre de la France, se soit élevé à la hauteur des Vosges, proprement dites, ni même à celle des plateaux de grès rouge du Palatinat. En outre, la vallée, ou plutôt la plaine du Rhin, très-large entre Basle et Mayence, se resserre brusquement au-dessous de cette ville, et se prolonge, entre Bingen et Coblenz, à travers une gorge étroite et escarpée qui paraît avoir été creusée postérieurement à la formation du calcaire horizontal, puisqu'on n'en voit aucun indice dans toute cette gorge, de sorte qu'à cette époque, la plaine du Rhin devait former un vaste lac.

Au reste, cette opinion n'est qu'une idée que je hasarde ici pour attirer en quelque manière l'attention sur ce bassin calcaire, car elle est encore sujette à beaucoup d'objections,

(1) *Annales du Muséum d'Hist. nat.*, t. VI, p. 346.

d'autant plus qu'on cite des ammonites et des griphytes trouvées dans le département du Bas-Rhin. Mais ce qui est fort extraordinaire, c'est que M. Hammer, dans ses savantes Observations sur la géologie de ce pays (*Ann. du Mus. d'Hist. nat.*, t. VI, p. 356), paraît indiquer que ces coquilles sont plus récentes que les Paléothériums; fait qui me semble mériter de nouvelles recherches.

Plaine du Rhin.

Il est inutile d'ajouter que la partie inférieure de la plaine du Rhin, entre le fleuve et les collines calcaires, est formée de débris, tels que sables, limon d'attérissement, cailloux roulés, etc., où l'on reconnaît des produits des Alpes, du Jura et des Vosges.

#### R É S U M É.

On a vu dans le cours de cet Essai, que tous les terrains du Nord de la France pouvaient se rapporter à deux grandes divisions, ceux en couches inclinées et ceux en couches horizontales.

Les premiers, qui sont les plus anciens, s'appuient, pour ainsi dire, sur le Rhin, depuis Bingen jusqu'à Bonn, et se divisent en deux branches, dont l'une ne s'étend que jusqu'à Sarrebruck, et l'autre se prolonge au Sud-Ouest, jusqu'au-delà de Tournay, et se retrouve même sur les bords de la mer, près de Boulogne.

Il s'agit maintenant de rechercher à quelle chaîne principale ce terrain se rattache.

Les terrains du Nord de la France se divisent en couches inclinées et en couches horizontales. Etendue des terrains en couches inclinées.

L'opinion la plus commune considère le Hunsrück et par conséquent l'Eiffel, comme un prolongement des Vosges. Une suite des mêmes principes pourrait faire envisager l'Ardenne comme une continuité des collines de Langres; mais je ne crois pas qu'on puisse opérer de cette manière.

En général, il me paraît que pour juger de la continuité d'une même chaîne de montagnes, on doit avoir bien plus d'égard à la nature et à la direction des couches qu'au prolongement apparent d'un sol élevé, du moins quand il est question de l'extrémité des chaînes où elles s'abaissent au point de se perdre dans les plaines.

C'est principalement à la continuité des terrains en couches inclinées qu'on doit faire attention, car quelles que puissent être les causes de l'inclinaison, c'est à ce phénomène qu'il faut attribuer le relief des montagnes qui s'élèvent au-dessus du niveau ordinaire de la surface du globe. Les formations horizontales qui sont venues ensuite ont plutôt tendu à combler les inégalités qui existaient, qu'à former de nouvelles élévations; et ces terrains, qui n'ont éprouvé d'autres bouleversements que le creusement des vallées, présentent des collines, des plateaux, des escarpemens, plutôt que de véritables chaînes de montagnes.

Si nous appliquons ces principes au cas présent, nous remarquerons d'abord, que la véritable chaîne des Vosges, celle formée de roches feldspathiques en couches inclinées qui

Ces terrains sont une continuité des montagnes du centre de l'Allemagne.

s'élèvent en forme de montagnes coniques au-dessus de tous les plateaux environnans, cesse près de Saverne (Bas-Rhin), et que de là jusqu'au Hundsruock, on ne trouve plus que du grès rouge en couches horizontales qui, considéré du côté de la plaine du Rhin, présente, à la vérité, une suite d'escarpemens continuée sans interruption des Vosges proprement dites, jusqu'au Donnersberg; mais du côté de l'Est, les sommets de ces escarpemens correspondent au niveau ordinaire des plateaux de la Lorraine. Si nous comparons ensuite la nature des couches, nous ne remarquerons aucune ressemblance entre les granites des Vosges et les ardoises du Hundsruock: au contraire, nous trouverons au-delà du Rhin (1), dans les montagnes de la Vettérvie, les mêmes systèmes de formations, les mêmes espèces de roches, la même direction des couches que dans le Hundsruock. Nous verrons également les basaltes et les volcans éteints de l'Eiffel s'étendre sur la droite du Rhin, jusqu'au milieu du royaume de Westphalie (2). Enfin M. Hammer (3) nous apprend que les Vosges et les montagnes de la Forêt-Noire se correspondent par leur aspect et leur composition: on trouve les mêmes roches à peu près de côté et d'autre, la même direction des vallons latéraux, etc. Toutes ces observations

(1) Collini, page 278.

(2) Deluc, *Lettres*, etc., tome V, page 361.

(3) *Annales du Muséum d'Hist. nat.*, t. VI, p. 356.

coïncident, non-seulement avec la direction du Nord-Est au Sud-Ouest, qu'on retrouve dans toutes ces couches, mais encore avec cette tendance générale de se diriger de l'Est à l'Ouest, qu'on remarque dans les principales chaînes de montagnes qui traversent l'Asie et l'Europe; de sorte qu'il me paraît démontré que les terrains en couches inclinées du Nord de la France ne sont que les prolongemens, et pour ainsi dire les extrémités occidentales des montagnes du centre de l'Allemagne. Dans cette idée, les Vosges elles-mêmes, au lieu de former une chaîne particulière dirigée du Sud au Nord, ne seraient encore qu'une dépendance des montagnes de l'Allemagne méridionale.

Nous avons remarqué dans nos terrains en couches inclinées deux formations principales, les ardoises où il n'y a pas de corps organisés, et le terrain bituminifère qui en contient beaucoup. C'est l'alternative de ces deux formations qui paraît constituer le système de la masse de ces terrains; car nous avons vu trois chaînes d'ardoise séparées par autant de chaînes de calcaire bituminifère.

Parmi les formations horizontales, le grès rouge qui est la plus ancienne, occupe un vaste espace qui s'étend du Jura aux plaines de la Roër, en recouvrant une partie des Vosges, du Hundsruock et de l'Eiffel: il est suivi immédiatement de l'ancien calcaire horizontal, qui se prolonge également du Jura aux Ardennes; vient ensuite la formation

*Idee générale des terrains en couches horizontales du Nord de la France.*

crayeuse qui domine dans la plus grande partie du centre de la France, et se termine dans les plaines de la Flandre.

Cette même Flandre nous a montré un calcaire grossier, qui semble avoir été déposé dans une espèce de golfe, séparé du bassin de Paris par les craies de la Picardie. Nous avons vu dans la plaine du Rhin un autre calcaire grossier, qu'on pourrait supposer avoir été formé dans un grand lac, à la même époque que la chaux sulfatée de Montmartre.

Enfin, la partie la plus septentrionale de notre territoire nous a présenté une portion de ce vaste terrain de débris qui recouvre la Hollande, le Nord de l'Allemagne, la Pologne, etc.

Nature des couches en général.

Si nous considérons ensuite d'une manière générale les substances qui constituent le sol des contrées que nous venons d'examiner, nous remarquerons que les plus abondantes, celles qui se trouvent dans le plus grand nombre de formations sont la chaux carbonatée, le quartz et le schiste.

Chaux carbonatée.

La première, qui n'existe qu'en petites parties cristallisées dans les terrains dépourvus de corps organisés, joue un rôle très-important parmi les couches inclinées, remplies de débris d'êtres vivans : elle y est remarquable par sa dureté, presque toujours colorée par le bitume et très-abondante en cristallisations. On ne la trouve pas dans le grès rouge, mais elle compose presque exclusivement la formation suivante, que j'ai appelée du *calcaire horizontale*, où nous  
avons

avons vu qu'elle présentait trois modifications différentes. La plus ancienne est en général d'un jaune-blanchâtre, d'un tissu grossier, qui passe souvent au compacte, contient beaucoup de cristallisations, et est encore très-dure, quoiqu'elle cède à cet égard au calcaire bitumineux. La seconde est la craie dont la couleur est blanche et la force de cohésion très-variable, mais en général assez faible. Le calcaire grossier qui lui succède est de couleur jaunâtre, ordinairement plus dure que la craie, et communément plus friable que l'ancien calcaire horizontal. Ces deux modifications ne présentent presque plus de cristaux.

Le quartz doit être considéré sous deux états, en couches ou grandes masses, et en rognons enfouis dans d'autres substances. Le quartz en couches est très-commun dans la formation ardoisière, qui est peut-être contemporaine de celle des trapps. Il y appartient principalement à la variété grenue, et y passe quelquefois au grès et à la brèche. Dans le terrain bitumineux il est en général à l'état de grès souillé d'argile, il y passe aussi à la brèche et rarement au tissu grenu. Le quartz constitue entièrement la formation du grès rouge, ou il se présente sous les formes de grès, de sable, de brèches et de cailloux arrondis; il n'existe que comme principe accessoire dans le calcaire horizontal, mais se retrouve abondamment à l'état de sable et de grès dans les formations du grès blanc et du terrain meuble.

Quartz.

Le quartz en rognons est remarquable par la succession de variétés qu'il présente selon

les diverses époques de formations, car les rognons qui existent dans des terrains différens ne sont jamais semblables; ce qui n'a pas lieu pour les quartz en couches. Dans la formation trappéenne on trouve les agates et les géodes d'Oberstein si généralement connues. Le calcaire bitumineux recèle des rognons d'un quartz noir qui appartient au *kiesel schieffer* des auteurs allemands. On rencontre dans la craie le véritable quartz agate pyromaque, et les couches les plus anciennes du terrain meuble contiennent des masses d'un autre quartz agate de couleur jaunâtre et presque opaque.

Schiste.

Le schiste présente aussi une succession de variétés qu'on pourrait peut-être regarder comme une série de nuances entre les roches talqueuses et l'argile. Le plus ancien est l'ardoise, dont on a vu les rapports avec le talc et le mica. Il passe ensuite dans la formation ardoisière à la variété que j'ai désignée, d'après M. Brongniard, sous le nom de *schiste argileux*, qui se décompose par les influences météoriques en une terre argileuse. Enfin dans les terrains en couches horizontales, on ne trouve presque pas de véritables schistes, mais des couches d'argile qui sont encore quelquefois très-feuilletées.

## FIN DE LA NOTICE

Sur les Eaux et Boues thermales de Dax,  
Préchac, Saubusse et Tercis.

Par MM. JEAN THORE et PIERRE MEYRAC.

(Extrait du Bull. Polymathique.)

## Des Sources des fossés de la ville.

LES sources que l'on rencontre dans les fossés qui entourent la ville, sont, comme nous l'avons dit plus haut, infiniment abondantes; mais ne présentent, quant aux propriétés chimiques, rien qui ne soit commun à toutes les autres sources thermales, à l'exception des boues qui se rencontrent là plus spécialement que partout ailleurs. Néanmoins, dans les sources de Saint-Pierre, l'eau thermale se trouve constamment mêlée avec l'eau froide des sources voisines, ou avec les eaux pluviales qui y filtrent des terres supérieures environnantes. A cela près, elles sont constamment à la température des bains domestiques.

Ces boues, au reste, ne sont autre chose que l'argile, ou tout au moins du limon déposé par l'Adour, à l'époque des débordemens, mêlé avec un détritus plus ou moins parfait des végétaux qui y croissent. Elles sont à découvert, *sub dio*, dans le quartier de Saint-Pierre, et ne sont fréquentées que par la classe la moins fortunée du peuple.

Il n'en est pas de même au quartier de Bibi. Ici on a fait construire des barraques en planches qui sont bien closes et bien couvertes, proprement tenues et distribuées en plusieurs loges pour la commodité et la décence. Le fermier fournit d'ailleurs, outre le logement, les commodités qu'on désire qui sont nécessaires en pareil cas.

Quelques personnes préconisent les eaux et boues thermales, tant de Saint-Pierre que de Bibi, comme plus efficaces que celles de Bagnots, dont nous allons parler tout-à-l'heure. Quant à nous, nous n'avons jamais reconnu aucune différence dans les effets. Nous devons néanmoins ne

pas négliger de dire que les baignots offrent beaucoup plus d'agrémens, sans parler d'ailleurs que ce bâtiment est beaucoup plus vaste, destiné uniquement pour les malades, et puis les avantages de la douche qu'on ne trouve que là.

Nous ne devons pas oublier de faire remarquer que l'odeur hépatique est plus sensible aux approches des sources de *Bibi* que des autres, et dans certaines circonstances plus que dans d'autres; mais on s'en rendra facilement raison d'après ce que nous allons dire.

Les habitans de ce quartier, qui sont presque tous des rempailleurs de chaises, mettent leurs joncs et autres plantes dont ils font usage, tremper dans des petits bassins qui sont contigus aux sources, et très-souvent les eaux se confondent. Il se fait donc dans ce cas une forte infusion à chaud de ces plantes, c'est pourquoi les réactifs y manifestent la présence du soufre. Mais si on a soin de faire enlever tous les végétaux, l'odeur du gaz hydrogène sulfuré disparaît, et on ne trouve aucune différence entre les eaux de ces sources et celles des autres, preuve incontestable que la présence du soufre est due à la décomposition instantanée des végétaux qu'on fait tremper dans cette eau: du reste, ici comme aux environs de toutes les autres sources thermales, la végétation y est beaucoup plus vigoureuse que partout ailleurs.

#### *Des Baignots, ou des Bains proprement dits.*

Le local des bains publics, connu sous le nom de *Baignots*, est situé à quatre cents pas environ de la ville, au pied d'un mamelon basaltique, appelé *Pouy-d'Eouze* ou d'Eure (*Mons urens*), qui fut jadis le siège d'un volcan éteint depuis une époque qui se perd dans les nuits des siècles. On y arrive en longeant la rivière, à l'ombre d'une superbe allée d'ormeaux qu'on y a fait planter, et qui est une des promenades les plus agréables et les plus fréquentées.

Le bâtiment qu'on y a construit offre des logemens vastes, propres, commodes et bien distribués; en sorte que les personnes que leurs infirmités attirent à ces bains, et qui ne veulent pas demeurer en ville, sont assurées d'y trouver tout ce qui est nécessaire aux besoins de la vie, ou, pour mieux dire, tout ce qui convient à des valétudinaires.

On peut, si on le désire, se baigner sans sortir de sa chambre. Si on l'aime mieux, on se rend à la source même, là on rencontre des bains d'eau et boues thermales de toutes les températures, depuis 25 degrés jusqu'à 49, si on pouvait les prendre aussi chauds. Lorsqu'on veut prendre des bains de vapeurs seulement, on le peut encore, puisque les pavillons des bains, bâtis en pierre, très-bien voûtés et très-clos, sont disposés exprès pour cela.

On a établi dans le même lieu des douches de différentes forces, pour ceux des malades qui ont besoin de ce moyen de guérison. Elles sont tellement construites, que le valétudinaire peut recevoir la douche, et être en même-temps plongé dans les eaux, ou dans les boues thermales.

#### *Des Sources Adouriennes.*

Nous comprenons sous ce nom la multiplicité des sources qui se montrent à tous les pas sur les bords de l'Adour, ou même dans son lit. Les plus remarquables sont; l'une, presque à l'entrée de l'allée des Baignots, à l'Est d'un massif de pierres où était jadis des bains avant l'établissement des Baignots, et l'autre, à peu près vis-à-vis l'allée qui conduit sur le plateau du Pouy-d'Eouze, c'est-à-dire, presque à l'extrémité Ouest de la même avenue. Une espèce de bouillonnement perpétuel qui se fait remarquer à la surface de l'eau, la fait facilement distinguer. Celle-ci sourd à travers un sol argileux, et la seconde, de la roche d'un marbre qui paraît du calcaire primitif, et sert de base, ou tout au moins est adossé aux masses basaltiques du Pouy d'Eouze. L'une et l'autre paraissent très-abondantes, et tiennent constamment l'eau de l'Adour, dans cette partie, à plusieurs degrés au-dessus de sa température que partout ailleurs, sans qu'on puisse cependant la fixer.

Si au moyen des travaux convenables, on réunissait toutes les sources pour les conduire aux Baignots ou partout ailleurs, tout porte à croire qu'on obtiendrait une masse d'eau pour le moins aussi forte que celle de la fontaine chaude.

D'après tous ces détails, on trouvera étonnant qu'on n'ait pas cherché à tirer parti de cette masse d'eau et qu'on n'ait pas donné au local des Baignots le perfectionnement dont un semblable établissement serait susceptible.

*Des propriétés médicinales de toutes ces Eaux et Boues.*

On s'imagine bien qu'une eau dans chaque livre de laquelle il se trouve neuf grains à peu près de divers principes minéralisateurs, parmi lesquels se trouvent notamment quatre grains de sulfate de chaux, ne saurait être recommandée intérieurement comme eau minérale. Aussi ne doit-on pas être surpris de ce qu'elle pèse sur presque tous les estomacs, de ce qu'elle excite quelquefois des nausées, le vomissement même; ce qui ne doit nullement étonner, à ne considérer que sa haute température. Il faut néanmoins observer que plusieurs personnes en boivent tous les matins sans en être incommodées; elles prétendent même s'en bien trouver. Il faut encore remarquer qu'elle entre dans la confection du pain, et que personne ne s'en plaint. Il n'est pas non plus hors de propos de faire observer que lorsqu'on veut en être purgé, on y ajoute quelque sel approprié.

Quant à leur usage extérieur, nous ne craignons pas d'avancer que la réputation des eaux et boues thermales de Dax est trop bien établie, pour qu'il soit nécessaire de faire ici l'éloge de tous les bons effets qu'on en obtient dans la cure des rhumatismes chroniques, des douleurs vagues, des paralysies, dans les distentions violentes des ligamens articulaires, dans les contractions des muscles, dans toute espèce de difficultés de mouvement volontaires; en un mot, dans toutes les maladies qui ont leur siège dans la fibre musculaire, et qui gênent le mouvement de quelque partie du corps. Nous pourrions même, à l'exemple de tant d'autres qui ont écrit sur les eaux minérales, et pour grossir le volume, rassembler une foule d'observations, qui toutes seraient à l'avantage de nos eaux; mais un tel étalage n'ajouterait rien à leur réputation.

Maintenant nous allons nous occuper des autres eaux thermales environnantes, en commençant par celles de Saubusse.

*Des Eaux et Boues thermales de Saubusse.*

Les eaux et boues thermales de Saubusse, connues sous le nom de *Bains de Joannin*, sont situées sur la rive droite d'un demi-lieu de d'Adour, au milieu d'une lande marécageuse, à deux lieus de l'ouest de Dax, et à quelques

centaines de pas d'un moulin, dit de *Joannin*, qui a donné son nom aux bains dont nous parlons; elles sont distantes de demi-lieu du village de Saubusse, et d'un quart de lieu à peu près de toute habitation, à l'exception du moulin qui ne comporte que le logement du meunier.

À côté de la fosse, qu'on a décorée du nom de *Bains*, est une cabane couverte de chaume pour la commodité des malades. Cette fosse est un bourbier où il y a à peine un mètre d'eau; le reste est une vase très-onctueuse, résultante de la tourbe délayée dans l'eau thermale.

C'est dans cette fosse, qui n'est abordable que dans la sécheresse, que les valétudinaires vont chercher du soulagement à leurs infirmités.

La température de ces eaux et boues thermales, est communément à 27 degrés de l'échelle de Réaumur. Nous disons communément, parce que les eaux pluviales y occasionnent des changemens très-considérables.

L'eau n'a aucun mauvais goût et n'exhale aucune odeur désagréable. Son abondance et sa limpidité varient beaucoup, et subissent des modifications qu'il est impossible d'apprécier. L'analyse par l'évaporation a fourni, pour quarante livres d'eau, les résultats suivans, savoir :

|                                                                                            |   |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
| 1 <sup>o</sup> . Muriate de magnésie.                                                      | 0 | 18 |
| 2 <sup>o</sup> . Muriate de soude.                                                         | 2 | 30 |
| 3 <sup>o</sup> . Muriate de chaux.                                                         | 0 | 36 |
| 4 <sup>o</sup> . Sulfate de chaux.                                                         | 0 | 78 |
| 5 <sup>o</sup> . Substance savonneuse, glutineuse, jaunâtre, attirant l'humidité de l'air. | 0 | 4  |
| Total.                                                                                     | 3 | 34 |

D'après tous ces détails, on doit conclure que les *Bains de Joannin* ne sont pas merveilleusement situés; cependant ils sont très-fréquentés pendant tout l'été et une partie de l'automne, par des personnes affectées de rhumatismes et autres maladies analogues.

*Des Eaux et Boues thermales de Préchac.*

La source thermale de Préchac n'est pas moins curieuse que la fontaine chaude de Dax. Comme cette dernière, elle

est située sur la rive gauche de l'Adour, dans la commune de Préchac, distante de trois lieues et à l'Est de Dax. Elle est au milieu d'un bois marécageux, qui n'est praticable qu'après les plus grandes sécheresses.

L'eau jaillit à travers un sol argileux, et est reçue dans un bassin naturel, creusé en entonnoir, à peu près de forme circulaire et de 4500 pieds quarrés de surface. La quantité d'eau qu'elle fournit, peut, sans erreur, être évaluée de 45 à 50 pieds cubés par minute.

Ici comme à Dax, cette abondance est hors de l'influence des eaux pluviales et fluviales, à moins d'un débordement. Sa limpidité toujours la même, aux exceptions près, occasionnées par les inondations de l'Adour, qui n'en est distant que de 400 pas, et à peu près au même niveau que ses bords, voilà pourquoi la plaine où est située l'eau thermale est inondée lors des débordemens, ce qui interrompt toute communication.

On ne trouve aux environs aucune source d'eau froide, ce qui force les valétudinaires à la faire venir de fort loin, si mieux ils n'aiment boire l'eau thermale refroidie, ou celle de l'Adour, quelle que soit sa température ou son peu de limpidité. La maison la plus voisine est à un quart de lieue, et le village encore plus loin.

Tous ces inconvéniens, graves très-certainement, n'ont pas empêché le propriétaire d'y faire construire un grand bâtiment pour la commodité des valétudinaires, qui sont tous de la classe la moins aisée du peuple; mais on ne peut rien voir de plus mal distribué que cet édifice. L'eau de la source est conduite dans l'intérieur de cet édifice, où elle est reçue dans une caisse en pierre de cinq pieds de large sur soixante-six de long, sans aucune espèce de séparation; en sorte que les malades sont obligés d'être là pêle-mêle, se baignant, si non tous en même-tems, du moins dans la même eau, parce qu'il faut un tems très-long pour laisser refroidir un parallépipède d'eau de huit cent vingt-cinq pieds cubés.

Nous ne disconvenons pas que les boues et eaux thermales de Préchac peuvent être, et sont en effets salutaires contre les mêmes maladies que l'on combat efficacement avec les eaux et boues thermales de Dax; mais quand on considère tous les inconvéniens dont nous venons de parler, que

les environs de ce lieu sont en outre couverts d'eau les trois quarts de l'année; que pendant la saison des bains le fond des marres est à sec; que par conséquent la vase se trouve à cette époque en contact avec l'atmosphère; qu'on peut se procurer les mêmes avantages, sans courir les mêmes risques, en se rendant à Dax, nous ne saurions jamais conseiller à nos malades d'aller se séquestrer dans ce désert, où il existe d'ailleurs un foyer de fièvres intermittentes et rémittentes, pernicieuses, et autres maladies de ce genre.

Le goût des eaux de Préchac est d'un piquant désagréable et nauséux; elle laisse au fond du gosier la sensation des eaux hépatisées. Quand on en est à quelque distance, l'odeur d'hydrogène sulfuré est très-sensible. La vapeur qui s'en élève est blanchâtre, et on s'imaginerait voir de l'eau dans laquelle on aurait dissous du savon.

L'odeur dont nous venons de parler se communique aux corps qu'on plonge dans l'eau; nos mains elles-mêmes la conservèrent toute la journée, pour avoir touché, à plusieurs reprises, la plante qui y croît (1). Du reste, l'eau est très-limpide, et sa température est, sur les bords du bassin, marquée par le 43<sup>e</sup> degré de l'échelle de Réaumur.

#### Analyse de l'eau précédente.

Quarante livres de l'eau de Préchac, soumise préalablement à l'action des réactifs, ont fourni par l'évaporation les résultats suivans:

|                                               | gros. | grains. |
|-----------------------------------------------|-------|---------|
| 1 <sup>o</sup> . Muriate de magnésie. . . . . | 0.    | 44      |
| 2 <sup>o</sup> . Muriate de soude. . . . .    | 1.    | 54      |
| 3 <sup>o</sup> . Sulfate de soude. . . . .    | 1.    | 48      |
| 4 <sup>o</sup> . Carbonate de chaux. . . . .  | 0.    | 4       |
| 5 <sup>o</sup> . Sulfate de chaux. . . . .    | 1.    | 38      |
| 6 <sup>o</sup> . Terre siliceuse. . . . .     | 0.    | 6       |

Total. . . . . 5, 50

#### Des Eaux thermales de Tercis.

La source des eaux thermales de Tercis est située dans la commune de ce nom, à une petite lieue et au Sud-Ouest

(1) *Tremella thermalis.*

dé Dax , et à mi-côté d'un joli vallon arrosé par le *Luy*. L'eau sourd à travers un banc de roches calcaires où se font remarquer différentes espèces de coquilles , madrépores , et autres productions marines de la famille des mollusques. Elle fournit trois pieds cubes d'eau par minute.

L'eau est limpide et à l'abri de l'influence des eaux pluviales ou fluviales. Leur chaleur est constamment la même et fait dilater le mercure jusqu'au 33°. degré.

Elle n'a aucun mauvais goût proprement dit , et l'odeur est celle des eaux hépatisées. Elle dépose , dans les tuyaux d'écoulement et dans la rigole du déversoir , une substance blanchâtre , glaireuse , qui , séchée et placée sur les charbons ardents , s'enflamme à la manière du soufre , et exhale la même odeur que lui pendant la combustion.

Vingt livres de cette eau , soumise d'abord à l'action réitérée des réactifs , ont donné par l'évaporation les résultats suivans , savoir :

|                                                                   | gros. | grains. |
|-------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| 1°. Muriate de soude. . . . .                                     | 5     | 40      |
| 2°. Muriate de magnésie. . . . .                                  | o     | 36      |
| 3°. Carbonate de magnésie. . . . .                                | o     | 16      |
| 4°. Sulfate de chaux. . . . .                                     | o     | 4       |
| 5°. Carbonate de chaux. . . . .                                   | o     | 8       |
| 6°. Soufre. . . . .                                               | o     | 2       |
| 7°. Une substance terreuse, non soluble, non vitrifiable. . . . . | o     | 6       |
| Total. . . . .                                                    | 6     | 40      |

Quant à ses propriétés médicinales , le médecin les déduit assez aisément de l'analyse ci-dessus.

FIN DU VINGT-QUATRIÈME VOLUME.

## TABLE DES ARTICLES

CONTENS dans les six Cahiers du Journal des Mines , formant le second Semestre de 1808 , et le vingt-quatrième volume de ce Recueil.

N°. 1391, JUILLET 1808.

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| MÉMOIRE sur l'Action chimique des chaînes galvanico-électriques simples formées de dissolutions métalliques d'eau ou d'acier, et d'un métal ; et sur la désoxydation des oxydes métalliques ; par M. <i>Bucholz</i> . . . . .                                          | Page 5       |
| DESCRIPTION d'une suite d'Expériences qui montrent comment la Compression peut modifier l'action de la Chaleur ; par Sir <i>James Hall</i> , Membre de la Société Royale d'Edimbourg. Traduit de l'anglais par M. <i>Pictet</i> , de la Légion d'Honneur, etc. . . . . | 23           |
| MÉMOIRE sur un nouveau genre de liquéfaction ignée, qui explique la formation des laves lithoïdes ; par M. <i>de Drée</i> . . . . .                                                                                                                                    | 33           |
| CHIMIE minérale . . . . .                                                                                                                                                                                                                                              | 71           |
| SUPPLÉMENT à la <i>Mécanique céleste</i> ; par M. <i>Laplace</i> . . . . .                                                                                                                                                                                             | 73           |
| ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts. . . . .                                                                                                                                                                                                       | 79           |
| Essai sur l'Art de la Verrerie ; par M. <i>Loysel</i> , Correspondant de l'Institut. . . . .                                                                                                                                                                           | <i>ibid.</i> |

N<sup>o</sup>. 140, A O U T 1808.

- RAPPORT fait au Conseil des Mines de l'Empire, sur les anciennes Mines de plomb, cuivre et argent des environs de *Trarbach* (Rhin-et-Moselle); par M. *Calmelet*, Ingénieur des Mines et Usines, en station dans les départemens de Rhin-et-Moselle et de la Sarre. . . Page 81
- SUR les Mesures à observer dans la disposition des foyers de forges, et sur les instrumens qui servent aux ouvriers pour la détermination de ces mesures; par M. *Gallois*, Ingénieur des Mines. . . . . 105
- SUR les Eaux thermales de *Dax*. (Extrait du *Bull. Poly-mathique*). . . . . 111
- ESSAI sur la Géologie du Nord de la France; par *J. J. Omalius d'Halloy*. . . . . 123
- INTRODUCTION. . . . . *ibid.*
- PREMIÈRE RÉGION. La Campine. . . . . 146
- DEUXIÈME RÉGION. La Flandre. . . . . 149
- ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts. . . . . 159
- I. Expériences sur la mesure du pendule à secondes, sur différens points de l'arc du méridien compris entre *Dunkerque* et l'île de *Formentera*. . . . . *ibid.*
- II. Essai sur la Théorie des nombres, par M. *Legendre*, etc. . . . . 160
- 
- N<sup>o</sup>. 141, S E P T E M B R E 1808.
- NÉCESSAIRE du Métallurgiste, composé d'instrumens propres à déterminer d'une manière prompte et facile les

- diverses dispositions des foyers de forges et fourneaux; par M. *Gallois*, Ingénieur des Mines. . . . Page 161
- ESSAI sur les Réfractions astronomiques dans la zone torride, correspondantes à des angles de hauteurs plus petits que dix degrés, et considérées comme effet du décroissement du calorique; par M. *de Humboldt*. . . 169
- RAPPORT (sur un Mémoire de M. *Malus*) fait à la première Classe de l'Institut; par M. *Laplace*. . . 219
- ANALYSE du *Nadelertz* de *Sibérie*; par M. *John*. . . 227
- CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES sur la Minéralogie du département de l'*Hérault*; par M. *Marcel-de-Serres*. (Extrait). . . . . 231
- ANNONCES concernant les Mines, les Sciences et les Arts. . . . . , 237
- Description topographique et statistique de la France, dédiée et présentée à S. Ex. M. le Comte *Regnaud de Saint-Jean-d'Angely*, Ministre d'Etat; par *P.-G. Chanlaire*, Membre de l'Académie Celtique, de la Société d'Agriculture du département de la Haute-Marne, etc.; et par *J. Peuchet*, Membre de l'Académie Celtique, de celle de Caën, de la Société d'Agriculture, etc. . . . . *ibid.*
- 
- N<sup>o</sup>. 142, O C T O B R E 1808.
- HAUTEURS mesurées barométriquement dans le département du *Puy-de-Dôme*. (Extrait d'un Mémoire sur le Nivellement des plaines, etc.); par M. *Ramond*. 241
- SUR les formes cristallines du Fer arsénical; par M. *Haiiy*. . . . . 261
- NOTE sur un Oxyde naturel vert de chrome; par M. *Gillet-Laumont*, Membre du Conseil des Mines. . . 269

|                                                                                                                                                                        |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| SUITE de l'Essai sur la Géologie du Nord de la France ;<br>par <i>J. J. Omalius-d'Halloy</i> . . . . .                                                                 | Page 271     |
| TROISIÈME RÉGION. Le Condros. . . . .                                                                                                                                  | <i>ibid.</i> |
| QUATRIÈME RÉGION. Le Hainaut. . . . .                                                                                                                                  | 302          |
| EXPÉRIENCES sur la propagation du son à travers les corps<br>solides , et à travers l'air dans des tuyaux cylindriques<br>très-allongés ; par <i>M. Biot</i> . . . . . | 319          |

N<sup>o</sup>. 143 , NOVEMBRE 1808.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| SUR une nouvelle forme cristalline de Bismuth ; par<br><i>M. Haüy</i> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 321          |
| DESCRIPTION du Cuivre phosphaté ; par <i>M. Hersart</i> ,<br>Ingénieur des Mines. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 331          |
| DE la mesure des hauteurs par le baromètre. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 339          |
| SUITE de l'Essai sur la Géologie du Nord de la France ;<br>par <i>J. J. Omalius-d'Halloy</i> . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 345          |
| CINQUIÈME RÉGION. L'Artois. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <i>ibid.</i> |
| SIXIÈME RÉGION. Le Boulonnais. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 348          |
| SEPTIÈME RÉGION. L'Ardenne. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 351          |
| HUITIÈME RÉGION. L'Eifel. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 367          |
| DICIONNAIRE allemand - français , contenant les termes<br>propres à l'exploitation des mines , à la minéralurgie et<br>à la minéralogie , avec les mots techniques des sciences et<br>arts qui y ont rapport , suivi d'une table des mots fran-<br>çais indicative des mots allemands qui y répondent ; par<br><i>J. Beurard</i> , Agent du Gouvernement sur les Mines de<br>mercure du ci-devant Palatinat , Membre et Correspon-<br>dant de plusieurs Sociétés savantes. . . . . | 393          |
| ANNONCES concernant les Mines , les Sciences et les<br>Arts. . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 397          |

|                                                                                                                                     |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| I. <i>Annales forestières</i> , faisant suite au <i>Mémorial fores-<br/>tier</i> . . . . .                                          | Page 397 |
| II. Note sur la suppression de la Tire dans la fabrication<br>des étoffes façonnées ; par <i>M. Jacquard</i> , de <i>Lyon</i> . 399 |          |

N<sup>o</sup>. 144 , DÉCEMBRE 1808.

|                                                                                                                                                                                                                             |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| SUR la double Réfraction de la lumière dans les cristaux<br>diaphanes ; par <i>M. Laplace</i> . . . . .                                                                                                                     | 401          |
| DESCRIPTION MINÉRALOGIQUE du département de la <i>Haute-<br/>Garonne</i> . ( Première Notice ) ; par <i>M. Brochin</i> , Ingé-<br>nieur en chef des Mines. . . . .                                                          | 415          |
| FIN de l'Essai sur la Géologie du Nord de la France ; par<br><i>J. J. Omalius-d'Halloy</i> . . . . .                                                                                                                        | 439          |
| NEUVIÈME RÉGION. Le Hundsruck. . . . .                                                                                                                                                                                      | <i>ibid.</i> |
| DIXIÈME RÉGION. Le Luxembourg. . . . .                                                                                                                                                                                      | 450          |
| ONZIÈME RÉGION. Le Palatinat. . . . .                                                                                                                                                                                       | 455          |
| RÉSUMÉ. . . . .                                                                                                                                                                                                             | 460          |
| FIN de la Notice sur les Eaux et Boues thermales de <i>Dax</i> ,<br><i>Prézac</i> , <i>Saubusse</i> et <i>Tercis</i> ; par MM. <i>Jean Thore</i> et<br><i>Pierre Meyrac</i> . ( Extrait du <i>Bull. Polymathique</i> ). 467 |              |

## TABLE DES PLANCHES

*CONTENUES dans le vingt-quatrième Volume.*

- N<sup>o</sup>. 140. **PLANCHE VII.** Instrumens des forgerons.  
— 141. ——— **VIII.** Nécessaire du Métallurgiste.  
— 142. ——— **IX.** Formes cristallines du Fer arsénical.  
— 143. ——— **X.** Nouvelle forme cristalline de Bismuth.  
— 144. ——— **XI.** Double Réfraction de la lumière dans les cristaux diaphanes.