JOURNAL
DES
MINES.

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, Haüy, Vauquelin, Baillet, Brochant, Tremery et Collet-Descostils.

Publié par le Conseil des Mines de l'Empire Français.

VINGT ET UNIÈME VOLUME.

PREMIER SEMESTRE, 1807.

A PARIS,

De l'Imprimerie de Bossange, Masson et Besson, rue de Tournon, N°. 6.

JOURNAL DES MINES.

N°. 121. JANVIER 1807.

MÉMOIRE

SUR LA DÉSULFURATION DES MÉTAUX;

Par M. Gueniveau, Ingénieur des Mines.

Dans le grand nombre de *sulfures métalliques* que la nature nous présente, il s'en trouve plusieurs dont la décomposition est très-importante dans les arts : les sulfures de fer, de cuivre, de plomb, de mercure, etc. donnent lieu à des procédés métallurgiques, qui doivent particulièrement occuper ceux qui se livrent à l'étude des arts chimiques.

La nature et les propriétés de ces composés sont bien connues depuis que la chimie en a fait l'objet de ses travaux ; cependant les faits recueillis dans les laboratoires n'ayant pas été comparés avec soin, à ceux que fournissent les usines, malgré que l'on sache très-bien que c'est le meilleur moyen de parvenir à des résultats utiles, et la théorie des diverses opérations auxquelles on soumet les *sulfures*, ne s'est pas encore ressentie des progrès de la science. Je me suis proposé, dans ce Mémoire, de suppléer à ce qui manque à cet égard : pour cela, j'ai rassemblé beaucoup d'expériences et

d'observations connues depuis long-tems, j'y ai joint quelques recherches qui me sont particulières, et j'ai déduit de leur examen, des conséquences qui apportent quelques changemens aux idées que l'on a généralement sur le traitement des sulfures métalliques.

§. Ier.

De l'action de la chaleur *sur les sulfures métalliques.*

L'action de *la chaleur* sur les sulfures métalliques doit être examinée la première, parce quelle se retrouve dans toutes les opérations dans lesquelles on se propose de décomposer ces substances : pour l'apprécier d'une manière exacte, j'ai choisi des expériences et des observations dans lesquelles cette action est *entièrement isolée*, ce qu'il importe de remarquer ; car c'est pour n'avoir pas analysé des effets produits par plusieurs causes, qu'on a attribué en métallurgie, au *calorique seul*, une puissance *désulfurante* qu'il ne me paraît pas posséder à un très-haut degré.

Sulfure de mercure et d'arsenic.

Les sulfures de mercure et d'arsenic se volatilisent en vaisseaux clos, lorsqu'ils sont exposés à une température un peu élevée. Le sulfure sublimé a souvent une couleur différente de celui qui ne l'a pas été, et les expériences de MM. Proust et Thénard, démontrent que ce changement est la suite d'une variation dans la proportion des élémens de ce composé.

Pyrite de fer.

Le sulfure de fer naturel (pyrite de fer) n'éprouve, de la part du calorique, qu'une décomposition partielle : en le distillant dans

une cornue, on ne peut en retirer la moitié du soufre qu'il contient (1). En Saxe, la distillation en grand, des pyrites, ne donne jamais plus de 13 à 14 centièmes de leur poids, de soufre (2).

Ces faits ne suffisant point pour fixer mon opinion sur les effets de la chaleur, parce que toutes les expériences qui sont venues à ma connaissance, ont été faites à une température peu élevée, j'entrepris la suivante : je mis dans un creuset brasqué, de la *pyrite de fer* pulvérisée ; je la recouvris de poussière de charbon et chauffai pendant une heure, à la forge ; je trouvai une masse, conservant encore tous les caractères d'une pyrite ; elle paraissait avoir été complètement fondue et retenait les *deux tiers* du soufre contenu dans la pyrite naturelle. Cette expérience ayant été répétée ne me laissa aucune incertitude sur les effets de la chaleur *seule sur le sulfure de fer*, et je crois pouvoir en conclure, que quelque soit la température, ils se réduisent à opérer une décomposition partielle.

Cuivre sulfuré et cuivre pyriteux.

Le cuivre sulfuré et le cuivre pyriteux soumis à l'action de la chaleur, donnent lieu à des effets analogues à ceux que nous avons observés pour celui de fer ; la distillation du cuivre pyriteux, ne m'a donné que très-peu de soufre : ces deux espèces de minerais de cuivre peuvent, au reste, être considérées comme des mélanges des sulfures de cuivre et de fer, et le

(1) Proust. *Journal de Physique*, tome 53.
(2) *Schlutter*, tome 2, page 228 de la traduction.

soufre que la chaleur en sépare, provient presqu'uniquement du sulfure de fer (1).

Le sulfure de plomb ou galène, est un des minéraux dont le traitement est le plus varié : tous les chimistes s'accordent à le regarder comme composé de soufre et de plomb seulement, dans la proportion de 15 du premier et 85 du second. J'ai mis d'autant plus de soin à observer les effets du calorique sur la *galène*, qu'en essayant d'en séparer le soufre par cet agent, je pouvais espérer obtenir du plomb métallique, dont la pesanteur et la fusibilité rendent la réunion très-facile. Il m'a d'ailleurs été fort aisé d'opérer à l'abri du contact de l'air.

Sulfure de plomb.

Je mis dans une cornue, 30 grammes de galène réduite en poussière que je chauffai, pendant deux heures, assez faiblement pour ne pas l'agglutiner : il ne se dégagea qu'un peu d'acide sulfureux produit par l'action de l'air des vaisseaux, et je n'aperçus pas de *soufre* sublimé au col de la cornue. J'augmentai le feu pendant deux autres heures, jusqu'à ce que la galène et le vase qui la contenait, eussent éprouvé un commencement de fusion. Le soufre volatilisé dans cette seconde partie de l'opération, était en si petite quantité, qu'il ne me fut pas possible de le détacher et de le peser; le résidu avait conservé le brillant métallique ; il était agglutiné et ne contenait pas un atôme de plomb ductile (2).

(1) Voyez les Expériences de M. Proust dans le *Journal de Physique*, tome 54.

(2) Il est peu de chimiste qui n'ait fait cette expérience et n'en ait obtenu les mêmes résultats. Je ne puis m'empê-

La chaleur n'ayant pas été très-forte dans cette expérience, je soumis au feu de forge, de la galène pulvérisée, placée dans un creuset brasqué et recouverte de poussière de charbon : je trouvai une masse qui avait été bien fondue et semblable à ce qu'on appelle *matte de plomb*, en métallurgie ; il n'y avait pas de plomb de réuni, mais seulement quelques parties du culot étaient un peu ductiles. L'analyse me fit connaître qu'il y était resté les *trois cinquièmes* environ, du soufre contenu dans la galène. J'attribuai une partie de la perte de 27 pour 100, qu'elle avait éprouvé par l'action du feu, à la volatilisation en nature du sulfure de plomb ; car celle due à la séparation du soufre, ne pouvait aller qu'à 6 pour 100, au plus.

La galène n'éprouve donc de la part de la chaleur, qu'une décomposition très-incomplète.

Je ne parlerai pas en particulier des sulfures de zinc, d'antimoine, etc. parce que je ne connais point d'expériences suffisantes pour déterminer, d'une manière certaine, les effets que la chaleur produit sur eux ; mais l'analogie me porte à croire qu'elle ne les décompose pas complètement.

Tous les faits que j'ai présentés, me paraissent établir, que l'action du calorique seul sur les sulfures métalliques, et particulièrement sur ceux de fer, de cuivre et de plomb, se borne à

cher d'anticiper sur ce que j'ai à dire par la suite, en faisant remarquer que la même chaleur, aussi long-tems continuée, aurait avec *le contact de l'air*, opéré un grillage complet de la galène.

leur enlever une petite portion du soufre qu'ils contiennent, et ensuite à les fondre et même à les volatiliser.

§. II.

De l'action simultanée de la chaleur *et de* l'air atmosphérique, *sur les sulfures métalliques.*

L'opération métallurgique qui a pour objet la désulfuration des métaux est connue sous le nom de *grillage*. La plupart des auteurs qui en ont parlé, ne semblent y reconnaître d'autre agent de décomposition que le calorique, et ceux même qui depuis les nouvelles théories chimiques, ont remarqué l'influence de l'air atmosphérique, ne l'ont jamais regardée comme essentielle (1). Les expériences que j'ai rassemblées, ayant fait voir combien l'action de la chaleur seule est insuffisante pour décomposer un sulfure métallique, il faut nécessairement attribuer à l'oxygène atmosphérique,

Du grillage.

(1) Maquer partageait à cet égard l'opinion des métallurgistes; on trouve dans son *Dictionnaire de Chimie* (tome 2, page 428), le passage suivant : « Il y a plusieurs manières » de séparer le *soufre* des matières métalliques : premièrement, comme le soufre est volatile, et que ces substances » sont fixes ou du moins presque toutes moins volatiles que » lui, *la seule action du feu suffit pour enlever le soufre* » *à la plupart des métaux* ». Il paraît néanmoins qu'il avait senti l'importance du contact de l'air atmosphérique dans les *grillages*, puisqu'il dit, en parlant de sulfure de mercure et d'arsenic. . . . « Il ne serait pas impossible de les désou» frer sans intermède, par une chaleur bien ménagée, long» tems continuée, et *avec le concours de l'air* ».

la plus grande part dans la désulfuration des métaux, par le *grillage*. Les affinités du soufre et des substances métalliques pour ce principe, rendent cette assertion très-probable; elle est d'ailleurs prouvée par l'examen chimique des produits de tous les grillages, ainsi que par la manière dont on conduit l'opération. Au lieu de voir dans le grillage des sulfures, la volatilisation du soufre, *opérée par une chaleur ménagée et long-tems continuée*, ce sera la décomposition d'un sulfure par l'action simultanée de l'air et du calorique : et la nécessité reconnue de ne pas fondre le minerais, ne semblera plus commandée par la crainte de lui communiquer avec la liquidité, une force de cohésion qui s'opposerait à la séparation du soufre; mais plus simplement, parce que cet état bornerait l'action de l'air à une surface, qui ne pouvant être renouvelée, serait bientôt recouverte par l'oxide métallique. La combinaison de l'oxygène avec les élémens des sulfures, donne naissance à des *oxydes* et à des *acides*, dont les affinités influent beaucoup sur la séparation du soufre et les résultats d'un grillage : ceux-ci présentent ordinairement un mélange d'oxyde, de sulfate et de sulfure indécomposé. Je vais examiner séparément et avec détail le grillage de plusieurs espèces de sulfures, parce que la nature du métal apporte de grandes modifications dans leurs résultats; je ferai voir ensuite comment et sous quelle forme le soufre est séparé.

Grillage du cuivre pyriteux.

On arrange des morceaux de cuivre pyriteux sur des bûches, de la manière la plus convenable pour que la combustion se continue long-tems. La première chaleur sépare une partie du soufre, qui se distille en quelque sorte et peut être recueilli; mais ensuite c'est ce combustible qui sert, en brûlant, à continuer l'opération; il se dégage de l'acide sulfureux, dont l'élasticité augmentée par l'élévation de la température empêche la combinaison avec les oxydes métalliques. L'acide sulfurique qui se forme malgré le soin que l'on met à ralentir la combustion, s'unit aux oxydes de fer et de cuivre, mais le sulfate de fer se décompose en partie, par la suroxydation du métal.

La pyrite de fer soumise à la même opération, subit des décompositions analogues dont la succession est absolument la même.

Le grillage du cuivre pyriteux, au *fourneau à reverbère*, donne lieu aux mêmes phénomènes, et semblerait devoir permettre une séparation du soufre beaucoup plus complète, que celle que l'on opère à l'air libre. S'il n'en est pas ainsi, cela tient, sans doute, à ce qu'il est difficile d'empêcher l'agglutination du sulfure produite par l'élévation de température due à la combustion rapide et inévitable d'une grande quantité de soufre.

Il me reste à parler d'un fourneau dans lequel on opère, en même tems, la fonte et le grillage (jusqu'à un certain point) du cuivre

pyriteux : c'est celui dont on fait usage à Falhun en Suède (1); il a un creuset intérieur qui reçoit le produit d'une fonte de 24 ou 48 heures, et où se fait une séparation, ou pour mieux dire, une combustion du soufre. Le vent des soufflets donne sur le bain avec assez de

(1) Voici ce que l'on trouve dans les *Voyages métallurgiques* de Jars, tome 3, page 55 et suiv.

« La fonte du minerai grillé une *seule* fois, s'opère dans un fourneau qui a un bassin intérieur destiné à contenir le produit de l'opération ». . . . . « Quant il est échauffé on charge avec beaucoup de scories provenant de la fonte du cuivre noir, du quartz et peu de minerai ». . . . . « On ne mêle pas le *quartz* au minerai, mais on en ajoute, sur tout lorsque l'on craint l'embarras dans le bassin intérieur ». . . . « La fonte des mattes se fait dans le même fourneau, mais plus petit ». . . . . « Les matières restent plus long-tems dans le fourneau, car la percée ne se fait qu'au bout de deux fois 24 heures. On en retire *très-peu de mattes riches*, mais un très-gros saumon de cuivre noir ». . . . . « Cette méthode de fondre la pyrite est certainement la seule qui soit usitée, et qui malgré les inconvéniens qu'elle présente, peut néanmoins procurer de grands avantages : quoi qu'il en soit, nous conseillerons toujours d'en faire des épreuves de comparaison ». . . . . « Un autre avantage bien précieux est une *concentration* du métal contenu dans la *matière fluide qui est continuellement agitée par le vent des soufflets.* On en retire une moindre quantité de mattes, mais beaucoup plus riches. Nous avouons notre surprise à la fonte du cuivre noir « (celle qui donne le cuivre noir) » de voir le *peu de mattes riches* qui provenait d'une autre très-médiocre, et qui ne paraissait pas même *avoir été bien grillée* ». On peut croire en effet, avec M. Jars, que cette méthode de fondre le cuivre pyriteux est une des meilleures, s'il ne se volatilise pas plus de cuivre que par les autres procédés : mais si, comme je le pense, on pouvait substituer le *fourneau à réverbère* à celui de Falhun, en suivant d'ailleurs la même série d'opérations, elle aurait sans doute de grands avantages sur la fonte au fourneau à manche.

force pour écarter les scories et brûler une partie du soufre qui se trouve à la surface ; le fer est aussi oxydé, et l'on ajoute du quartz pour le vitrifier à mesure que le grillage s'opère (1). C'est ainsi que l'on peut expliquer la concentration du métal et le résultat général de la fonte qui surprit beaucoup M. Jars. Ce procédé est peut-être le seul dans lequel on sépare en même tems du soufre et du fer en aussi grande quantité.

La désulfuration du cuivre pyriteux, par le grillage, me paraît se faire : 1°. par la sublimation d'une petite portion de soufre qui peut être recueillie ou se brûler dans l'air ; 2°. par le dégagement de l'acide sulfureux, d'autant plus abondant, que l'opération est mieux conduite (2); 3°. par la vaporisation d'un peu d'acide sulfurique, dont la plus grande partie, cependant, reste unie au cuivre.

Grillage de la galène.

La galène est très-difficile à désulfurer complètement par le *grillage* : l'affinité de ses composans, pour l'oxygène, en rend à la vérité la désunion assez prompte ; mais celle des nou-

(1) Swedenborg (*de Cupro*, page 22), s'exprime ainsi : *Plurima ejus* (du fondeur) *ars in eo consistit ut lapidem siliceum, justo tempore et modo, sciat offerre.*

(2) Des expériences récentes de MM. Clément et Desormes ont fait voir que la combustion du soufre ne donne pas de l'acide sulfurique, aussi facilement qu'on l'avait cru ; mais ont sait que sa formation est déterminée par diverses circonstances particulières, telles que la présence des alcalis, oxydes, etc.

veaux composés, *l'acide sulfurique* et *l'oxyde de plomb*, donne naissance à une nouvelle combinaison qui retient le soufre et forme ainsi un obstacle à la désulfuration : c'est à cette même affinité de l'oxyde de plomb pour l'acide sulfurique, qu'il faut attribuer la facilité avec laquelle cet acide se forme dans le grillage de la galène.

Je vais analyser en détail les divers procédés auxquels cette importante décomposition a donné lieu, parce que je crois pouvoir rendre raison des phénomènes nombreux et compliqués qu'ils présentent.

Quelque soin que l'on mette à griller de la galène dans un *test à rôtir*, il est impossible de convertir tout le soufre en acide sulfureux, et d'éviter la formation de l'acide sulfurique ; le résultat présente toujours un mélange d'oxyde et de sulfate de plomb. Grillage en petit.

Dans les grillages opérés en grand, sur des aires préparées exprès, la proportion du sulfate de plomb est beaucoup plus considérable, elle est en raison de la température et de la facilité avec laquelle l'air pénètre le minerai ; de nombreuses analyses faites à l'école des mines me portent à croire que le schlich grillé à la mine de Pezey, contient du tiers à la moitié de son poids de sulfate de plomb, d'où il suit, qu'en supposant même, toute la galène décomposée, le grillage n'a pas séparé la moitié du soufre qu'elle contenait. En plein air.

Le fourneau à réverbère est employé avec un grand succès, à griller les minerais de plomb sulfuré. On parvient même dans cer- Au fourneau à réverbère.

taines fonderies (1) à opérer dans ce fourneau, une séparation si complète du soufre, qu'il suffit, quand on juge le grillage fini, d'ajouter du charbon pour obtenir de suite une grande quantité de plomb métallique. On ne peut cependant douter, qu'il ne s'y forme beaucoup de sulfate de plomb, qui, est comme nous l'avons vu, un résultat nécessaire de l'action de l'air sur la galène soumise à une haute température; les cheminées des fourneaux en sont d'ailleurs remplies. La décomposition de ce sulfate par le charbon, produit un sulfure ou une *matte* de plomb; et quoiqu'il puisse se dégager de l'acide sulfureux, il est très-difficile d'expliquer comment l'addition du charbon fait couler de suite *le plomb*, en quantité considérable. J'ai pensé que le sulfate de plomb était décomposé pendant le grillage, et qu'il ne restait plus après cette opération, qu'un oxyde peu mélangé, et je crois avoir trouvé la cause de cette décomposition, dans l'action de la galène encore indécomposée sur le sulfate formé. Les expériences suivantes feront connaître la nature et le résultat de cette action.

Je mis dans une cornue, un mélange d'une partie de sulfure de plomb pulvérisé et de trois de sulfate (2); je chauffai d'abord lentement. Lorsque la cornue fut rouge, il se fit un dégagement assez considérable de gaz acide sulfureux; il dura pendant une heure, au bout de

(1) A Poullaouen. Mémoire de MM. Beaunier et Gallois, Ingénieurs des Mines. *Journal des Mines*, tome 19.

(2) Fait par la voie humide.

laquelle

laquelle la cornue entra en fusion; le résidu avait été fondu, et me présenta un mélange d'oxyde et de sulfate de plomb. Je m'assurai que l'acide sulfureux qui avait été recueilli dans de l'eau n'était pas mêlé d'acide sulfurique.

Cette expérience annonce d'une manière certaine la décomposition du sulfate de plomb par le sulfure, ou plutôt celle de l'acide sulfurique qu'il contient par le soufre et le plomb de la galène. L'acide sulfureux provient sans doute également de l'oxygénation du soufre et de la demi-décomposition de l'acide, car je me suis assuré qu'il ne restait pas de sulfate dans le résidu. J'ai répété cette décomposition, en employant parties égales de galène et de sulfate; le dégagement de l'acide sulfureux a été plus abondant, et il est resté dans la cornue un mélange d'oxyde et de sulfure, d'où j'ai conclu, que si dans la première expérience, la proportion de sulfure de plomb était trop faible, elle était trop forte dans celle-ci. Je fis encore une tentative pour approcher davantage des proportions rigoureusement suffisantes, pour la décomposition mutuelle, et cherchai en même tems à m'assurer de l'oxydation du plomb contenu, à l'état métallique, dans la galène. Je mis 14 gramm. de sulfate bien mélangés avec 8 gramm. de sulfure, dans un creuset non brasqué, que je laissai rougir tranquillement. Je remarquai, qu'il se produisait un bouillonnement considérable, occasionné par le dégagement de l'acide sulfureux; je ne retirai le creuset que lorsque je vis la matière fondue en bain tranquille; je trouvai deux substances

bien séparées, l'une occupant la partie inférieure n'était que du sulfure de plomb fondu, sans mélange de *plomb ductile;* l'autre présentait tous les caractères de l'oxyde de plomb appelé *verre de plomb;* cette partie était une combinaison *d'oxyde* et de *silice* provenant du creuset, sans indices de sulfate de plomb.

Cette expérience me prouva que le plomb de la galène était oxydé aux dépens de l'acide sulfurique; mais elle ne fait pas connaître la quantité de galène nécessaire à la décomposition complète du sulfate. Je crois cependant que la proportion de *une partie* du premier à *deux* du second, est assez convenable; elle se rapproche d'ailleurs beaucoup de celle que l'on peut déduire par le calcul, de la composition de ces substances.

Les conséquences naturelles de ces faits sont les suivantes : 1°. la galène et le sulfate de plomb se décomposent mutuellement à une température élevée. 2°. Cette décomposition donne lieu à la formation et au dégagement d'une grande quantité d'acide sulfureux, et par conséquent à la séparation d'une portion considérable du soufre contenu dans le minerai (1). 3°. Le résultat est de l'oxyde de plomb lorsque les proportions sont convenables, et dans le cas contraire, un mélange d'oxyde et

(1) Si l'on admet qu'un mélange de 1 de sulfure et 2 de sulfate se décomposent entièrement et soient réduits à de l'oxyde de plomb, la quantité de soufre séparée sera $\frac{2}{3}$: de manière que 1 de sulfate, dans une quantité indéfinie de galène, séparera $\frac{1}{3}$ de partie de soufre, et 1 de sulfure dans du sulfate en séparera $\frac{2}{3}$.

de sulfate, ou d'oxyde et de galène. L'application de ces conséquences, au grillage du sulfure de plomb dans ce fourneau à réverbère est facile à faire. Je vais exposer la théorie de cette opération telle que je la conçois.

Théorie du grillage au fourneau à réverbère.

La galène pulvérisée ou le schlich de plomb, étendu sur la *sole* du fourneau en couche de quelques pouces d'épaisseur dont la partie supérieure est exposée à l'action de l'air, donne lieu aux phénomènes que nous avons observés, dans les grillages ordinaires. La chaleur vaporise un peu de soufre; l'air convertit une partie de celui sur lequel il agit, en acide sulfureux qui se dégage, et un autre plus considérable en acide sulfurique, qui se combine au plomb oxydé en même tems. On remue le minerais : le sulfate de plomb se mêle au schlich indécomposé, et leur décomposition produit de l'acide sulfureux; la surface de la couche qui a été renouvelée, reproduit du sulfate qui sert ensuite à opérer un nouveau dégagement de gaz, et à continuer ainsi la désulfuration à laquelle on ne voit d'autre terme que la décomposition complète de la galène. Si l'opération a été bien conduite, et s'il ne s'est pas formé trop de sulfate de plomb, le résultat du grillage sera de l'oxyde de plomb presque pur; dans le cas contraire, il pourra y rester du sulfate, que le charbon ramenera à l'état de sulfure, et dont la décomposition se fera comme celle de la galène. On peut juger, d'après cet exposé, combien il est important de ne pas fondre le sulfure de plomb soumis au grillage; car l'action de l'air sur le minerai fondu serait bientôt rendue nulle par la formation de l'oxyde

de plomb qui le recouvrirait, et le sulfate de plomb ne pouvant plus être mêlé avec la galène, il ne resterait aucun moyen de désulfuration.

Le grillage de la galène au fourneau à réverbère, se réduit donc à la conversion du soufre qu'elle contient, en *acide sulfureux*, et comme elle s'opère, en grande partie, par l'intermède du sulfate de plomb qui se forme continuellement, ce procédé permet une désulfuration beaucoup plus complète que les autres.

La même décomposition du sulfure de plomb par le sulfate, me paraît encore avoir lieu dans le traitement des minerais de plomb au *fourneau écossais* : en Ecosse on grille et on fond, par une opération non interrompue, de la galène, en employant de la houille et de la tourbe (1).

Grillage et fonte de la galène au fourneau écossais.

Ce même fourneau est employé avec succès à la mine de Pezey, à fondre de la galène *grillée* contenant au moins $\frac{1}{3}$ de son poids de sulfate de plomb. Il ne donne point de *mattes* pour résultat final (2), ce qui prouve qu'il permet la décomposition du sulfate et la séparation du soufre qu'il contient ; je pense que l'action de la partie réduite à l'état de *sulfure*, par le contact des charbons, sur le sulfate indécomposé, est une des causes principales de la désulfuration qui s'y opère.

Nous avons eu occasion de parler de plusieurs espèces de fourneaux (celui de Falhun

(1) *Jars*, tome 2, pag. 530 et 534.
(2) Mémoire de M. Lelivec, Ingénieur des Mines, tome 19 du *Journal des Mines*.

et les fourneaux écossais) dans lesquels les sulfures métalliques, éprouvaient un véritable grillage ; mais il en est d'autres où cet effet est extrêmement peu sensible. Je crois que c'est ici qu'il faut placer quelques réflexions sur les différences qu'ils présentent à cet égard. Elles pourront exciter d'autant plus d'intérêt qu'elles sont intimement liées à notre sujet, et qu'elles expliquent des phénomènes qui ne peuvent l'être dans la manière dont on a coutume d'envisager le grillage.

Réflexions sur les fourneaux.

C'est un fait bien reconnu dans les fonderies, que les fourneaux les plus élevés sont ceux qui permettent le moins la désulfuration, ou en langage métallurgique, qui produisent le plus de *mattes* : si l'on en désirait une preuve sans réplique, il suffirait de rapporter qu'on a vu à Pezey des minerais de plomb grillés, contenant beaucoup de sulfate de plomb, dont la fonte au fourneau écossais ne donnait pas de mattes (1), en produire une grande quantité quand ils étaient passés au fourneau à manche.

Si la chaleur seule décomposait facilement et complètement les sulfures métalliques, la partie supérieure des fourneaux élevés, serait bien propre à laisser opérer le grillage des minerais ; car outre que la température y est assez peu élevée, l'air qui y parvient, étant privé d'une partie de son oxygène, ne forme presque plus de ces sulfates qui s'opposent à la séparation du soufre : mais il en est tout autrement, et c'est à mes yeux une nouvelle preuve du peu d'effet de l'action seule du calorique sur

(1) En dernier résultat.

les substances. Le soufre se sépare des sulfures, ainsi que nous l'avons vu, à l'état d'acide sulfureux, et l'oxygène est indispensable à sa formation; dans les fourneaux peu élevés, l'air qui touche le minerai récemment chargé, contient encore beaucoup d'oxygène, l'acide sulfureux formé est bientôt soustrait à l'action désoxydante des charbons; s'il y en a une petite portion de décomposée, il se forme un nouveau sulfure qui est ensuite grillé comme le minerai : au fourneau écossais, par exemple, lorsqu'il coule des mattes, on les jette de suite dans le fourneau, et ce qui a échappé à une première opération est décomposé par une seconde; dans les fourneaux élevés, au contraire, le minerais placé à la partie supérieure, n'éprouve qu'une désulfuration très-incomplète, parce que l'air qui le touche ne contient que très-peu d'oxygène libre, l'acide sulfureux formé dans l'intérieur est décomposé pour la plus grande partie en traversant toute la hauteur du fourneau rempli de charbons, et le sulfure se recompose; celui-ci tend par sa pesanteur à gagner le bassin et n'y parvient qu'après une succession de décompositions, qui ne peuvent avoir lieu sans qu'il en résulte, ainsi qu'on l'observe en effet, une perte considérable en métal.

Tous les faits réunis dans ce paragraphe me semblent ne plus laisser de doutes sur cette proposition : la décomposition des sulfures métalliques par le grillage est produite par l'oxygénation de ses composans, et le soufre est séparé plus ou moins complètement à l'état d'acide sulfureux.

§. III.

Désulfuration des métaux indépendante de l'action de l'air.

Les affinités variées du soufre pour diverses substances minérales, offrent des moyens de décomposer certains sulfures; et la métallurgie en a déjà employé plusieurs avec succès. Pour que la décomposition d'un sulfure métallique par un minéral quelconque puisse faire la base d'un procédé métallurgique, il ne suffit pas que l'affinité de ce minéral pour le soufre soit plus grande que celle du métal; il faut encore, outre les conditions prescrites par l'économie, satisfaire à plusieurs autres absolument nécessaires à la réussite de l'opération, qui restreignent beaucoup le nombre des agens indiqués par la chimie : par exemple, si le sulfure résultant de la décomposition n'est pas fusible ou l'est très-peu, s'il a la propriété de se combiner au métal qu'il s'agit de séparer, ou, bien au sulfure encore indécomposé, il est évident qu'on n'atteindra point le but que l'on se propose, savoir, l'isolement de la substance métallique. On n'a guère fait usage jusqu'à présent que de la *chaux* et du *fer*.

Désulfuration du mercure.

Le sulfure de mercure est extrêmement facile à décomposer; il suffit de présenter au sonfre une substance qui puisse le retenir, et l'on volatilise le mercure seul. C'est ainsi que le fer

et la chaux sont employés ensemble ou séparément au traitement des mines de cinabre.

Désulfuration du cuivre.

Le cuivre pyriteux est fondu dans quelques usines, avec de la chaux, soit au fourneau à manche, soit au fourneau à réverbère; mais ce procédé n'est pas connu assez en détaillé pour que l'on puisse juger de l'efficacité de cet agent.

J'avais cru, avec quelques métallurgistes, que la supériorité bien reconnue de l'affinité du *fer* pour le soufre, sur celle du cuivre pour le même combustible, pouvait déterminer de la décomposition du *sulfure de cuivre* par ce métal, au moins dans certains cas : mais les expériences que je vais faire connaître ne m'ont pas permis de conserver cette opinion.

Décomposition par le fer.

Première expérience.

J'ai fait un mélange de 10 gramm. de cuivre pyriteux, dont je connaissais la composition, avec $4^{gram.},3$ de fer en limaille; je l'ai mis dans un creuset, recouvert de poussier de charbon, et il a été chauffé pendant $\frac{3}{4}$ d'heure à la forge. La proportion du fer avait été calculée de manière qu'elle suffisait pour enlever tout le soufre combiné au cuivre dans le minerai employé. J'ai trouvé dans le creuset une masse parfaitement homogène, pesant $13^{gram.},1$ qui ne contenait pas le *moindre globule de cuivre métallique*, ni aucun indice de *séparation* entre le *sulfure de fer* et celui *de cuivre* (1).

(1) Dans la décomposition de la *galène* par le *fer*, on observe, lorsque celui-ci est en trop petite quantité, trois substances distinctes, du plomb, du sulfure de plomb, et enfin du sulfure de fer à la partie supérieure.

Deuxième expérience.

Un autre essai fut fait en employant 10 gr. de cuivre pyriteux et 5 gramm. du même minéral *grillé;* c'est à peu près le cas des fontes dans lesquelles le minerai ou les mattes ne sont pas complètement désulfurées; la proportion du fer était encore suffisante pour séparer du cuivre qui était très-abondant dans le mélange. Je chauffai $\frac{3}{4}$ d'heure, et trouvai, comme dans l'expérience précédente, une masse homogène sans indice de cuivre métallique, ni de sulfure de cuivre pur : c'était une vraie *matte de cuivre.*

Troisième expérience.

Une troisième expérience, dans laquelle le cuivre pyriteux cru et celui grillé mélangés, à parties égales, et imbibés d'huile d'olive, ont été chauffés fortement pendant $\frac{1}{2}$ heure dans un creuset brasqué, n'a présenté qu'une poussière qui n'avait point éprouvé de fusion, sans doute à cause de la surabondance du fer.

Je crois que ce petit nombre d'essais suffit pour prouver que la *désulfuration* du *cuivre* par le fer, sera toujours très-difficile à opérer, parce qu'il se forme une *combinaison triple en toute proportion entre le soufre, le fer et le cuivre*, ou bien une combinaison entre *les sulfures de cuivre et de fer* qui s'oppose à la séparation du *cuivre.*

Désulfuration de la galène.

La galène est un des sulfures qui se prêtent

le mieux à la décomposition dont il s'agit; la fusibilité du plomb qui facilite sa réunion, ainsi que le peu d'affinité qu'il a pour le soufre, sont les causes de la réussite des tentatives que l'on a faites à cet égard. La *chaux* et le *fer* sont employés dans diverses circonstances à la désulfuration de la galène; l'usage de la chaux n'est pas très-général, et il est impossible de juger de ses effets d'après ce qui est connu des propriétés du sulfure de chaux. Le traitement de la galène par le *fer* ou la *fonte* en grénailles, est plus usité et paraît très-avantageux (1).

On a fait à l'Ecole des Mines du Montblanc, un grand nombre d'expériences sur la désulfuration de la *galène* par le *fer*, dont les résultats sont assez importans pour en faire désirer la publication.

Ce Mémoire renferme un assez grand nombre de faits qui pourront avoir leur application dans la Métallurgie, et suggérer divers essais à ceux qui cultivent l'art des mines. Je ne me suis permis d'en indiquer aucun, parce que je suis persuadé qu'ils se présenteront d'eux-mêmes à ceux qui sont capables de les diriger.

Toutes les recherches expérimentales ont été faites dans le laboratoire du Conseil des Mines, sous les yeux de M. Descostils, dont les conseils m'ont été extrêmement utiles pour leur donner cette exactitude qu'il a coutume de mettre à ses moindres travaux.

(1) Mémoire de M. Daubuisson sur la Mine de Tarnowitz. *Journal des Mines*, tome 17, page 437.

DE LA MINE DE PLOMB DE POULLAOUEN, EN BRETAGNE, ET DE SON EXPLOITATION.

Par J. F. Daubuisson.

SECONDE PARTIE (1).

Exploitation de la Mine.

Exploitation proprement dite.

Mode de travail sur la roche.

La masse principale du filon étant une espèce de schiste argileux, est en général peu dure. Dans les endroits où elle est fort tendre et en quelque sorte terreuse, on l'arrache à l'aide du pic; et j'observerai, en pasant, qu'on fait ici un usage aussi fréquent qu'avantageux de cet outil. Mais le plus souvent l'exploitation se fait à la poudre. Quant à la pointrôle, elle est presqu'inconnue à Poullaouen; il n'y a guère que les boiseurs qui s'en servent, et cela même leur arrive rarement; je n'en ai vu aucune entre les mains des mineurs durant mon séjour sur l'établissement.

Dans le travail à la poudre, les trous ont

(1) Voyez la première partie de ce Mémoire dans le tome précédent.

environ 4 décimètres de profondeur ; on les charge de 12 à 18 décagrammes (4 à 6 onces) de poudre. La manière dont on les fore et dont on les charge n'ayant rien de particulier, je ne m'y arrêterai pas ; je me bornerai à observer que la pierre dans laquelle on les fait, étant fendillée, on ne peut leur donner une grande profondeur : assez souvent même ceux de 4 décimètres restent sans effet ; la poudre, en s'enflammant, s'échappe à travers les fissures. Celle dont on fait usage, est de mauvaise qualité, ce qui exige qu'on en mette beaucoup plus qu'on ne ferait si elle était de qualité ordinaire. Les fleurets sont en fer et aciérés par le bout. Les épinglettes sont de même métal : peut-être préviendrait-on quelques-uns des accidens, qui, quoique rares, n'arrivent que trop souvent, si on leur substituait des épinglettes de cuivre ou de laiton, et si l'on bourrait les trous avec des boudins de glaise faits et séchés à cet effet : dans la pratique actuelle, chaque mineur bourre avec la matière qu'il juge à propos ; les plus circonspects vont sur les haldes chercher du schiste doux, c'est-à-dire, exempt de portions quartzeuses.

Le mineur, lorsque la roche est d'une dureté ordinaire, fait trois trous par poste (le poste est de 12 heures) et il reçoit 85 centimes en hiver, et 95 en été, de paye. C'est le sous-maître qui met, dans chaque trou, la poudre nécessaire.

Manière d'exploiter le filon.

L'exploitation du filon se fait *par galeries*. Je vais donner une idée succinte de la manière dont s'exécute ce travail. En règle générale, on perce, dans la bande métallifère, (soit sur

le filon, soit sur les veines) des galeries de 20 en 20 mètres les unes au-dessous des autres (la distance étant prise verticalement) : et l'on exploite successivement chacun des massifs compris entre deux galeries. Supposons, par exemple, que l'on ait déjà exploité, sur le filon, les massifs qui sont au-dessus de la galerie de 120 met. de profondeur ; et qu'il s'agisse d'exploiter celui compris entre cette galerie et celle de 140 m. : l'on descendra, dans ce massif, une *cheminée* (puits dans le corps du filon et suivant son inclinaison) : ensuite, de droite et de gauche, on poussera, toujours dans le massif, et aussi loin que le minerai s'étend, ou que l'airage le permettra, des *galeries d'exploitation*, ayant environ 2 mètres de hauteur et 1 ½ de large (en supposant que la puissance du filon surpasse cette largeur) : on laissera subsister entr'elles un *interstice* ou portion de filon de 6 à 7 décimètres d'épaisseur. Le massif se trouvera ainsi en grande partie exploité par les 5 ou 6 galeries que l'on vient de faire : il ne s'agira plus que d'enlever les interstices. On laissera subsister celui qui est immédiatement au-dessus de la galerie du fond (celle au niveau de 140 m.), afin de supporter le remblai que l'on va mettre dans l'espace autrefois occupé par le massif. Si cependant il était très-riche, on l'enleverait et on le remplacerait par un fort plancher. Supposons qu'on le laisse subsister, on se portera au-dessus, on arrachera la partie du filon que l'on aurait pu laisser sur les parois de la galerie à laquelle il sert de sol ; et on le recouvrira des morceaux de roche qu'on a arra-

chés dans ce travail et que l'on ne veut pas porter au jour. Cela fait, on attaquera l'interstice qui est au-dessus, et la partie stérile sera placée sur le remblai, et servira à l'exhausser. Si elle ne suffisait pas pour le porter au niveau de l'interstice qu'on vient d'enlever, on irait ailleurs chercher des décombres qui serviraient à atteindre ce but. On procédera ensuite à l'exploitation des parois de la galerie, et de l'interstice qui sont au-dessus, et l'on remblaiera. On ira ainsi successivement d'interstice en interstice jusqu'à celui qui est au haut du massif, et qui forme le sol de la galerie de 120 m. de profondeur : on le laissera subsister; mais cependant s'il était fort riche, on lui substituerait un plancher.

La nature ébouleuse du toit et son inclinaison rendent le remblai absolument nécessaire; et lorsque l'exploitation du massif ne produit pas assez de décombres pour le compléter, on va en chercher ailleurs; si l'on n'en a pas, on est quelquefois obligé de faire dans le voisinage quelque excavation (telle qu'une galerie en plein roc) pour s'en procurer.

Ce que nous venons de dire sur l'exploitation du filon a également lieu pour celle des veines. Si on ne pouvait, à l'aide d'une seule cheminée, exploiter tout le massif compris entre deux galeries, on en foncerait une seconde. On emploie ce même moyen pour hâter le travail.

Le mode *d'exploitation par galeries*, tel que nous venons de le décrire, a été introduit par M. Duchesne, pour économiser le bois (des *kastes*) dont on faisait une consommation

très-considérable, lorsqu'on exploitait par *ouvrages à strosses* (à gradins en descendant) : ainsi que cela se pratiquait autrefois à Poullaouen. Ce directeur a très-bien rempli son objet, il ne faut presque plus de boisage dans l'exploitation des massifs. On aurait pu atteindre ce même but, d'une manière à peu près aussi certaine, et qui aurait rendu l'exploitation et sur-tout le remblai plus faciles, en exploitant par *strosses renversées* (ouvrage à gradins en montant). Voyez sur cette sorte d'ouvrage d'exploitation, mon *Traité sur les mines de Freyberg en Saxe, et sur leur exploitation*, §§. 66 et 67.

La bande métallifère est à peu près entièrement exploitée jusqu'à la profondeur de 120 mètres, le premier groupe de branches l'est tout-à-fait, et on finit le second. On enlève en outre quelques petites portions que l'on avait laissées dans les parties supérieures; mais cela va être bientôt épuisé, et l'on fait les dispositions convenables pour attaquer le massif entre le niveau de 120 et celui de 140.

Nous avons dit qu'en général on faisait à Poullaouen des galeries de 20 en 20 mètres les unes au-dessous des autres. Cependant on s'est quelquefois écarté de cette règle. Dans le haut, les galeries sont plus rapprochées, et dans le bas, on en a fait quelques-unes d'intermédiaires. Assez ordinairement, au même niveau, on en a poussé sur toutes les branches qui existaient à cette hauteur, de sorte que la mine se trouve ainsi comme divisée en divers étages ou *niveaux* par ces galeries. Voici leur nom, et leur profondeur au-dessous de la Galeries.

superficie du sol, ou, à peu de chose près, au-dessous de l'orifice du puits St.-Georges.

Niveau de la galerie d'écoulement. .	9 mètres.
——— de 50 pieds.	16
——— 80.	26
——— 120 ou de Saint-Georges.	40
——— 150.	50
——— 180.	60
——— de la Boullaye.	75
——— intermédiaire.	89
——— de Beauvoir.	100
——— de la Paix.	120
——— du Fond.	140

Toutes les galeries poussées dans la bande métallifère, à ces divers niveaux, sur le filon et ses branches, sont en général dans de grandes dimensions; leur hauteur est de 2 à 2 ½ mètres, et leur largeur de 1 à 1 ½. Elles sont bien faites et bien tenues.

Les galeries de traverse qui sont dans la mine ont pour objet de communiquer d'une veine à l'autre ou d'un puits à l'autre. On en a trois grandes, de 130 m. de long: elles vont du puits St.-Georges à celui St.-Sauveur, et sont aux niveaux de *la Boullaye*, de *Beauvoir* et de *la Paix*. Celle *du fond* n'avait que 36 m. de long, lorsque j'étais sur le lieu; elle allait du puits St.-Georges vers le filon qu'elle était au moment d'atteindre.

Je n'ai vu que deux galeries de recherche proprement dites. Elles sont l'une et l'autre au niveau de la Boullaye hors de la bande métallifère, sur deux veines parallèles, distantes d'une vingtaine de mètres, et dont une est vraisemblablement le filon; elles ont été poussées vers

vers le midi et sont à 180 mètres du puits; il est vraisemblable qu'elles ne sont plus qu'à quelques mètres du filon de la *vieille mine*. Elles avaient ainsi pour objet, non-seulement de reconnaître le filon sur lequel elles sont poussées, mais encore celui sur lequel étaient les anciennes exploitations, dans un point assez éloigné de celui où les anciens s'étaient arrêtés.

On estime en général que le mètre courant de galerie dans les grandes dimensions que nous avons indiquées, revient de 50 à 70 francs.

Je parlerai plus bas de la galerie d'écoulement.

La mine a trois grands puits qui aboutissent au jour, et servent à l'extraction des minerais, ainsi qu'à celle des eaux. Ils sont tous les trois verticaux et taillés en plein roc: ils portent les noms de *St.-Georges*, *St.-Sauveur* et *Ste.-Barbe*. Le premier coupe le filon à 84 mètres de profondeur sur le bord méridional de la bande métallifère; le second ne l'atteindra qu'à près de 300 mètres, et le troisième l'ajoint à 150 mètres tout au fond des anciens travaux. Puits.

Celui de St.-Georges a 150 mètres de profondeur, sa coupe horizontale est un carré long, dont le grand côté a, dans œuvre, 3,41 mètres (10½ pi.) et le petit 1,95 (6 pi.). Il est divisé, par une cloison en charpente de 0,16 m. (6 p.) d'épaisseur, en deux compartimens dont l'un a 1,95 mètres de côté en carré, et l'autre 1,3 sur 1,95: le premier sert pour le passage des tonnes par lesquelles on extrait le minerai; et dans le second, on a placé les échelles pour descendre dans la mine, ainsi que deux rangées de pompes pour l'épuisement des eaux.

Le puits Saint-Sauveur, qui est celui que M. Brollman fit faire sur le toit du filon, en abandonnant les anciens travaux, ainsi que nous l'avons déjà dit, est à 132 mètres au N. E. $\frac{1}{4}$ E. du précédent. Il a 130 mètres de profondeur et 4,71 de long, sur 2,27 (7 pi.) de large. Il est divisé en deux compartimens égaux, l'un sert au passage des tonnes, et l'autre à l'emplacement des échelles, ainsi qu'à celui de 4 files de pompes. Il est dommage qu'il ne soit pas plus rapproché de la partie du filon qu'on exploite : au niveau de 120 mèt., la distance est encore de plus de 100 m.

Le puits de Sainte-Barbe construit sur les anciens travaux, est à 160 mètres au nord (en tirant un peu vers l'ouest) de celui de Saint-Georges. Sa profondeur est de 160 m., sa longueur de 4,06 m. (12 $\frac{1}{2}$ pi.) et sa largeur de 1,95 (6 pi.). Il est également divisé en deux compartimens égaux, et ne sert actuellement qu'à l'épuisement des eaux.

Outre les grands puits dont nous venons de parler, on en a encore 4 ou 5 petits, dont l'un appelé *puits de la bascule*, descend jusqu'au niveau de 50 p.; les autres ne vont que jusqu'à la galerie d'écoulement.

Les communications dans l'intérieur de la mine, d'un niveau à l'autre, se font encore par des puits, appelés *cheminées*, dont nous avons déjà parlé : ils sont faits dans le corps même du filon, et suivent son inclinaison. Ils ne sont, à proprement parler, que des *puits d'exploitation*; quelquefois on les comble lorsque le massif, sur lequel ils sont, est exploité; d'autres fois, on les laisse ouverts pour servir aux communications, et on ne leur donne alors que les dimensions nécessaires au passage des ouvriers. On en a actuellement deux principaux, consacrés à cet usage; l'un va du niveau de la Boulaye à celui S.-Georges, et l'autre de ce dernier à celui de 50 pi.

Boisage.

Presque tout le boisage de la mine est en chêne; c'est l'espèce de bois la plus commune dans le pays : malgré cela, il ne laisse pas d'y être cher. Il revient à 36 fr. le mètre cube (25 sous le pied cube) équarri et rendu à la mine. On ne l'emploie jamais rond (dans son état naturel) même pour les boisages les plus communs; lorsque j'en témoignai ma surprise, on me dit que l'aubier se pourirait très-aisément, et qu'il entraînerait bientôt la destruction du reste.

La consommation de bois est aujourd'hui bien moins considérable qu'autrefois. Au rapport de M. Duhamel, avant l'an 1780, on avait annuellement besoin de 800 pièces de bois de 6 à 8 mètres de long et de 3 à 4 décimètres d'équarrissage : la pièce revenait à 40 fr., ce qui faisait une somme de 32000 fr., en simple bois d'étançonnage. La grandeur des excavations, l'inclinaison du filon, le peu de consistance du toit, le séjour des eaux dans la mine durant une partie de l'année, rendaient nécessaire cette quantité de gros bois : j'ai vu dans les anciens travaux, appelés *du magasin*, des étançons qui avaient plus de 4 décimètres d'équarrissage, et qui se touchaient presque,

tant ils étaient près les uns des autres, rompus sous le faix qu'ils avaient à supporter. Une meilleure disposition dans les ouvrages, la suppression de l'exploitation par *strosses* faite par M. Duchesne, ainsi que je l'ai dit, ont produit une grande économie dans la quantité de bois d'étançonnage employée.

Il est rare que les galeries actuelles aient besoin d'être entièrement boisées; plusieurs, notamment celles de traverse, restent à nu : le plus souvent, on ne fait qu'un simple plancher pour en soutenir le faîte. Quelquefois cependant il faut les revêtir entièrement; ce qui se fait de la manière ordinaire; les montans et les corniches ont environ deux décimètres d'équarrissage : ils sont d'autant plus rapprochés que la pression à soutenir est plus forte. Les planches qui sont derrière ont 2,7 centimètres (1 p.) d'épaisseur.

Le boisage des puits consiste en cadres de bois bien dressés, bien équarris, ayant 2,5 décimètres d'équarrissage, et que l'on place à 1', 1 ½, et même 2 mètres, les uns au-dessus des autres, selon que la pression est plus ou moins considérable. Derrière, il y a un revêtement de planches ou madriers ayant 2 m. de longueur et 5,4 centim. (2 p.) d'épaisseur.

En général tous les boisages, dans la mine de Poullaouen, sont fort beaux et très-bien faits : je pourrais même, en quelque sorte, dire qu'ils le sont trop; car il m'a paru, que dans quelques endroits, dans les puits verticaux, par exemple, où la pression est peu considérable, on pourroit employer des bois et des planches de moindre force. M. Duchesne a encore trouvé

moyen d'opérer une économie en faisant de deux pièces, les longs côtés des cadres, dans les grands puits: ces côtés ont jusqu'à 5 mètres de long. M. Duchesne assemble les deux pièces, comme le sont celles des tirans des machines hydrauliques. Le joint se trouve vis-à-vis la cloison qui divise le puits en deux compartimens, et au-dessus du pied-droit que l'on met sous le milieu des longs côtés : de cette manière, la solidité du boisage n'est nullement diminuée.

Dans quelques endroits de la mine, principalement au-dessus de la galerie d'écoulement, les bois doivent être changés tous le 15 et même tous les 10 ans : mais dans la plupart des autres, ils durent beaucoup plus long-tems; j'en ai vus, dans les anciens travaux, qui étaient encore en très-bon état.

On ne fait pas usage de maçonnerie dans les revêtemens souterrains; la roche schisteuse qui constitue le sol du pays, est trop tendre et se délite trop aisément pour pouvoir servir à des voûtes. Si jamais on en avait à faire qui exigeassent une certaine solidité, comme pour les emplacemens des roues hydrauliques dans l'intérieur des mines, il faudrait employer le granite des environs de Huelgoat. Mais comme il est à un myriamètre de distance, le transport en rendrait le prix très-élevé.

Transport du minerai.

Le roulage, ou transport des minerais dans les galeries, se fait presque partout à l'aide de petits chariots, connus sous le nom de *chiens* : Roulage.

la caisse a, dans œuvre, 0,87 m. (32 p.) de longueur; 0,3 (11 p.) de largeur sur le derrière, et 0,27 (10 p.) sur le devant. Sa hauteur est de 0,3 m. (11 p.), et par conséquent sa capacité de 0,073 mètres cubes (il en faut près de 14 pour faire un mètre cube). L'épaisseur du bois est 3,8 centim. Les grandes roues, placées un peu en arrière du centre de gravité, et sous la caisse, ont 0,19 m. (7 p.) de diamètre, et les petites 0,11 (4 p.) : elles sont, les unes et les autres, en bois et cerclées en fer.

Ces chiens roulent sur un plancher formé de deux rangées de limandes ou madriers ayant 0,19 m. (7 p.) de largeur, et 0,08 (3 p.) d'épaisseur. Entre les deux rangées, il y a un intervalle d'environ 2 centimètres dans lequel la *cheville de conduite* du chien glisse comme dans une rainure. Ces limandes sont fixées sur des tasseaux de bois qui reposent immédiatement sur le sol de la galerie. On les retourne au bout d'un an de service, et on les rechange l'année suivante.

On ne se sert de la brouette que dans de petites galeries, et où l'on n'a pas établi de plancher.

Le roulage des minerais est exécuté par des hommes qui travaillent à la journée; on le rendrait peut-être plus économique, en le faisant faire par des garçons de 15 à 18 ans, ainsi que cela se pratique ailleurs. Il faudrait alors le rendre plus facile, en augmentant le diamètre des roues, et en fixant, plus solidement, le plancher sur des solivettes dont les extrémités entreraient dans les parois des galeries. De plus

on le donnerait à prix fait, comme au Huelgoat.

Extraction par les puits.

L'extraction du minerai au jour se fait par les puits St.-Georges et St.-Sauveur, à l'aide de machines à molettes mues par des chevaux. Celle du premier de ces puits est d'ancienne construction et à tambour cylindrique. Celle de St.-Sauveur a deux tambours coniques de 2 mèt. de haut chacun; le rayon de leur base inférieure est également de 2 m. (6 pi.) et celui de leur base supérieure de 1,3 m. (4 pi.). Les bras du levier auxquels les deux chevaux sont attachés ont 6,8 m. (21 pi.) de long. Sa construction ne présente d'ailleurs rien de particulier, si ce n'est que les deux rouleaux sur lesquels passent les deux cables, entre les molettes et le tambour, sont portés par des châssis mobiles que l'ouvrier qui conduit la machine baisse et lève, à l'aide de deux roues, à mesure que le cable en roulant s'abaisse ou s'élève sur le tambour. M. Duchesne a introduit cette construction, afin que les portions de cable comprises entre les molettes et le tambour fussent soutenues dans leur milieu, et conservassent la direction rectiligne dans tous les momens du mouvement.

Les tonnes ont la forme de tonneaux ordinaires : elles ont 0,65 m. (2 pi.) de haut, dans œuvre; et 0,57 m. de diamètre à leur ouverture supérieure : leur capacité n'est pas tout-à-fait de 0,2 mètres cubes : on estime que le poids du minerai, qu'elles renferment, étant pleines, est de 30 myriagrammes. La machine à molette leur fait parcourir, en 7 minutes, la longueur du puits, qui est de 120 m. On extrait

de 30 à 35 tonnes par poste de 12 heures. Il y a deux chargeurs au fond du puits.

N. B. Cette extraction est susceptible de quelques améliorations. Les cables sont trop lourds ; si au lieu de tonnes on employait des caisses carrées, ayant la forme d'un parallélipipède rectangle et conduites dans des châssis, on pourrait diminuer de moitié la largeur des puits. On pourrait en outre, substituer un baritel à eau aux machines à mollettes, lorsque la nouvelle galerie d'écoulement, étant terminée, permettra une nouvelle distribution des eaux.

On fait peu d'usage du treuil à bras pour élever les minerais : comme on exploite les massif, de bas en haut, on jette le minerai dans les galeries inférieures, d'où il est roulé jusqu'au pied des grands puits. Cependant, dans quelques cheminées d'exploitation, on a des treuils dont le diamètre est de 0,22 m. (8 p.) et la manivelle de 0,4 (15 p.). On se sert de chaines au lieu de cordes, elle pèsent environ 1 ½ kilogramme le mètre courant. Le seau contient 0,045 m. cub.

Epuisement des eaux.

Eaux de la mine.

La position de la mine au fond d'une vallée, la texture schisteuse de la roche, les fentes qui la traversent, tout concourt à rendre les filtrations abondantes : aussi donnent-elles une quantité d'eau fort considérable proportionnellement à l'étendue de la mine. A l'époque de mon séjour sur l'établissement, vers la fin de l'été, cette quantité ne s'élevait cependant qu'à environ un demi-mètre cube par minute, mais quelquefois, elle va à un mètre et même à un

mètre et demi. Une grande partie vient des anciens travaux, et se rend au puits Sainte-Barbe ; une petite portion est prise à une quarantaine de mètres de profondeur, par la galerie *Gottlieb*, le reste descend jusqu'au fond du puits : M. Duchesne se propose de les recouper au niveau de Beauvoir par une galerie qui les conduira au puits ; de sorte qu'on n'en aura que peu à élever du fond. Les filtrations sont encore abondantes dans toute l'étendue du niveau de 40 mèt. de profondeur, sur-tout dans les intersections des veines : elles sont retenues à ce niveau et conduites au puits St.-Georges. On a encore une assez grande quantité d'eau à la galerie de la Boullaye, principalement dans la partie du sud : elle est conduite au puits Saint-Sauveur. Au-dessous de ce niveau, je n'ai presque plus vu de filtrations.

Galerie d'écoulement.

Ces eaux sont élevées par quatre machines hydrauliques et versées dans la galerie d'écoulement qui les conduit hors de la mine. Cette galerie prend son origine dans la partie orientale de la mine, au puits St.-Sauveur, où elle est à 14,4 mèt. au-dessous de la superficie du terrain. De ce point, elle va directement à St.-Georges, où elle n'est plus qu'à 9 mèt. du sol : avant d'y arriver, elle a reçu la branche qui vient de Sainte-Barbe, et même de 263 mèt. plus au nord, où elle a recoupé des eaux venant d'anciens ouvrages : cette branche a 415 mèt. De St.-Georges, elle se dirige vers le sud, tourne ensuite à l'ouest et va déboucher au-dessous des fonderies dans le vallon de Poullaouen, à 1080 mèt. de la mine. Sa longueur

totale est de 1624 m. Comme elle n'offre rien de particulier, je ne m'y arrêterai pas.

Il y a déjà long-tems que M. le Chevalier d'Arcy, de l'Académie des Sciences, et un des concessionnaires, avait conçu le projet d'une nouvelle galerie d'écoulement, qui devait aller déboucher dans la vallée même de l'Aulne, près du confluent du ruisseau de Poullaouen; et qui devait être à 17,5 m. au-dessous de la galerie actuelle. Cette galerie, dite du *grand projet*, a été commencée, il y a environ trente ans, à 250 mètres de la rivière : elle a été attaquée par plusieurs endrois à la fois, à l'aide de dix-huit puits d'airage (d'après le rapport de M. Schreiber). M. Brollmann, en arrivant à Poullaouen, ayant besoin de tous les ouvriers pour l'exécution de son plan, en suspendit la poursuite : elle a été reprise depuis; et aujourd'hui les 863 premiers mètres, à partir de son embouchure, sont percés. Depuis leur extrémité jusqu'à la fonderie, il y une distance égale, sur laquelle on a fait encore 278 m.; de sorte qu'il n'en reste plus que 585 pour qu'elle atteigne le puits des trombes à la fonderie. De ce point, jusqu'au puits St.-Georges, on aura encore 906 m.; ce qui lui donnera une longueur totale de 2632 m.; et même de 2913 si on la conduit jusqu'à Sainte-Barbe et à Saint-Sauveur. On espère qu'en 3 ans, elle sera conduite jusqu'à la fonderie. Nous exposerons dans peu les divers avantages qu'elle doit procurer.

Eaux motrices.

Nous avons dit que les eaux de la mine étaient élevées par quatre machines hydrauliques : ces machines sont mises en mouvement, à l'aide de 6 à 8 mètres cubes d'eau par

minute, amenés par deux canaux, dont l'un, à son arrivée à la mine, est de 24 m. plus élevé que la galerie d'écoulement, et l'autre l'est de 32,8 m. : je vais entrer dans quelques détails à leur sujet.

Étangs.

Dès qu'on fut résolu à employer les machines hydrauliques pour l'épuisement des eaux souterraines, on chercha à s'assurer de l'eau pour les mouvoir et à se ménager un réservoir propre à en contenir une provision qui suppléerait au produit direct des eaux pluviales, dans les saisons sèches. Ce qu'il y avait de plus simple à faire à ce sujet, était de remonter le vallon même dans lequel est la mine, et d'y choisir un endroit convenable, pour le barrer et y faire ainsi un étang dans lequel on tiendrait en réserve l'excès des eaux qui tombaient et coulaient dans la vallée pendant les saisons pluvieuses. C'est ce que l'on fit, en 1755, au-dessus du hameau du Goslot, à 2400 m. à l'Est de la mine : on construisit une digue de 90 mèt. de long et de 15 de haut : et l'on eut par-là un étang de 2400 mètres de circuit, et 12,07 (38 $\frac{1}{2}$ pi.) au point le plus profond : il est connu sous le nom *d'étang de la Noie*. En prenant la masse d'eau qu'il contient, comme un cône renversé de 600 m. de diamètre et de 12 de hauteur, elle s'éleverait à 1130000 mètres cubes : on l'estime à 6 ou 7 cent mille. La dépense des machines étant d'environ 7 mètres cubes par minute, ou 10000 par jour; l'étang renfermerait encore de quoi faire aller les machines pendant deux mois, abstraction des pertes causées par l'évaporation, et par les filtrations : au reste l'évaporation ne peut pas diminuer,

en deux mois, cette quantité de plus d'un dixième.

Cet étang étant vers la sommité de la vallée reçoit peu d'eau des côteaux voisins : il est alimenté par un canal de près de dix mille mètres de long qui perce la paroi septentrionale de l'étang, passe ensuite dans la vallée où est le hameau du Guilly, et, remontant vers le N. E. sur le côteau qui la borde à l'Est, va, en serpentant, se terminer dans la forêt de Fréau. Ce canal reçoit, dans sa route, les eaux d'un grand nombre de sources et de ruisseaux, ainsi que celles de *l'étang du Cosquer*, qui se trouve à la naissance d'une des ramifications de la vallée du Guilly, et qui est à 3000 mètres E. N. E. de celui de la Noie. Cet étang a environ 1500 mètres de circuit et 11 m. de profondeur, au point le plus profond. Son sol est à 8 mètres au-dessus du canal de Fréau ; et comme il se trouve sur un terrain qui domine à peu près toute la contrée d'alentour, il ne peut-être alimenté par des ruisseaux, et ne reçoit d'autres eaux que celles qui tombent sur les parois du petit bassin au fond duquel il se trouve : en sorte qu'on n'a pu encore parvenir à le remplir entièrement. Quoique d'un assez petit secours, il a coûté en constructions, achats, ou indemnités de terrains, etc. près de 300 mille francs, au rapport de M. Duhamel.

L'eau qui sort de l'étang de la Noie est conduite à la mine par un canal de 3186 mètres de long : elle met quatre heures à le parcourir, la pente est de 1 sur 3600 de longueur.

Grand canal.

Tels étaient les moyens d'approvisionnement en eaux motrices avant 1781 : ils étaient si insuffisans que les machines chômaient près de la moitié de l'année. Aussi, le premier objet que l'on résolut, dans le nouveau plan, fut de se procurer une plus grande quantité d'eau, et, à cet effet, d'aller prendre la rivière d'Aulne même, vers ses sources, à deux lieues au nord de la mine. M. Duchesne fut chargé de ce travail. Après avoir fait tous les nivellemens nécessaires, il établit ses prises d'eau à 8000 m. au N. N. E. de la mine : auprès du *moulin du Pré*, il se saisit d'un ruisseau, au moment où il allait se jeter dans la rivière ; à quelques centaines de pas plus haut, il détourna, à l'aide d'une petite digue, la rivière elle-même : enfin, à l'Ouest, au bas du moulin de Kerroe, il coupa un fort ruisseau.

Toutes ces eaux qui peuvent, en tems ordinaire, former un courant donnant de 6 à 8 m. cubes par minute, furent réunies à peu de distance des points où elles avaient été prises, et furent conduites à la mine par un grand canal de 23000 m. (11800 toises) de long : 1217 m. sont percés sous des collines ; on a cinq de ces percemens ou aqueducs souterrains : un d'eux, qui a 774 mèt. de long, a évité un détour d'environ 20 mille m. (1). Sa pente n'est que de 1 sur 7200 de long : on n'aurait pu lui en donner davantage, qu'en diminuant la hauteur de la

(1) Ce canal, ainsi que les étangs, est tracé sur la carte de Cassini ; mais les détours n'y sont pas exactement marqués ; celui qui est auprès du moulin de Timaron est réellement plus de quatre fois aussi considérable qu'il n'est indiqué sur la carte, il s'étend jusqu'auprès du hameau du Guilly.

chûte des eaux à leur arrivée aux machines. Sa largeur est de 2,6 m. en haut, et de 1,3 en bas, et sa profondeur est de 0,81 mètres. On lui donna, en le creusant, 3,4 de large et 1,14 de profondeur : mais ensuite on établit, sur le fond de l'excavation, un lit de glaise bien battue, et puis on en gazonna les parois, en lui laissant les dimensions que j'ai indiquées. Ce fond et ce gazonnement étaient fort nécessaires ; malgré leur secours, les filtrations furent fort abondantes dans les premiers tems ; aujourd'hui elles ne sont plus qu'en petit nombre. Ce canal a été fait en deux ans de tems, et a coûté 150 mille francs.

Outre les canaux dont nous venons de parler, on en a encore un petit qui ramasse les eaux du vallon aux environs de la mine, mais son produit peut être regardé comme insignifiant.

Distribution des eaux.

L'eau qui vient des étangs est menée à la mine par un canal qui la conduit sur le penchant du côteau qui borde le vallon de Poullaouen au nord : à son entrée, dans le petit bassin où est la mine, le canal est à mi-côteau, et à 33 mètres au-dessus du niveau de la galerie d'écoulement, ainsi que nous l'avons déjà dit : l'eau tombe de suite sur la petite roue hydraulique du puits St.-Sauveur : puis elle se joint à celle que le grand canal mène de la rivière d'Aulne. Ces eaux se divisent, une portion tombe sur la grande roue de St.-Sauveur, et l'autre sur celle de Sainte-Barbe. Ensuite elles vont aux bocards, y font mouvoir deux roues. De là une partie est envoyée aux fonderies, et l'autre va tomber sur la roue de St.-Georges un peu au-dessus de la moitié de sa hauteur. Au

bas de cette roue, elle se trouve dans la galerie d'écoulement.

Tant que le canal d'Aulne suffit aux besoins de la mine et de la fonderie, on ne tire que très-peu d'eau des étangs, qui ne servent ainsi que dans les saisons sèches.

Lorsque la galerie du grand projet sera terminée et conduite jusqu'à la mine, on aura 50 mètres de chûte pour l'eau des étangs, et 41,5 pour celle venant de la rivière. Abstraction faite de 7 mètres pour la chûte qu'on destine à la fonderie, les étangs peuvent fournir à trois roues hydrauliques, ainsi qu'à un baritel à eau ; et le canal d'Aulne à deux pareilles roues et à tous les besoins des laveries. Mais il faut observer qu'on ne peut guère compter que sur six à huit mois d'eau venant des étangs : dans le reste de l'année ils en fourniront cependant toujours une petite quantité ; d'après cela, je crois que, si on voulait la considérer séparément, cette petite quantité d'eau pourrait être employée très-avantageusement à une machine à colonne d'eau, qui produirait en tout tems un effet pareil à celui produit par deux des grandes roues de Poullaouen, en tems ordinaire (1)

Machines hydrauliques.

Les machines destinées à l'épuisement des eaux de la mine de Poullaouen sont de grandes roues hydrauliques mues par le poids

(1) La quantité d'eau motrice qu'on emploie en Hongrie pour faire mouvoir les machines à colonne ne s'élève que de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ mètre cube par minute. D'après une expérience faite par MM. Lempe et Baldau (l'un professeur de l'art des machines, et l'autre actuellement directeur-général des

de l'eau : à l'aide de manivelles et de tirans horizontaux, elles communiquent, par l'intermède de leviers angulaires, le mouvement à d'autres tirans verticaux placés dans les puits, et qui font mouvoir les pistons des pompes disposées les unes au-dessous des autres, depuis la galerie d'écoulement jusqu'au fond.

Je donnerai plus bas les dimensions des roues, je me contenterai de dire ici qu'elles sont toutes en bois de chêne, excepté les planches des augets qui sont en sapin; et que leur construction, d'ailleurs fort élégante et bien soignée, ressemble, à très-peu de chose près, à celle représentée dans mon ouvrage sur les mines de Freyberg, *pl. III.* Elles sont toutes à la superficie du terrain, et entièrement à découvert, ce qui fait qu'elles sont souvent endommagées par les glaces : pour prévenir les accidens, on a revêtu d'une doublure la courbe, (ou surface cylindrique) qui forme le fond des augets. Les joues ou *couronnes* portent également tout à l'entour, et en dehors une doublure d'environ 3 à 4 centimètres d'épaisseur; elle a dispensé de placer des pièces sur les joints de la couronne, dont elle augmente la solidité : en donnant en outre plus de poids à cette partie de la roue, elle lui fait faire l'office d'un volant; et

machines aux mines de Freyberg) à Mariemberg, en Saxe, je vois qu'avec une quantité d'eau estimée à 1 ½ mètre cube et une chute de 38 mètres, on élevait à 213 mètres de hauteur une quantité d'eau plus considérable que celle que les pompes du puits de Saint-Sauveur versaient dans la galerie d'écoulement lors de mon séjour à Poullaouen, laquelle ne s'élevait pas à plus de 0,2 m. cubes.

maintient

maintient davantage l'uniformité du mouvement.

Les manivelles sont en fonte, et de forme ordinaire.

Les tirans sont faits de pièces de bois de chêne d'environ 8 mètres de long et de 16 sur 22 centimètres d'équarrissage; leur extrémité est taillée en biseau de 1 mètre de long et garnie d'entailles. Lorsqu'on les assemble, on met les biseaux des pièces voisines l'un sur l'autre, de manière que les entailles semboîtent bien l'une dans l'autre, et ensuite l'on place sur le joint deux ou quatre platines de fer ayant 1,62 m. de long, 0,08 de large et 0,007 d'épaisseur : on les assujétit par cinq ou dix boulons. Les tirans horizontaux sont supportés par des *schwingues* de 2 mètres de long : il y en a une sous chaque pièce du tirant. Les tirans verticaux sont contenus de distance en distance entre des rouleaux : ils portent de 10 en 10 mètres (vis-à-vis chaque pompe) un bras en fer (*cruchot*) convenablement assujéti, et dans l'extrémité duquel entre l'anneau qui termine la tige de chaque piston.

Cette tige est en fer, le piston est en bois, garni de cuirs tout autour, et recouvert d'une soupape ou clapet formé de pièces de cuir et d'une rondelle de tôle de 15 centim. de diamètre.

Les pompes sont aspirantes; elles ont à peu près 10 mètres de long. Le corps de pompe est en fonte et a 1,62 m. de long; son diamètre varie de 0,25 à 0,33 mèt. Au-dessus est une pièce en bois, appelée *dégorgeoir*, en forme d'un gros tuyau de même diamètre, et de 0,6 à 0,7 m.

seulement de long. Au-dessous, on en a une semblable, dans laquelle se trouve la soupape qui sépare le corps de pompe du tuyau d'aspiration : elle est percée latéralement d'un trou que l'on ferme à l'aide d'un tampon, et que l'on débouche lorsqu'on veut changer ou renouveller la soupape. Le tuyau d'aspiration a 0,135 m. (5 p.) de diamètre dans les pompes de 0,325 m. (12 p.), et 0,12 m. (4 $\frac{1}{2}$ p.) dans celles qui sont plus petites. Il est composé de 3 pièces, la première n'a que 1 m. et chacune des deux autres en a 3,25 : ce qui fait 7,5 de long ; et 10,4 (32 pi.) pour la longueur totale de la pompe. Les 3 à 4 derniers décimètres du tuyau d'espiration plongent dans le réservoir d'eau.

Ces réservoirs sont de petites caisses d'environ 3 à 4 décimètres de large et autant de profondeur : ils reçoivent l'eau de la pompe qui est au-dessous de celle dont ils contiennent l'extrémité inférieure. Chacun d'eux a un déversoir auquel est adapté un tuyau par lequel le *trop-plein*, lorsqu'il y en a, descend dans le bassin inférieur : de sorte que lorsqu'une pompe n'élève pas toute l'eau qui lui est apportée par la pompe qui est au-dessous, l'excès, au lieu de se répandre, et de tomber dans le puits, suit le tuyau et revient au bassin inférieur.

En général, tout ce qui tient à la construction et à la disposition des machines est bien soigné et bien entendu ; je puis dire que je n'ai vu rien de mieux, en fait de puits à machines, que ceux de Poullaouen. Je passe aux dimensions principales des diverses machines.

La roue de la grande machine de St.-Sauveur est à 37 mètres au nord du puits de ce nom. Son diamètre est de 11,37 m. (35 p.) ; elle porte 92 augets, dont la largeur dans œuvre est de 1,083 m. et la profondeur de 0,325. L'épaisseur de chaque couronne avec sa doublure est de 0,081 m. ; ce qui donne à la roue 1,245 m. de largeur prise hors d'œuvre. L'arbre a 3,4 m. de longueur et 0,81 m. d'équarrissage dans son milieu. Chacune de ses extrémités porte une manivelle en fonte du poids de 870 kilogram., et dont le bas a 0,73 m. de long. — Chaque manivelle conduit un tirant horizontal de 37 m. de long, et qui est composé de 5 pièces ; la première, celle qui l'adapte à la manivelle, a 10 m. de longueur ; les autres en ont 8, ainsi que nous l'avons déjà dit (y compris 1 m. de joint), sous chacune d'elles on a une *schwingue* de construction ordinaire et de 2 mètres de long. Les branches du varlet auquel aboutit le tirant ont également 2 m. de long. — Les deux tirans verticaux ont 100 m. de longueur, et de 13 à 14 centim. d'équarrissage. Chaque d'eux porte sept pompes placées entre la galerie d'écoulement et celle de la Boullaye : leur longueur varie de 9,6 à 10,9 m., et leur diamètre de 0,322 à 0,329 m. : mais comme les pompes d'une même file empiètent les unes sur les autres, la longueur de la colonne élevée n'est pas égale à la somme des hauteurs des pompes ; elle n'est que de 65,52 mèt. Outre ces 14 pompes, il y en a encore 3 autres comprises entre le niveau de la Boullaye et celui de Beauvoir, et que l'on met en mouvement lorsque la nécessité l'exige. En tems ordi-

naire on n'accroche que 7 pompes aux tirans de la machine, 4 d'un côté et 3 de l'autre. Lorsque j'étais sur les lieux, les eaux de filtration étaient peu considérables, et la pompe supérieure ne versait guère dans la galerie d'écoulement que 0,17 m. cube par minute : on ne laissait faire à la roue que 3 ½ tours pendant ce tems.

N. B. Dans une suite d'expériences que nous avons faites, M. Duchesne et moi, sur cette machine, et dont nous rendrons compte dans un prochain numéro, j'ai trouvé que la roue recevant 4,8 m. cub. d'eau motrice, la machine en élevait 0,4767 à une hauteur de 65,52. En rappelant que le diamètre de la roue est de 11,37, on verra que les produits des deux quantités d'eau par les hauteurs des chutes sont dans le rapport de 100 à 57. Cette expérience faite avec toute l'exactitude dont celles de ce genre sont susceptibles, ne sera peut-être pas sans intérêt pour le mineur, en leur faisant juger de l'effet produit par une des machines qu'ils emploient le plus communément.

La petite machine de St.-Sauveur est à 60 m. au nord de la précédente, et par conséquent, à une centaine de mètres au nord du puits où sont les pompes qu'elle fait mouvoir. La roue a 8,5 m. de diamètre ; elle ne porte qu'un bras ou manivelle, ce qui lui a fait donner le nom de *manchote* : le tirant horizontal adapté à cette manivelle met en mouvement deux leviers angulaires ou varlets, dont l'un baisse pendant que l'autre lève ; chacun porte deux tirans qui descendent à vide jusqu'au niveau de Saint-Georges ; delà jusqu'au niveau de la Paix qui est 80 m. plus bas ; ils conduiseut 10 pompes de 0,25 à 0,3 m. de diamètre.

La roue de la machine de Sainte-Barbe a les

mêmes dimensions que la grande de St.-Sauveur. Chacune de ses manivelles met en mouvement deux tirans verticaux, de sorte qu'il y a 4 de ces tirans dans le puits. Afin de rendre le mouvement plus uniforme et la machine d'un plus grand effet, on a placé les manivelles dans des plans perpendiculaires entr'eux, et non dans le même plan, ainsi que cela se pratique communément. Cette roue fait aller 10 répétitions doubles, ce qui fait 20 pompes et 4 répétitions simples, en tout 24 pompes. Les 20 premières ont 0,325 m. de diamètre, et les autres de 0,28 à 0,31.

La roue du puits St.-Georges a 11,04 m. de diamètre, et fait aller 10 pompes, dont 6 élèvent les eaux du fond du puits jusqu'au niveau de la Boullaye : elles ont de 0,25 m. à 0,33 m. : les 4 autres ont 0,3 m. : elles sont placées entre la galerie d'écoulement et le niveau de Saint-Georges : entre ce niveau et celui de la Boullaye, il n'y a point de pompes mues par cette machine. Lorsque les laveries travaillent, la roue ne reçoit les eaux qu'à 6,74 m. au-dessus de sa partie inférieure : il est vrai qu'elles sont aboudantes ; ce sont celles qui ont servi aux roues de St.-Sauveur et de Ste.-Barbe réunies. Mais lorsque les laveries chôment, alors les mêmes eaux arrivent sur la roue par un *canal supérieur*, qui passe a 0,24 m. au-dessus de la roue. (Le petit canal qui recueille les eaux du vallon où est la mine, et dont nous avons parlé, fournit encore un petit filet d'eau à la roue).

La liberté que l'on a de pouvoir à volonté donner l'eau motrice par le haut de la roue, ou vers les deux tiers environ de sa hauteur, me fit naître l'idée de faire une expé-

rience pour voir de combien le résultat de la théorie s'écarterait de celui de l'observation, dans la détermination de la quantité d'eau qu'il faut employer pour faire produire le même effet à la même roue en faisant varier la hauteur de la chute. N'ayant pas eu le tems de faire moi-même l'expérience, M. Duchesne a bien voulu s'en charger : voici les résultats qu'il m'a envoyés.

1. L'eau arrivant par le *canal supérieur*, la roue faisait 4 tours en 58 secondes. Le pertuis par lequel l'eau sortait du canal, présentait une ouverture rectangulaire de 1,042 mèt. de long et 0,045 de large. La hauteur de l'eau derrière la vanne était de 0,325 m.

2. L'eau arrivant par le *canal inférieur*, la roue mettait 55 secondes pour faire 4 tours; la longueur du pertuis était de 1,299 m., sa largeur de 0,081, et la hauteur de l'eau derrière la vanne de 0,406 m. — La charge de la machine était la même dans les deux cas.

D'après ces données et les lois de l'écoulement des fluides par des pertuis, on trouve (en estimant ici à 0,28 l'effet de la contraction de la veine) que la dépense du canal supérieur est de 4,994 m. cub. par minute, et celle du canal inférieur de 12,2. De plus, les vitesses de la roue, qui représentent ici l'effet produit, ne diffèrent que peu l'une de l'autre, et je crois pouvoir ainsi les regarder comme proportionnelles à la quantité d'eau motrice, tout restant d'ailleurs dans le même état: d'après cela, on trouve qu'il faudrait 5,266 mètres cubes d'eau arrivant par le canal supérieur pour faire produire à la roue le même effet que les 12,2 arrivant par le canal inférieur.

L'expression la plus simple, et peut-être la plus exacte de la force d'une roue, mue uniquement par le poids de l'eau, (à partir du moment où la roue a acquis une vitesse suffisante pour que le premier auget, celui dans lequel tombe l'eau, puisse contenir tout ce qui lui est fourni par le courant) est,

$$\frac{Q}{v}\left(2r-(a+b)\right)\left(1-\frac{v}{V}\right)^2$$

dans laquelle

Q = Quantité d'eau fournie par le courant en une seconde.
v = Vitesse de la roue.

r = Rayon à l'extrémité duquel agit la puissance : ce rayon est plus petit que celui de la roue.
a = Partie du diamètre vertical, prise depuis le haut de la roue, jusqu'à la hauteur du point qui reçoit l'eau.
b = Partie du même diamètre, prise depuis le bas de la roue, jusqu'au point où l'eau quitte la roue.
V = Vitesse due à la hauteur d'où l'eau tombe, jusqu'au point où elle abandonne la roue.

Ce qui donne,

$$Q : Q' :: \left\{2r-(a'+b')\right\}\left(1-\frac{v}{V'}\right)^2 : \left\{2r-(a+b)\right\}\left(1-\frac{v}{V}\right)^2,$$

proportion, dans laquelle Q représenterait l'eau fournie par le canal supérieur, Q' celle fournie par le canal inférieur : a', b', V' désignent pour ce dernier cas les mêmes quantités que a, b, V pour le premier : l'on a ici,

r = 5,305 mètres.
a = 0,320
b = 0,797 (1)
v = 2,424
V = 14,31
a' = 4,687
b' = 1,035
V' = 10,47

Substituant ces valeurs numériques dans la proportion ci-dessus, on a,

$$Q : Q' :: 2887 : 6549.$$

D'après cela, on trouve que la quantité d'eau fournie par le canal inférieur étant de 12,2 m. cub., celle fournie par le canal supérieur devrait être de 5,378; l'observation l'a donnée de 5,266, quantité qui n'est que d'un cinquantième plus petite. D'où l'on voit que l'expérience s'accorde aussi parfaitement avec la théorie, qu'on peut le désirer dans la solution d'un problème physico-mathématique, dont les données ne peuvent être déterminées avec une exactitude rigoureuse.

(1) Les valeurs de b et b' ont été déterminées d'après les dimensions et la forme des augets; elles expriment la distance verticale entre le bas de la roue et le point mitoyen entre celui où les augets commencent à verser et celui où ils finissent.

Les quatre machines hydrauliques dont nous venons de parler peuvent se secourir mutuellement, les eaux de la mine pouvant être à volonté envoyées d'un puits à l'autre. Pour obtenir cet avantage, il a fallu faire les galeries de communication entièrement horizontales : mais ici un bien a produit un petit inconvénient; le défaut de pente fait que la boue s'arrête sur le sol des galeries, elle s'y dépose et le tient plus sale que celui des galeries ordinaires.

ERATUM.

Page 46, *ligne* 14, 150, *lisez* 250.

FONTE DE LA MINE DE PLOMB

Avec un mélange de Houille et de Charbon de bois.

Extrait d'une Lettre de l'Ingénieur en Chef des Mines, SCHREIBER, Directeur de l'École-pratique des Mines du Mont-Blanc, au Conseil des Mines, en date du 29 Décembre 1806.

MESSIEURS LES CONSEILLERS,

Sachant combien vous désireriez qu'on pût utiliser pour les travaux métallurgiques de Pesey les houilles qui se trouvent dans cet arrondissement, je me suis livré à quelques expériences relatives à cet objet, dont vous trouverez les détails et le résultat dans le rapport ci-joint. La saison et plusieurs autres causes ne permettant pas de continuer ces expériences dans ce moment, on pourra, si vous le jugez à propos, les reprendre dans un autre tems.

Mon dessein est d'en faire aussi un essai dans le fourneau à réverbère aussitôt que les circonstances pourront le permettre, quoique la qualité de ces houilles n'autorise guère à en espérer un succès désiré.

Quant audit fourneau à réverbère, il est toujours en activité, et son produit se maintient autour de 58 à 60 de plomb d'œuvre pour cent de mine, indépendamment de celui que

les crasses pourront rendre lorsqu'on les traitera le printemps prochain au fourneau à manche. Il est impossible de déterminer avec précision le produit de ce fourneau, et de le comparer avec celui du fourneau écossais, avant que la fonte des crasses ait eu lieu; mais en attendant, on pourra, ce me semble, admettre que ledit fourneau à réverbère produira pour cent de schlich 65 ou 66 de plomb d'œuvre.

RAPPORT

Sur une tentative faite à la fonderie de Pesey *pour fondre la mine de plomb grillée dans le fourneau écossais, avec un mélange de houille et du charbon de bois.*

La houille ou antracite qui a servie à cette expérience, a été extraite de la mine située au-dessus de la route qui conduit de Moûtiers au bourg St.-Maurice et au petit St.-Bernard, dans la commune de Bellantre, entre le chef-lieu et le hameau dit Bon-Conseil. Elle est d'un noir grisâtre, assez pesante, d'une consistance peu solide, et tachant les doigts; sa cassure est imparfaitement schisteuse souvent à feuilles courbées; en travers des feuilles, elle est d'un éclat métallique. Cette houille, soigneusement triée et débarrassée des noyaux de fer sulfuré qui s'y trouvent souvent, n'exhale presque

point d'odeur sulfureuse en brûlant. Quand on est parvenu à mettre ce combustible en incandescence, soit avec du bois ou des charbons aidés d'un courant d'air, il rougit et brûle sans flamme déterminée, offrant seulement une auréole légère autour de sa surface. Il ne se consume que très-lentement, et en brûlant, il se recouvre d'une terre jaune rougeâtre qui est si abondante, qu'elle empêche le noyau du morceau qu'on soumet à l'expérience, de se consumer entièrement. Le résidu terreux d'une quantité de houille brûlée est presque égal à son volume, et son poids est de 19 pour cent de celle qu'on a mise en incinération.

Toutes les houillères connues dans l'arrondissement de Moûtiers, soit à Montagny, soit à Aime, Macot, Bellantre et Pesey, fournissent à peu près la même espèce de houille; celle de Bellantre étant regardée par les maréchaux et les chaufourniers qui s'en servent, comme une des meilleures qui se trouvent dans ces environs; c'est pour cette raison qu'on l'a choisie pour l'expérience dont je vais rendre compte.

Procédé suivi dans la fonte avec houille au fourneau écossais.

On a commencé par diminuer d'un tiers la charge ordinaire de charbon qui est de 15 livres, en y ajoutant 14 ou 15 livres de houille, sur lequel mélange on a étendu, comme de coutume, la charge de mine grillée qui pèse environ 90 livres. Dès que la houille fut arrivée devant la thuyère, et qu'elle eut été frappée par le vent

frais, elle noircissait et obstruait la thuyère ; il fallait souvent dégager celle-ci, et augmenter le vent, sans quoi il aurait fallu un tems double de celui qu'on emploie ordinairement pour fondre une quantité de mine donnée. Par ce moyen, la chaleur devenait assez forte au milieu du fourneau et vis-à-vis de la thuyère ; mais les côtés et la partie au-dessous de la thuyère, pouvaient à peine être suffisamment chauffés.

Quoique la flamme ne sortît point par-dessus le fourneau, comme il avait fallu augmenter le vent, la fumée devint très-épaisse sur le devant, et la vaporisation du plomb augmenta considérablement. Cependant on parvint à fondre en huit heures de tems 8 quintaux 33 à 34 livres de mine, et à repasser les crasses, comme cela se pratique dans la fonte ordinaire avec du charbon de bois seul.

Il est à remarquer que dans cette opération on n'a point vu couler des mattes pendant qu'on repassait les crasses, au lieu qu'il y en a toujours lorsqu'on fond celles qui proviennent du traitement de la mine du charbon seul.

Résultat de cette fonte.

Quarante-un quintaux 70 liv. de mine grillée mis à la fonte ont exigé pour leur fusion, savoir :

Charbon de bois.	10 quint. 80 liv. valant. .	42 fr. 30 c.
Houille. - . . .	10 quint. 10 liv. valant. .	10, 52
Totaux. . .	21 quint. 32 liv. ——— .	52, 82

Les produits ont consisté, savoir :

1°. En 9 quintaux 94 liv. de crasses contenant à l'essai 35 liv. de plomb et 33 gram. 409 milligr. d'argent au quintal.

2°. En 22 quintaux 33 liv. de plomb d'œuvre, y compris celui contenu dans les crasses.

3°. En 2 kilogr. 937 gram. 491 milligr. d'argent, y compris celui des crasses.

Résultat d'une fonte faite comparativement avec du charbon de bois sans houille.

La fusion de 41 quintaux 70 liv. de mine grillée de la qualité de celle de la fonte précédente, a occasionné une consommation de 15 quintaux de charbon de bois, valant 58 fr. 75 c.

Cette fonte a produit, savoir :

1°. 7 quintaux 85 liv. de crasses contenant à l'essai 32, 33 liv. de plomb et 28 gram. 522 milligr. d'argent au quintal.

2°. 24 quintaux 21 liv. de plomb d'œuvre y compris celui des crasses.

3°. 2 kilogr. 958 gram. 959 milligr. d'argent avec celui que contiennent les crasses.

Comparaison de ces deux fontes.

Dans la fonte à houille, on a économisé 4 quintaux 20 liv. de charbon sur 15 quintaux qu'on a brûlé dans l'autre, mais il a fallu remplacer cette quantité de charbon par 10 quintaux 52 liv. de houille. Les 4 quintaux 20 liv. de charbon ci-dessus représentent trois stères et demi de bois. La question est maintenant de

savoir si ce bois n'est pas plus précieux pour la société que 10 quintaux 52 liv. de houille d'une qualité très-médiocre et dont l'usage est fort borné.

Le prix des combustibles employés dans la fonte à houille est moindre que dans celle à charbon, de 5 fr. 93 c.

Mais la fonte à charbon a produit 1 quintal 88 liv. de plomb et 21 gram. 468 milligr. d'argent de plus que celle à houille; outre que celle-ci a rendu 2 quintaux 9 liv. de crasses de plus que l'autre, qui exigent de nouveaux frais de fonte, et qui d'ailleurs éprouveront un déchet en plomb dans le traitement auquel on les soumettra. La différence qu'il y a dans les produits de ces fontes, avec les autres objets de dépense dont on vient de faire mention, peut être évaluée à 75 fr. 83 c. et en soustrayant les 5 fr. 93 c. ci-dessus qu'on a gagnés sur les combustibles, il reste pour la perte qu'on a eue dans la fonte de 41 quintaux 70 liv. de mine grillée opérée au fourneau écossais avec un mélange de charbons de bois et de houille sèche; la somme de 69 fr. 90 c.

Observation et conclusion.

Le résultat qu'on vient d'obtenir ne peut point surprendre, quand on considère l'extrême difficulté avec laquelle brûlent toutes les houilles qui se trouvent dans cet arrondissement, même celles reputées pour être de la meilleure qualité; qu'elles laissent après la combustion un residu terreux qui va au cinquième de leur poids; que cette terre augmente dans le fourneau la masse à fondre, et par conséquent aussi les crasses; que les fragmens recouverts de leur terre ne se consument qu'autant qu'ils sont continuellement remués et brassés en tous sens; enfin, que pour opérer rapidement la combustion de ces houilles, et produire une chaleur suffisante pour fondre le minerai, il faut introduire dans le fourneau un vent très-fort, qui vaporise et enlève le plomb avec une petite portion d'argent: quand on pense à tous ces inconvéniens, on est plutôt étonné que la fonte ait donné un résultat tel qu'on a obtenu, que d'être surpris que l'expérience n'ait pas mieux réussi.

La propriété qu'ont les houilles de ce pays, de rougir seulement sans donner aucune flamme, de se recouvrir dans l'incinération d'une terre qui les empêche de se consumer, et qui, dans cet état, ne peuvent qu'obstruer la grille sur laquelle on voudrait les brûler, et qu'intercepter le courant d'air indispensable à leur combustion, cette propriété, dis-je, fait craindre qu'on ne puisse jamais employer ce combustible avec avantage dans un fourneau à réverbère comme est celui de Pesey, qui n'a de chauffe qu'à une de ses extrémités, et dans lequel une flamme vive et soutenue est d'une nécessité absolue pour y fondre la mine de plomb avec succès.

Cependant, quoique le résultat qu'on a obtenu dans la fonte avec la houille soit peu avantageux, il ne faut point regarder cette expérience comme entièrement perdue pour la métallurgie: elle prouve au moins que quelque médiocre

que soit la qualité de la houille de la Tarentaise, elle pourra être substituée à une partie de charbon de bois dans différentes circonstances, et notamment dans celle où il y aurait disette de ce combustible, et où l'économie ne serait pas le principal objet qu'on aurait à considérer.

Au surplus, qui sait si en répétant les expériences et en changeant la forme du fourneau écossais, on ne parviendrait pas à diminuer, au moins en partie, la perte qu'on a eue en plomb dans le premier essai? On tâchera de vérifier si cette conjecture est fondée ou non, dans un tems plus propice que n'est celui de l'hiver, où les eaux sont insuffisantes, pour pouvoir varier à volonté le degré du vent fourni par les trompes.

Fait à Pesey le 26 décembre 1806.

SCHREIBER.

DE LA YÉNITE,

NOUVELLE SUBSTANCE MINÉRALE.

Par M. LE-LIÈVRE, Membre de l'Institut, Conseiller des Mines, etc. (1).

LORSQUE je fus envoyé, il y a cinq ans, à l'île d'Elbe, comme commissaire du gouvernement, je crus que je pourrais profiter de cette occasion pour étudier et faire connaître la minéralogie d'un pays si intéressant pour le naturaliste; et j'en conçus le projet. Mais les affaires administratives ayant absorbé presqu'en entier le tems que j'ai passé dans cette île, ne m'ont pas permis de l'exécuter : cependant ce voyage n'aura pas été absolument inutile à la minéralogie; outre le minéral qui fait l'objet de cette notice, j'en ai encore rapporté quelques autres qui pourront intéresser les minéralogistes, tels sont, 1°. une substance verte qui a quelque ressemblance avec l'actinote, et beaucoup de rapport avec celle qui m'occupe actuellement; 2°. des émeraudes blanchés transparentes qui ont jusqu'à trois centimètres de long; 3°. des tourmalines noires, jaunes et roses; 4°. de la lepidolite rose et blanche, lamellaire et compacte; 5°. un porphyre à base de feld-spath com-

(1) Extrait d'un Mémoire lu à la séance de l'Institut du 29 décembre 1806.

pacte blanc, et contenant des noyaux globuleux noirs, qui m'ont paru un mélange d'amphibole et de feld-spath; 6°. de la diallage verte et métalloïde; 7°. du quartz résinite, semblable à celui de Musinet en Piémont; 8°. du quartz pseudomorphe fétide, etc. J'exposerai, dans une suite de mémoires, ce que ces diverses substances m'ont présenté de particulier, soit dans leurs caractères, soit dans leur gisement. Je vais, dans ce moment, me borner à faire l'histoire de celle que je mets sous les yeux de la classe, et à laquelle j'ai donné le nom de *yénite*, en mémoire d'un des événemens les plus mémorables de ce siècle, la bataille de *Yena* (1).

Caractère physique.

Ce minéral pèse près de quatre fois autant que l'eau distillée (3,825; 3,974; 3,985; 4,061.)

Sa dureté est un peu moindre que celle du feld-spath adulaire : il est rayé par cette substance, mais il raye fortement le verre, et donne quelques étincelles par le choc du briquet.

La division mécanique conduit, ainsi que nous le dirons ensuite plus en détail, à un prisme rhomboïdal de 113 et 67 degrés, lequel se soudivise parallèlement aux petites diagonales de ses bases.

La yénite est opaque et d'un noir tirant quelquefois sur le brun : sa poussière présente la même couleur.

(1) On écrit *Jena*, et on devrait par conséquent écrire *Jénite* ; mais afin d'éviter toute équivoque dans la prononciation, j'ai cru pouvoir me permettre un petit changement dans l'orthographe.

La surface des cristaux, lorsqu'elle est bien noire, est brillante. (Les variétés de forme, *fig.* 3 et 4, ont ordinairement une surface terne et brunâtre.) Les faces latérales des prismes sont striées en longueur; les facettes *o* du sommet sont lisses et très-brillantes.

La cassure est inégale et d'un éclat gras (à peu près comme le manganèse phosphaté.)

Ce minéral n'est électrique ni par la chaleur ni par le frottement.

Chauffé au rouge, à la simple flamme d'une bougie, il devient faiblement attirable à l'aimant.

Exposé à l'action de l'atmosphère, il se décompose, et se couvre d'une croûte terreuse jaune et brune, entièrement semblable aux ocres ou oxydes de fer mélangés de terres, que l'on trouve dans la nature.

Caractères géométriques.

N. B. Ces caractères ont été déterminés par M. Cordier, ingénieur des mines, qui a bien voulu se charger du travail relatif aux formes cristallines, et qui les a calculées d'après la savante méthode de notre confrère Haüy. Voici la note que ce minéralogiste (M. Cordier) a eu la complaisance de me remettre.

Division mécanique. Le clivage donne des indices de lames parallèlement aux pans d'un prisme à base rhombe dont les angles sont de 112° 37′ 9″ et 67° 22′ 51″. On trouve des indices de division un peu plus sensibles suivant la

petite diagonale des rhombes : cette coupe est indiquée sur les cristaux par les stries qui sont au sommet. Les bases ne présentent aucun clivage, leur cassure est, au contraire, conchoïde inégale, etc.

Forme primitive. La forme primitive (*pl. I, fig.* 1) est un prisme droit à base rhombe dont les diagonales sont entr'elles comme 2 est à 3. D'après la théorie des décroissemens, sa hauteur est à la petite diagonale dans le rapport de 4 à $\sqrt{7}$.

Formes des cristaux. Il y a cinq variétés de forme.

Var. n°. 1 (*fig.* 2). Forme primitive allongée terminée par une pyramide à quatre faces placées sur les bords. Son expression est $\begin{matrix} M & \overset{1}{B} \\ M & o \end{matrix}$: Incidence de o sur M, 128° 28′ 59″; de o sur o, 139° 36′ 48″; et de o sur la face de retour o, 117° 38′ 8″.

Var. n°. 2 (*fig.* 3). Prisme tétraèdre presque rectangulaire terminé par un double biseau surbaissé et placé sur les angles obtus. Son expression est $\begin{matrix} {}^{7}G^{7} & \overset{\frac{1}{2}}{A} \\ s & r \end{matrix}$. Incidence de s sur s, 83° 16′ 4″; de r sur la face de retour r, 113° 2′ 9″.

Var. n°. 3 (*fig.* 4). C'est la forme précédente portant une double troncature sur chaque angle aigu du biseau. Son expression est $\begin{matrix} {}^{7}G^{7} & \overset{\frac{1}{2}}{A} & \overset{1}{B} \\ s & r & o \end{matrix}$. Incidence de o sur r, 159° 48′ 24″.

Var. n°. 4 (*fig* 5). Prisme à huit pans terminé par un sommet surbaissé à huit faces, dont quatre sont placées sur les angles et quatre sur les bords. Son expression est $\begin{matrix} M & {}^{7}G^{7} & \overset{1}{B} & \overset{\frac{1}{2}}{A} & \overset{2}{E} \\ M & s & o & r & x \end{matrix}$. Incidence de x sur l'arête z, 131° 24′ 37″.

Var. n°. 5 (*fig.* 6). Elle présente la variété précédente, portant de plus au sommet une facette parallèle à la base de la forme primitive. Son expression est $\begin{matrix} P & M & {}^{7}G^{7} & \overset{1}{B} & \overset{\frac{1}{2}}{A} & \overset{2}{E} \\ P & M & s & o & r & x \end{matrix}$. Incidence de P sur r, 146° 31′ 43″; et de P sur o, 141° 31′ 1″.

« Au premier coup d'œil, les formes sembleroient rapprocher cette espèce de l'épidote; mais d'une part, la régularité des faces s'y oppose; et de l'autre, la mesure des angles, ainsi que les lois de décroissement éloignent entièrement cette analogie apparente. D'ailleurs, aucune autre substance minérale, n'a de rapport avec cette espèce nouvelle, au moins par ses formes. »

Caractères chimiques.

Exposée à la simple calcination, la yénite devient attirable à l'aimant, passe du noir à un brun rougeâtre très-obscur, et perd environ deux pour cent de son poids.

Elle fond très-facilement au chalumeau, sans bouillonnement sensible; donne un bouton opaque, noir, très-attirable, mais sans polarité, terne et ayant un aspect métallique. — Avec le verre de borax, elle s'y dissout avec une

courte effervescence. En continuant le feu, on obtient un émail qui paraît noir : si on ajoute une plus grande quantité de borax, on a un verre transparent, d'un vert jaunâtre, sans indice de bouton métallique ni de résidu : ce qui prouve que tout a été dissous.

Elle est attaquable par les acides sulfurique, nitrique, et muriatique. Ce dernier est celui qui la dissout le plus facilement : la silice reste au fond, et la dissolution prend une belle couleur jaune avec une légère teinte de vert.

Analyse.

Elle a été analysée par MM. Vauquelin et Descotils, et a donné sur cent parties :

	Descostils.	*Vauquelin.*	
Silice	28.	29.	30
Chaux	12.	12.	12,5
Oxyde de fer	55.	57.	57,5
Oxyde de mangan.	3.		
Alumine	0,6	0.	0
Perte	1,4	2.	0

Cette conformité entre les résultats obtenus par ces deux habiles chimistes, qui ont opéré en même tems et à l'insu l'un de l'autre, donne à ces analyses le plus grand caractère de certitude qu'on puisse désirer ; et paraît autoriser à conclure que la yénite (au moins dans les échantillons analysés) contient un peu plus de la moitié de son poids en fer mêlé d'un peu de

manganèse, et que l'autre moitié est composée de chaux et de silice ; cette dernière terre est en quantité deux fois et demie plus considérable que l'autre.

Gisement et localité.

J'ai trouvé la yénite dans deux endroits différens de l'île d'Elbe, à Rio-la-Marine et au Cap Calamite.

Dans le premier, elle fait partie d'une masse ou couche très-épaisse, superposée à un calcaire primitif mêlé de talc (espèce de marbre *cipolin*) ; le tout présente une falaise, ou coupe à pic d'une trentaine de mètres de hauteur. Elle s'y trouve engagée dans la substance verte, que j'ai dit avoir de très-grands rapports avec elle, en masses qui ont jusqu'à quelques décimètres cubes, et qui forment fréquemment les parois des fentes que présente la roche. Ces masses sont le plus souvent composées de pièces distinctes, et dans chacune de ces pièces, le minéral est en rayons divergens autour d'un centre. Quelquefois les rayons sont presque parallèles, et tellement serrés les uns contre les autres, que leur ensemble présente des masses compactes qui se divisent en prismes informes comme certains basaltes. D'autres fois, les rayons, sur-tout lorsque leur extrémité est libre, se terminent par de vrais cristaux. Souvent la yénite se voit en pièces allongées, ou prismes imparfaits de la grosseur du doigt, et quelquefois même bien plus minces, au milieu de la substance verte : elle en est bien distincte,

les limites étant toujours bien tranchées. Souvent encore elle se trouve dans les cavités de cette même substance, en cristaux portant quelquefois un sommet polyèdre à chaque extrémité, et ayant jusqu'à 3 et même 4 centimètres de long; ils sont tantôt isolés, tantôt diversement groupés. — La couche, dont nous parlons, renferme de plus de l'épidote d'un beau vert-jaunâtre, du quartz, quelques cristaux de fer arsenical, et la variété de fer oxydulé amorphe connue sous le nom de *pierre d'aimant*.

Au cap Calamite, la yénite se trouve encore dans la même substance, mais qui est ici d'une couleur plus grise, et d'un aspect semblable à celui de certains actinotes asbestiformes. Elle est accompagnée de fer oxidulé, de grenats et de quartz hyalin (1).

(1) M. Fleuriau de Bellevue, à qui je montrais les échantillons de yénite que j'avais, en lui disant que je regardais cette substance comme nouvelle, m'apprit qu'il avait lui-même apporté, il y a neuf ans, des échantillons de ce même minéral, venant du cap Calamite, et que l'année suivante, M. Vauquelin en avait fait l'analyse. Ce chimiste en avait retiré :

Silice.	30
Chaux.	14,8
Oxyde de fer.	49
Oxyde de manganèse. .	2
Alumine.	1
	96,8

Depuis la lecture de mon Mémoire, M. Gillet-Laumont a trouvé, dans la collection de Romé de Lisle, qu'il possède, des cristaux de cette même substance; et il m'a dit que ce savant minéralogiste les avait placés à la suite des mines d'étain. Je crois pouvoir assurer qu'ils viennent de Rio. Ainsi, bien antérieurement à M. Fleuriau de Bellevue, ce minéral se trouvait à Paris, mais il n'y était pas connu.

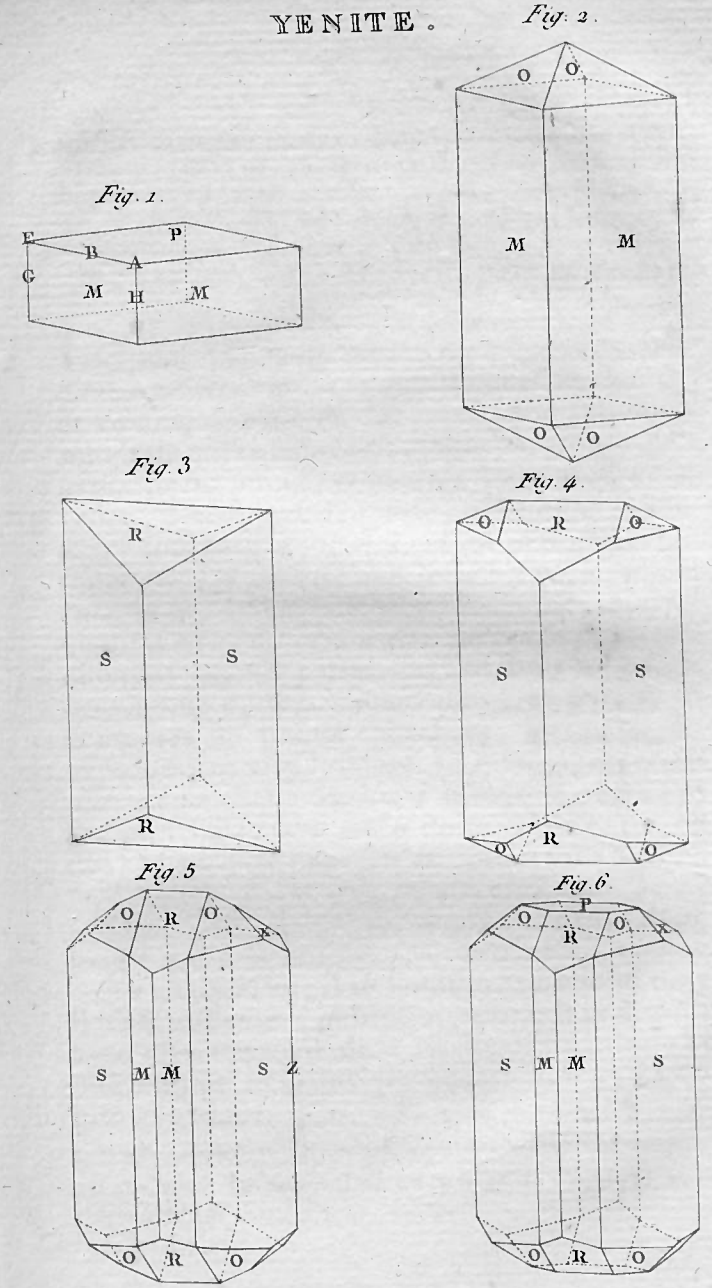
J'ai dernièrement revu, dans mon cabinet de minéralogie, un échantillon que je possédais depuis plusieurs années; et que, n'ayant pu rapporter à aucun des minéraux connus, j'avais mis, selon mon usage, dans un endroit particulier, pour le soumettre à un examen ultérieur. Cet échantillon est de la yénite noire, toujours engagée et comme disséminée dans la même substance verdâtre; il est accompagné d'une note qui indique la partie de la Sibérie, comprise entre Perm et Tobolsk, pour son lieu natal. Je n'oserais cependant garantir l'exactitude de cette indication.

La substance dont je viens de donner l'histoire, pourrait peut-être être employée et traitée comme minerai de fer dans les forges, si elle était en plus grande abondance que je ne l'ai observée jusqu'ici, et si elle n'était pas à côté d'une des mines de fer les plus riches de l'Europe.

Nous avons vu la yénite, soit à Rio, soit au cap Calamite, soit en Sibérie, toujours accompagnée d'une substance verte, disposée en fibres ou rayons comme l'actinote. A ce rapport géologique, il s'en joint un bien plus grand dans la composition; ces deux minéraux ne diffèrent qu'en ce que l'un contient un peu plus de fer : ils ont en outre presque tous les mêmes caractères physiques et chimiques : d'après

cela, je suis porté à les regarder comme ne formant qu'une seule et même espèce. J'exposerai plus en détail, dans un prochain Mémoire, sur la substance verte, les raisons qui me portent à le croire; et j'indiquerai la place qu'ils me paraissent devoir occuper dans le tableau de la classification des minéraux.

YENITE.



Gravé par N. L. Rousseau.

YENITE.

Fig. 1.

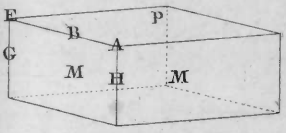


Fig. 2.

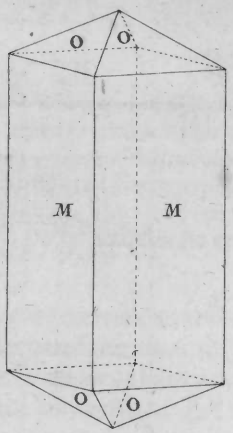


Fig. 3

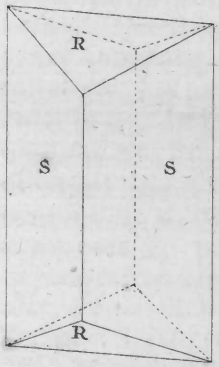


Fig. 4.

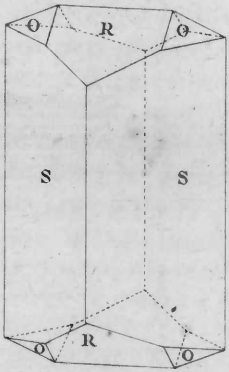


Fig. 5

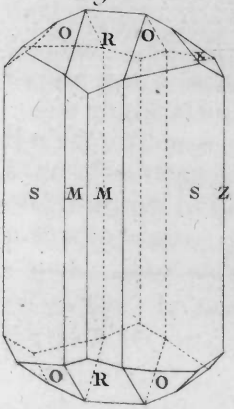
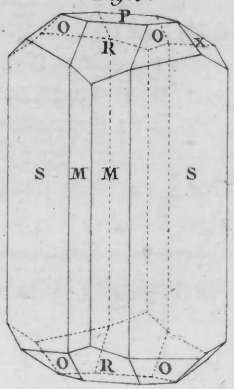


Fig. 6



Gravé par N. L. Rousseau.

NOTICE

Sur une prétendue Magnésie pure native (1).

Les marchands de minéraux allemands vendent sous le nom de *magnésie pure endurcie*, et comme venant de Moravie, une substance minérale qui se trouve en masses amorphes de la grosseur du poing, couvertes d'une croûte terreuse, d'un blanc-jaunâtre, qui happe faiblement à la langue, et qui est un peu grasse au toucher. La cassure est *matte*, entièrement *compacte*, imparfaitement *concoïde*, approchant d'être *plane;* elle est d'un *blanc-jaunâtre;* elle renferme de petites cavités dont les parois présentent de petits mamelons, et paraissent composés de points cristallins, lorsqu'on les expose à une vive lumière. Ce minéral est *semi-dur*, approchant du *dur;* il raye le verre, et l'acier y laisse une trace de sa couleur : il ne donne cependant pas des étincelles sous le choc du briquet : il est *très-translucide aux bords* et pèse 2,83. Il n'absorbe point l'eau, et ne happe pas à la langue.

Au chalumeau, il se fendille et ne fond pas; il n'est nullement phosphorescent; il se dissout avec effervescence dans les acides nitrique et muriatique; le sulfurique occasionne un précipité abondant.

(1) Extrait du *Journal de Chimie et de Physique allemand*, n°. 5.

Il ne saurait être confondu avec la *magnésie native* de Werner (1), qui est très-aisément rayée par l'acier, qui pèse 2,88, et qui happe fortement à langue.

Ce minéral, analysé par M. Bucholz, a donné, sur 100 parties :

Chaux pure.	28
Magnésie pure.	20,5
Manganèse avec un peu de fer.	1,5
Acide carbonique.	48
	98

D'après cela, il paraît que ce minéral est une variété du *bitterspath* des Allemands, le quel est un *carbonate de chaux et de magnésie :* et il est difficile de prononcer si cette espèce intermédiaire devrait plutôt être rapportée à celle *carbonate de chaux* qu'à celle de *carbonate de magnésie*, dans le cas où elle ne devrait pas être considérée comme une espèce particulière.

(1) Voyez *Minéralogie* de M. Brochant, t. II, p. 499, et celle de M. Brongniart, t. I, p. 490, où ce minéral est désigné sous le nom de *Magnésite de Mittchel.*

NOTICE

Sur le Silex schistosus politorius *de* Werner (Polierschiefer), *venant de* Billin *en Bohême* (1).

A une lieue au sud de Billin en Bohême, on trouve, immédiatement au-dessous de la terre végétale et à moins d'un mètre de profondeur, une substance que les minéralogistes allemands désignent sous le nom de *Polierschiefer* (schiste à polir). Elle est d'un blanc jaunâtre, d'une texture schisteuse : elle a un aspect terreux, et laisse sur le drap des traces de sa couleur. Elle se réduit aisément, sous les doigts, en une poussière un peu rude au toucher ; elle happe fortement à la langue ; elle est infusible. M. Haberlé, savant minéralogiste allemand, ayant fait quelques essais sur cette substance, a trouvé que sa pesanteur spécifique était de 0,6 ;

(1) M. Brongniart donne une courte description de ce minéral, dans le tome I de sa *Minéralogie.*

On en trouve des échantillons chez M. Launoy, marchand minéralogiste, rue Thionville, n°. 3.

et que laissée pendant douze heures dans l'eau, 100 parties en absorbaient 117. Elle porte, dans le commerce, en Saxe, le nom de *silber Trippel* (Tripoli pour l'argent). Dans le lieu où je l'ai observée, vers la sommité d'un côteau assez élevé, elle forme la partie supérieure d'une couche, qui devient de plus en plus dense à mesure qu'on s'enfonce, et qui, en quelques endroits, à deux mètres de profondeur, était compacte, avait un aspect jaunâtre et un peu luisant, comme certaines semi-opales; mais elle était et moins dure et moins pesante. Tout ce que j'ai observé sur le lieu, m'a porté à conclure que le *Polierschiefer* n'était qu'une partie de cette couche dont le tissu était relâché et altéré par la décomposition. D'après les observations de M. Reuss, qui habite à Billin même, la couche renferme des débris de végétaux et des empreintes de poissons; tout d'ailleurs indique que c'est le produit d'une alluvion peu ancienne.

M. Bucholz a analysé ce *Polierschiefer* et la schiste nommé *Klebschiefer*, qui accompagne le *Ménilite* de Menil-Montant près de Paris, que l'on avait d'abord regardé comme une variété de *Polierschiefer*.

M. Klaproth avait déjà donné l'analyse du *Klebschiefer* rapporté dans le volume 20 de ce

Journal, n°. 118, page 265. On va donner ici ces trois analyses pour la commodité des lecteurs.

	Polierschiefer.	*Klebschiefer.*		
	Par Bucholz.	Par Klaproth.		Par Bucholz.
Silice	79.	66,50.	62,50.	58.
Magnésie		1,50.	8.	6,50
Oxyde de fer	4.	2,50.	4.	9
Manganèse				
Carbone			0,75	
Alumine	1.	7.	9,75.	5
Chaux	1.	1,25.	0,25.	1,50
Eau	14.	19.	22	19
Gar échapés				
Perte	1.	2,25.	1,75.	1
	100.	100.	100.	100

ANNONCES

Concernant les Mines, les Sciences et les Arts.

Traité élémentaire de Minéralogie, *avec des applications aux arts, ouvrage destiné à l'enseignement dans les Lycées nationaux, par* M. Alexandre Brongniart, *Ingénieur des Mines, Directeur de la Manufacture impériale de porcelaine de Sèvres*, 2 vol. *in*-8°., chez Deterville, Libraire, rue Haute-Feuille, n°. 8.

Nous rendrons compte de cet ouvrage dans un prochain Numéro.

JOURNAL DES MINES.

N°. 122. FÉVRIER 1807.

DESCRIPTION SUCCINTE

De la Mine de plomb du Huelgoat *en Bretagne.*

Par J. F. Daubuisson, Ingénieur des Mines.

La mine du Huelgoat est à 2 mille mètres au S. E. de la petite ville de ce nom, et à 6 mille de la mine de Poullaouen, dont nous avons donné la description dans les précédens numéros (119 et 121) de ce Journal. Elle se trouve ainsi à 3 myriamètres au Sud de Morlaix, dans le département du Finistère. On y occupe de 350 à 400 ouvriers, et on en retire annuellement de 10 à 15 mille myriagrammes (2 à 3 mille quintaux) de plomb, et 400 kilogrammes (2600 marcs) d'argent.

Le terrain, dans lequel elle se trouve, est de même nature que celui de la contrée de Poullaouen; et nous renvoyons à ce que nous avons dit à son sujet dans le numéro 119. J'observerai seulement qu'à mille mètres environ à l'Ouest de la mine, le terrain schisteux cesse, et que le granitique commence. Terrain.

Le filon sur lequel l'exploitation a lieu traverse un coteau compris entre deux vallons,

et dont la sommité est à 173 mètres au-dessus de la mer. La pente occidentale de ce côteau est très-rapide ; vers son milieu, on voit les entrées principales de la mine et les machines hydrauliques ; les laveries sont à son pied, et sa sommité porte un petit bâtiment dans lequel est la machine à molettes, qui sert à l'extraction du minerai. Sa hauteur verticale, depuis ce point jusqu'au fond du vallon, pris vers l'embouchure de la galerie d'écoulement, est de 90 mètres.

Histoire. Le commencement de l'exploitation de la mine du Huelgoat remonte à des tems bien anciens, et antérieurs à la réunion de la Bretagne à la France. Mais elle était abandonnée de tems immémorial, et le souvenir en était éteint ou presqu'entièrement éteint, lorsqu'en 1754, M. Kœnig, directeur de la mine de Poullaouen, en fit, pour ainsi-dire, une seconde fois la découverte. Ce métallurgiste se promenant dans le pays, trouva sur les bords d'un ruisseau et près d'un moulin, appelé *Moulin d'argent*, un tas de scories et de déchets de laveries. Ces matières et le nom du moulin, auprès duquel elles étaient (autrefois les minerais étaient moulus au lieu d'être bocardés), lui firent présumer l'existence d'une ancienne exploitation dans le voisinage. Il remonta le ruisseau, et en cherchant dans les environs, il arriva à la mine du Huelgoat ; il y trouva une ouverture de galerie ; il employa quelques ouvriers à la déblayer, et parvint ainsi dans les travaux des anciens. Ces travaux avaient eu pour objet l'exploitation d'un petit massif de minerai, qui était au-dessus de la galerie ; ils ne s'étendaient

pas au-dessous : vraisemblablement le défaut de moyens d'épuisement n'avait pas permis de s'enfoncer. M. Kœnig fit continuer les déblais et recherches dans ce lieu ; et en 1760 on y avait déjà une belle exploitation. Les travaux ont été continués depuis sans interruption ; mais aujourdhui, la grande profondeur que l'on a atteint, l'abondance des eaux de filtration, et même la diminution dans la richesse du filon et du minerai rendent cette exploitation moins lucrative : peut-être même exploite-t-on avec perte, dans ce moment.

État actuel. Les travaux ont lieu sur un seul filon, puissant, très-peu étendu en longueur, mais d'ailleurs bien réglé ; il consiste principalement en quartz, blende et galène contenant environ deux millièmes d'argent : il a été reconnu sur une étendue de 6 à 700 mètres, et jusqu'à une profondeur de 260.

On en retire annuellement de 20 à 25 mille myriagrammes de minerai lavé et prêt à être fondu, lequel contient 55 pour cent de plomb, et 0,24 pour cent en argent (2 onces 2 gros par quintal).

L'extraction du minerai se fait à l'aide d'une machine à molettes, mue par des chevaux, jusqu'à la hauteur d'une longue galerie, connue sous le nom de *galerie des charioteurs*, par laquelle on le roule jusqu'aux laveries.

Les eaux de filtration sont très-abondantes, leur quantité s'élève à plus d'un mètre cube par minute : elles sont épuisées à l'aide de deux superbes machines hydrauliques, dont les roues ont 13 mètres (40 pieds) de diamètre, et font mouvoir une quarantaine de pompes.

Les minerais sont préparés dans de grandes laveries, qui renferment un bocard à sec, un bocard ordinaire, un banc de triage, 12 cuves, 10 caisses, et 33 tables de lavage.

Ces minerais, après avoir été convenablement lavés et préparés, sont portés, sur des chevaux, à la fonderie de Poullaouen.

La mine du Huelgoat est comprise, ainsi que nous l'avons déjà dit, dans la concession de Poullaouen. Ces deux établissemens sont sous la même administration et direction. Les personnes attachées spécialement à celui du Huelgoat sont :

1	Inspecteur des travaux.
1	Maître mineur.
2	Sous-Maîtres.
2	Distributeurs de poudre.
66	Mineurs (au complet).
58	Décombreurs.
12	Charrioteurs.
10	Ouvriers pour l'extraction.
10	Boiseurs.
1	Maître machiniste.
14	Machinistes (pour les pompes).
5	Graisseurs.
4	Pistoniers.
1	Maître charpentier.
20	Charpentiers, etc.
19	Ouvriers aux forges.
1	Maître laveur.
136	Ouvriers aux laveries.
20	Ouvriers pour objets divers.
383	

Après avoir tâché de donner une idée du filon du Huelgoat, je passerai à ce qui concerne l'exploitation ; mais la plupart des travaux étant

conduits et exécutés à peu près comme à Poullaouen, je ne m'arrêterai que sur ce qui est particulier à cette mine.

La roche qui entoure le filon est un schiste argileux ordinaire ou ardoise grossière. Sa stratification est bien réglée et bien distincte : dans toutes les parties de la mine où la roche est à découvert, la direction des couches est de l'E. N. E à l'O. S. O. ; rarement les déviations vont-elles à une trentaine de degrés de part et d'autre : l'inclinaison est vers le S. S. E., indistinctement sous tous les degrés depuis 90 à 40, rarement au-dessous. On ne trouve, dans ce schiste, d'autres couches hétérogènes que quelques bancs de schiste-alumineux : dans un endroit, j'ai encore vu une couche d'une pierre blanche, analogue au feldspath compacte, dont j'ai parlé, en décrivant la contrée de Poullaouen, (n°. 119, p. 364). Roche.

Le filon du Huelgoat paroît moins être un filon ordinaire, c'est-à-dire, un plan indéfini en longueur et profondeur, et doué d'une très-petite épaisseur (qu'on me pardonne cette expression), qu'une espèce de parallélipipède informe, ayant quelques centaines de mètres de large, quelques mètres d'épaisseur, et s'étendant indéfiniment en profondeur ; ce parallélipipède n'est point placé verticalement au milieu de la roche ; son axe y est incliné de 25° vers le S. E. Filon.

Sa direction est de 30 à 40° Ouest (c'est-à-dire à partir du nord vers l'Ouest). Quoiqu'en général, je l'ai vue bien réglée dans toutes les parties de la mine que j'ai parcourues ; elle ne laisse pas que de présenter une inflexion assez

considérable vers le milieu de la longueur connue : cette inflexion a la forme d'un arc de cercle, dont la corde, au niveau de la galerie des charioteurs, est de 60 mètres de long et la flèche de 36 : la convexité est tournée vers le Sud-ouest.

L'inclinaison moyenne est de 71° vers le N. E. $\frac{1}{4}$ E ; les déviations sont peu considérables, excepté dans les endroits où il se ramifie.

Quant à sa puissance, elle est sujette à de très-grandes variations : dans quelques parties, je l'ai vue n'être que de quelques décimètres ; dans d'autres, elle était de 25° mètres : on peut la fixer, terme moyen, à 3 ou 4.

Le peu de longueur du filon, relativement à sa grande puissance, m'a paru bien extraordinaire : j'ai dit que cette espèce de parallélipipède n'avait que quelques centaines de mètres de longueur, et je ne crois pas qu'il en ait nulle part 400 ; je n'ai vu, dans le filon, aucune galerie de cette longueur : (une longueur de 400 m. prise horizontalement, ne donnerait que 170 mèt. pour celle prise perpendiculairement aux deux bords). Vers le Nord, à la quatrième galerie, j'ai parcouru plus de 200 mètres, dans le prolongement de la direction du filon, au milieu de la roche ; on y voit le lieu où ce gîte, sous forme de filamens quartzeux, se perd dans le schiste : de droite et de gauche, au-delà de ce point, on a poussé quelques galeries de traverse, pour examiner s'il ne serait pas resté à côté de la direction qu'on avait suivie, mais on n'a rien pu découvrir; on en a conclu qu'il n'existait plus de ce côté de la mine. Vers le midi, il paraît également qu'il est bientôt limité par le schiste. Cependant, il conviendrait de multiplier les recherches de ce côté ; car je trouve si extraordinaire, de voir un filon si puissant et si bien réglé se terminer aussi brusquement, que je serais quelquefois tenté de croire qu'il a éprouvé en direction quelques déviations considérables, à peu près comme celui de Poullaouen ; et l'inflexion dont j'ai déjà parlé, montre qu'il est susceptible de pareils dérangemens dans son allure.

La masse principale, dans les endroits que j'ai observés, est de quartz : cette gangue s'y trouve le plus souvent en filets ou plutôt en plaques parallèles aux saalbandes, et séparées par de très-légères fissures : elles sont elles-mêmes composées de bandes ou couches de diverses couleurs, et qui ont encore la même direction que le filon. Leur matière est un quartz tirant souvent sur la calcédoine, sa couleur est quelquefois bleuâtre ou même verdâtre ; mais ce qu'il présente de plus particulier, c'est qu'en quelques endroits le tissu en est relâché au point qu'il est presque friable. Souvent il se forme en boules à couches concentriques. Le filon renferme encore une substance noirâtre, qui a quelque rapport avec celle qui constitue le filon de Poullaouen : en certains endroits, elle est tellement pénétrée de silice qu'elle étincelle sous le briquet et ressemble à une lydienne. Outre ces pierres de gangue, le filon présente encore une brêche qui paroît composée de fragmens de schiste, de feld-spatth compacte entièrement décomposé, et de galets.

C'est dans ces substances pierreuses que se trouve le minerai, blende et galène ; il y est ordinairement sous forme de filets ou plaques parallèles à ceux de quartz : j'ai observé qu'en général la blende se trouve plus fréquemment avec le quartz, et la galène avec la matière noirâtre ; souvent aussi ces minerais, notamment la blende, se disposent en masses rondes, qui s'entourent d'auréoles de quartz striées

du centre à la circonférence : dans certains endroits, le filon est principalement composé de ces masses globuleuses entourées de couches de quartz, et l'intervalle entr'elles reste vide. Le filon est censé riche, lorsque dans une largeur de 1 mètre, il donne 1 décimètre ou 1 ½ décimètre de minerai. — Dans la partie de la mine, où sont les travaux actuels, la blende domine considérablement : elle est d'un brun rougeâtre foncé, et en lames plus ou moins grandes : assez souvent même, elle est entièrement ou presque entièrement compacte. La galène est en général à facettes assez grandes, et ne présente rien de particulier. On ne trouve plus actuellement de ces plombs carbonatés et phosphatés, qui étaient si abondans dans les parties supérieures, et qui sont une des plus belles décorations des cabinets de minéralogie.

Le filon contient encore des pyrites, quelquefois en assez grande quantité, et sous forme de stalactites. On y voit en outre, dans certaines parties, des terres noires ocracées, que l'on jetait parmi les décombres, jusqu'à l'époque de l'inspection de M. Duhamel, en 1774. Ce savant métallurgiste, soupçonnant qu'elles étaient riches en argent, en fit l'essai, en présence du chevalier d'Arcy, et il en retira jusqu'à 15 onces d'argent au quintal.

Le filon du Huelgoat présente deux particularités dignes de remarque pour le minéralogiste : les galets et la brêche déjà mentionnés.

Dans sa masse, et sur-tout dans son toit, on trouve des pierres rondes qui ont quelquefois jusqu'à deux et même trois centimètres de diamètre ; elles sont arrondies et usées sur leurs arêtes, à peu près comme les galets qu'on trouve

sur les bords des rivières : elles sont agglutinées par un ciment qui, en quelques endroits, m'a paru de nature siliceuse, quoique friable ; dans d'autres, il ressemble à la masse noirâtre et schisteuse qui se trouve dans le filon. Ces pierres sont pour la plupart d'une sorte de quartz calcédonieux comme celui du filon ; d'autres fois, elles semblent avoir appartenu à une roche granitoïde à grains extrêmement fins et d'apparence compacte et homogène ; la décomposition, en relâchant leur tissu, montre qu'elles sont formées de différentes substances, et dans ce cas elles contiennent une très-grande quantité de pyrites en petites parties. M. Duhamel est, je crois, le premier savant qui ait fixé son attention sur ces masses, il les regarde comme de vrais galets, ou pierres roulées ; il chercha, dans un Mémoire qu'il lut à l'Académie, à expliquer comment ils pouvaient être parvenus dans l'intérieur du filon, et l'explication qu'il en donna est extrêmement plausible, toutes les fois qu'on regarde ces masses arrondies comme des galets. Mais le sont-elles réellement? MM. Gillet de Laumont et Schreiber, les ont regardées comme telles ; et d'après que de tels savans ont prononcé, je n'oserais émettre une opinion contraire. J'observerai cependant qu'il serait bien possible que, dès la formation primitive, plusieurs de celles qu'on regarde comme des galets, eussent pris cette forme ronde ; ce qui me porterait à le croire, c'est 1°. qu'elles sont souvent à couches concentriques, et exactement de même nature que la masse du filon ; 2°. qu'en quelques endroits, j'ai vu les filets de quartz, qui forment le corps du filon, se replier en quelque sorte sur eux-mêmes pour former de pareilles boules : 3°. qu'on voit certaines parties du même gîte, formées de boules composées de couches concentriques de blende et de quartz, alternant les unes avec les autres ; et il n'y a pas loin de cette formation à celle des masses globuleuses entièrement formées de quartz : 4°. que les formations globuleuses sont assez fréquentes dans le règne minéral ; le granite de Corse, les oolithes, les minéraux mamelonnés, ceux à pièces séparées grenues composées de couches concentriques, etc. en sont des exemples. M. Duhamel, lui-même, a entrevu ce mode de formation, lorsque dans son Mémoire il disait : « Si l'on admet que ces pierres » rondes sont des résultats de la cristallisation, ce phéno-

» mène (celui de la formation du filon) sera plus aisé à ex-
» pliquer (1). » Au reste, tout ce qui a été pris pour des galets n'a pas été formé de cette manière : il en est qui ne m'ont paru que des fragmens de la roche ou de la masse même du filon, tels qu'on en voit dans presque toutes les mines, et dont la décomposition pouvait avoir arrondi les arêtes. Il est même possible qu'il y ait de vrais cailloux ou pierres roulées, venus de dehors, sur-tout dans la brêche dont je vais parler.

Le filon renferme encore assez fréquemment une brêche composée de divers fragmens (2) : je vais la décrire telle que je l'ai vue à la neuvième galerie, cinquante mètres au Sud du puits. Dans cet endroit, le filon ne présente qu'un assemblage confus de fragmens, les uns ronds, les autres anguleux; les uns blancs, les autres noirs. Les blancs sont de deux sortes : les uns sont arrondis sur les arêtes; leur masse est un quartz écailleux, translucide, verdâtre, approchant de la calcédoine; mais ce qu'il présente de plus remarquable, c'est qu'il est peu dur, en le raclant avec un fleuret de mineur, j'en détachais une espèce de boue (car tout est ici pénétré d'humidité) très-rude au toucher : les autres fragmens blancs paraissent plus anguleux; la matière qui les compose est terreuse, douce au toucher comme de la stéatite; et quelques-uns sont traversés par des filets de quartz. Les noirs sont évidemment des fragmens de schiste argileux : quelques-uns sont imprégnés de silice et font feu au briquet. Leur grosseur varie, et est ordinairement de quelques centimètres; ils sont renfermés dans une masse composée de plus petits fragmens de même nature, et qui offre, par la couleur et la disposition de ses parties, l'aspect d'un gneis très-grossier et décomposé; les parties blanches et douces au toucher seraient le feld-spath; les grises et rudes représenteraient le quartz; et les petits fragmens de schiste remplaceraient les paillettes de mica. Peut-être même les parties blanches ne sont-elles autre chose que ce que nous venons de dire. Tout indique que

(1) *Mém. des Savans étrangers*, tom. IX.

(2) On en peut voir dans le Cabinet de minéralogie du Conseil des Mines, sous le n°. $\left\{\begin{matrix}38\\24\end{matrix}\right.$, un échantillon apporté par M. Schreiber.

cette brêche n'est formée que des débris de la roche adjacente, qui sont tombés pêle-mêle, lors de la formation du filon, dans l'espace qu'ils occupent actuellement. Nous avons vu que le terrain de la contrée était composé de schiste renfermant quelques couches de feld-spath compacte, de *grünstein*, de quartz, et un grand nombre de veines de cette dernière substance. Les fragmens de ce feld-spath compacte, en se décomposant, peuvent avoir formé les masses blanches et douces au toucher; ceux de quartz auront formé les fragmens quartzeux; la décomposition, en en arrondissant les arêtes, leur aura donné l'aspect de galets : ceux de *grünstein* ou roche analogue, auront encore produit quelques-uns des cailloux pyriteux. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que ces fragmens étaient dans le lieu où ils sont avant l'entière formation et consolidation du filon : cela est incontestablement prouvé par les filets de quartz dont j'ai parlé, qui les traversent et qui se propagent dans la masse environnante. Ces filets offrent encore un fait très-remarquable; dans des endroits, ils sont très-durs, ignescens; dans d'autres, ils sont presque friables. Quelle est la cause de cette altération? J'ai déjà observé que toute la masse dont nous venons de parler, est pénétrée d'humidité, mais cette humidité n'est pas simplement acqueuse; les eaux de la mine sont très-vitrioliques. Je ne me permettrai aucun commentaire à ce sujet, ni sur les altérations que peuvent subir les substances minérales dans l'intérieur de la terre : je me contente d'appeler l'attention des mineurs instruits sur un genre de phénomènes, qui seul peut nous donner une idée des opérations chimiques qui se passent dans l'intérieur du globe.

Le minerai ne se trouve pas dans toute l'étendue du filon, il est principalement dans la partie centrale du parallélipipède dont nous avons parlé, et la largeur de la partie métallifère n'est que 240 mètres. Dans cette partie même, il y a quelques portions de schiste entièrement stériles : la plus considérable s'est trouvée à 100 mètres de profondeur; elle avait une quarantaine de mètres d'étendue, et elle

s'est terminée par une espèce de queue qui est descendue jusqu'à 200 mètres plus bas.

Dans sa partie supérieure et au nord, le filon a présenté une petite branche d'une soixantaine de mètres. A la profondeur de 100 et 120, également vers le nord; il s'est divisé en deux branches, qui se sont perdues dans le rocher.

D'après ce que nous avons dit sur sa direction et son inclinaison, ainsi que sur celle de la roche, on voit qu'il coupe bien nettement la stratification du terrain dans lequel il se trouve, et qu'il forme avec elle un angle d'environ 70 degrés.

En général, il est bien distinct de la roche: les saalbandes sont bien prononcées. Cependant, dans un endroit où l'exploitation était dans le schiste, la régularité et la conformité de la stratification avec celle du terrain adjacent, me font croire qu'ici on n'était plus dans le filon, et qu'on travaillait sur la roche même qui, au voisinage du gîte, se serait trouvée imprégnée de minerai.

Exploitation.

L'exploitation se fait à peu près comme à Poullaouen. De 20 en 20 mètres (exactement de 10 en 10 toises), on pousse une galerie dans toute la partie métallifère. On est au moment d'ouvrir la *onzième*, 100 toises au-dessous de celle des *charioteurs* (qui est la *première*), et comme celle-ci se trouve déjà à 32 toises sous le jour, à partir de l'orifice du grand puits, on voit que la profondeur totale de la mine est de 132 toises ou 257 mètres.

Les massifs compris entre les galeries ont été exploités presque partout, par *strosses* (ouvrages à gradins en descendant). Les *kastes*

ou planchers destinés à supporter les déblais sont à 2 mètres les uns au-dessus des autres; et comme le filon, dans la plupart des anciens travaux, a de 30 à 40 mètres de puissance, ces boisages n'ont pu être faits qu'avec des solives de près de 3 décimètres d'équarrissage : lorsqu'on parcourt ces anciennes excavations, on croirait quelquefois être dans un magasin de bois. Aujourd'hui l'exploitation se fait plus économiquement sous ce rapport : cependant on n'est pas encore parvenu à établir la même économie, à cet égard, qu'à Poullaouen; les circonstances locales en sont en partie la cause.

La masse principale du filon étant de quartz, presque tout le travail se fait à la poudre; et encore a-t-on souvent bien de la peine à avancer dans une matière aussi dure : il n'est pas rare de voir un mineur employer 12 heures de tems pour forer un trou de 4 décimètres, et mettre hors de service une cinquantaine de fleurets, dans ce travail. Dans de pareils endroits, le mètre courant d'une galerie ordinaire revient à 100 francs et plus.

Presque partout le filon est rempli de fentes ou crevasses, qui laissent passer les eaux; et il faut, en quelques endroits, prendre beaucoup de précautions pour que la poudre que l'on introduit dans les trous ne s'y mouille pas. On emploie pour cela un moyen particulier, que je n'ai pas vu pratiquer ailleurs : au lieu de se servir de cartouches de toile goudronnée et même de fer-blanc, comme cela se fait en quelques endroits, on bouche les fissures qui

conduisent l'eau dans le trou : à cet effet, lorsque ce trou est foré, on y introduit de la glaise, que l'on bourre très fortement à coups de refouloir ; elle pénètre alors dans les fissures, et y ferme le passage à l'eau : l'on charge ensuite comme à l'ordinaire.

Les galeries sont spacieuses, bien faites et bien entretenues : nous avons dit que l'on en avait de 20 en 20 mètres : presque partout, il y en a d'*intermédiaires;* elles sont, les unes et les autres, sur la bande métallifère.

La première, celle qui servait autrefois de galerie d'écoulement, et qui sert aujourd'hui au transport des minerais (la *galerie des charioteurs*), va jusqu'aux laveries ; elle a de 700 à 800 mètres de long; elle est sinueuse, et basse en quelques endroits. Le transport s'y fait, comme à Poullaouen, à l'aide de chiens; mais il est à prix-fait : un charrieur est tenu de faire dix voyages dans son poste ; il reçoit pour cela 75 centimes en hiver, et 85 en été.

La galerie d'écoulement actuelle est à 28 mèt. au-dessous : elle n'arrive que jusqu'au puits le plus septentrioual, et s'y trouve à environ 45 mètres au-dessus de son orifice : si elle était prolongée jusqu'au puits de la machine à molettes, qui est 400 mètres plus au Sud, elle y serait à près de 90 mètres de profondeur.

Puits. Les deux puits que nous venons de citer sont les principaux : le premier, le septentrional, ne descend que jusqu'à la 7e. galerie ; sa profondeur est de 153 mètres, sa longueur de 4,06 m., et sa largeur de 2,27 m. Il ne sert

actuellement qu'à l'extraction des eaux, à l'aide de la *machine inférieure* (1). L'autre puits descend au plus profond de la mine, et, par conséquent, jusqu'à près de 260 mèt. Il a 4,06 m. de long, et 1,95 de large. Il sert à l'extraction du minerai jusqu'à la galerie des charioteurs, et à celle des eaux depuis le fond jusqu'à la septième (galerie).

Outre ces deux puits, il y en a encore un grand qui suit l'inclinaison du filon, et que l'on nomme en conséquence *puits en pente;* il n'est plus aujourd'hui d'aucun usage.

Les travaux se portant de plus en plus au midi, le puits actuel d'extraction va se trouver bientôt hors de la bande métallifère ; pour le

(1) C'est dans le *schiste argileux* qui forme la paroi septentrionale de ce puits, 5 mètres au-dessus de la galerie d'écoulement, derrière le tirant occidental de la machine, que j'ai trouvé un petit filon de laumonite et de spath calcaire ; il avait 3 à 4 centimètres dans la partie la plus large ; et il s'en détachait de petites veinules qui traversaient toute la roche adjacente. Les deux substances étaient à peu près en égale quantité, et les cristaux de laumonite étaient quelquefois enchâssés dans ceux de spath calcaire. Ces cristaux étaient pour la plupart cylindroïdes : quelques-uns cependant avaient la forme de prismes hexaèdres (ayant deux angles opposés d'environ 88 dégrés et les quatre autres étant égaux), terminés par un sommet obtus à 4 facettes et tronqué à la cime. Je n'entre dans aucun autre détail sur cette substance intéressante, dont M. Gillet de Laumont nous donnera vraisemblablement bientôt l'histoire complète.

N. B. La forme primitive est un prisme légèrement rhomboïdal, dont les angles sont de 92 à 88°., il se soudivise dans le sens de la grande diagonale, et est terminé par une base qui correspond à une arête latérale aiguë, avec laquelle elle fait un angle d'environ 124°.

suppléer, on en a entrepris, 200 mètres plus au Sud, un autre, auquel on a donné 3,41 m. de long, et 1,95 de large; il a déjà atteint une profondeur de plus de 142 m.

Tous ces puits sont verticaux et boisés, comme ceux de Poullaouen.

L'extraction du minerai se fait à l'aide d'une machine à molettes, à tambours légèrement coniques, d'environ 2 mètres de hauteur, 3,74 m. de diamètre en bas, et 3,08 en haut.

Epuisement des eaux.

Eaux de filtration.

Nous avons déjà remarqué que les eaux de filtration étaient très-abondantes, et que leur quantité s'élevait à un mètre cube environ par minute; elle va quelquefois jusqu'à un mètre et demi. Comme elles viennent du midi, et que le filon, et par conséquent les travaux plongent vers ce point de l'horizon, on n'a pu les arrêter dans les parties supérieures de la mine; elles gagnent le bas, et leur quantité augmente à mesure qu'on s'enfonce. Je les ai vu jaillir, comme une très-forte fontaine, du rocher qui forme l'extrémité méridionale de la galerie n°. 9 $\frac{1}{2}$; et l'on m'a dit que la source qui était au-dessous, à l'extrémité de la galerie n°. 10, était au moins aussi forte (1) (cette partie était sous l'eau lors de mon séjour au Huelgoat). Les machines ne suffisent pas en été (à cause de

(1) Cette eau est tiède (elle a près de 20°. du therm. centigrade) et vitriolique; elle a traversé des schistes alumineux. Les ouvriers, qui travaillent dans ces endroits, étant constamment mouillés, se déshabillent entièrement.

la

la moindre quantité d'eau motrice) à l'extraction de ces eaux souterraines, et les travaux inférieurs sont noyés une partie de l'année.

Les eaux motrices viennent de l'étang du Huelgoat, qui est situé près de la petite ville du même nom, et qui a une forte demi-lieue de tour; mais l'épaisseur de la tranche d'eau disponible n'est que de 1,3 mètres: ce qui est au-dessous, étant dans un enfoncement de terrain, ne peut se vider. La quantité d'eau qui en sortait, pour le service de la mine, à la fin de l'été 1806, était d'environ 17 mètres cubes d'eau par minute (1). Elle est conduite à la mine par un canal de 6000 mètres de long, et qui reçoit en route les produits de quelques sources: à son arrivée sur les machines, son volume était de 18 mèt. cubes au moins (2).

Ce canal, tracé sur le côteau qui borde au

(1) Cette eau, à peu de distance du point où elle sort de l'étang, traverse un petit vallon, dans un aquéduc de bois; ce qui m'a fourni un moyen assez exact de la jauger: des corps légers que j'ai jetés à diverses reprises dans le courant, parcouraient 25,3 mèt. en une minute; la largeur du canal était en haut comme en bas, de 0,9204 m., et la profondeur de l'eau, de 0,758: ce qui donne un volume de 17,65 mètres cubes. Je ne crois pas qu'il y ait de diminution à faire à cause du frottement contre le fond, m'étant aperçu que l'eau allait au moins aussi vite vers ce fond qu'à la superficie.

(2) Une mesure prise dans le coursier qui conduit l'eau sur la roue supérieure, m'a donné 18,7 m. cub.; et une autre faite dans le canal même, m'a donné 23 m. cub.; diminuant d'un cinquième, comme on est dans l'usage de le faire, lorsqu'on mesure, par la vitesse de la superficie, la quantité d'eau qui conduit une rivière; on a 18 mèt. cub.

midi le petit vallon qui conduit à Huelgoat, arrive à la mine à 62 m. au-dessus de l'embouchure de la galerie d'écoulement (1). 25 mèt. au-dessous de ce premier canal, et sur le même côteau, il y en a un second qui prend, à moitié chemin du bourg de Huelgoat, toutes les eaux du vallon. Il a 3000 mètres de long : il conduisait, lorsque j'étais sur l'établissement, de 5 à 6 m. cubes d'eau par minute; mais souvent il n'en donne que très-peu.

Les eaux du premier canal, à leur arrivée, tombent sur la machine supérieure; de là elles vont tomber, en chûte perdue, dans l'emplacement d'une ancienne machine; ensuite elles se réunissent à celles du canal inférieur, et vont ensemble et successivement sur la machine inférieure, et sur les deux roues des laveries; après quoi, elles se jettent dans un petit ruisseau, qui les conduit à la rivière d'Aulne.

Machine supérieure.

La machine supérieure présente une roue de 13 mèt. de diamètre, placée sur le penchant du côteau à 400 mètres du puits, où sont les pompes, qui élèvent l'eau du niveau de 250 m. à celui de 180. La roue communique le mouvement à l'aide de deux tirans horizontaux placés dans une longue galerie, pratiquée à cet effet, et de deux tirans verticaux ayant 220 mètres de long. Cette machine étant une des plus belles qui existent dans les mines, je vais m'arrêter un instant sur ce qu'elle a de particulier, et sur ses dimensions.

La roue a, ainsi que nous l'avons déjà dit,

(1) Ce canal est tracé sur la carte de Cassini.

13 mètres (40 pieds) de diamètre. : elle porte 108 augets, qui ont, dans œuvre, 0,975 (3 pi.) de large, et 0,325 (1 pi.) de profondeur. L'épaisseur de chaque *couronne* est de 0,068 m., et celle de la doublure est de 0,040 mêt., ce qui fait une épaisseur totale de 0,108 m. (4 po.). L'arbre a 4 mèt. de long, et 0,80 m. d'équarrissage. Les bras, qui sont disposés de la manière ordinaire, ont 0,189 m. d'équarrissage près de l'arbre, et 0,162 sur 0,135 m. à leur extrémité. Les manivelles ont 0,704 m. de long, et sont à 4,55 m. l'une de l'autre.

Elles font mouvoir deux tirans horizontaux de 400 m. de longueur. La première pièce du tirant, celle qui joint la manivelle, en a 13 fois la longueur; son extrémité aboutit à un bras implanté dans un cylindre vertical et mobile sur son axe : l'effet de ce bras, appelé *werkbock* sur le lieu, est de soutenir le tirant. Les autres pièces, qui sont au nombre de 70, ont 0,175 sur 0,162 m. d'équarrissage. Elles sont assemblées comme nous avons dit que l'étaient les tirans des machines de Poullaouen : le joint a un mètre de long; mais au lieu de deux platines de fer sur chaque joint, on en a quatre, une sur chaque face. Sous le milieu de chaque pièce, on a une poulie, en forme de roue de charrette, destinée à la supporter; le diamètre en est de 1,3 m., et la largeur de la jante de 0,175 m. Elles sont à 5,7 m. les unes des autres, et sont supportées par deux montans; la dernière l'est par une bascule, et peut ainsi se baisser et se lever suivant les mouvemens du varlet près duquel elle se trouve. Leur jante porte, de part et d'autre, une dou-

blure en planche, qui est un peu en saillie, et qui sert à contenir le tirant, comme dans la gorge d'une poulie. Afin de diminuer le frottement et de prévenir la dégradation des tirans, on a garni d'une latte de hêtre les parties qui frottent contre les jantes. Chaque semaine on tourne les roues, de manière à ce que toutes les parties passent successivement sous le tirant. A l'aide de cette précaution une partie ne s'use pas plus que l'autre; et depuis six ans que ces poulies sont en place, on n'y remarque pas d'usure sensible.

Autrefois les tirans, au lieu de porter sur des poulies, étaient soutenus par des *schwingues* qui n'avaient pas plus d'un mètre de long. La force avec laquelle elles étaient pressées contre leurs tourrillons, était très-considérable; au commencement de chaque levée elle était plus des deux tiers de la charge de la machine (1): à chaque instant il s'en rompait quelqu'une, et l'on était continuellement occupé en réparations. Les frottemens qui résultaient de cette seule pression, absorbaient près du cinquième de la force (2). M. Duchesne a remédié à tous ces inconvéniens, en substituant les poulies aux *schwingues*: depuis ce tems, les accidens sont rares, et l'on n'a plus de perte de force occasionnée par les parties de la machine qui sont comprises entre la roue et les tirans verticaux. Il suffit d'observer que les eaux intérieures sont le grand fléau de la mine de Huelgoat, et que les machines ne suffisent pas à leur épuisement, même avec les nouveaux perfectionnemens, pour faire sentir tout le service que M. Duchesne a

(1) C'est le rapport donné par les longueurs de la schwingue, et du bras de la manivelle.

(2) Par une méthode que j'exposerai dans un prochain Mémoire, je trouve que la force nécessaire pour vaincre le frottement, résultant de la pression sur les tourillons d'une *schwingue*, ainsi que sur son boulon supérieur $= 0,00282$ de la force de la machine, il y avait 70 schwingues, ce qui fait une perte totale $= 1 - (1 - 0,00282)^{70}$. ou 0,18.

rendu à l'établissement, en faisant le changement dont nous venons de parler (1).

Les tirans horizontaux aboutissent à des varlets ou leviers angulaires, placés verticalement, et dont les bras ont 2 m. de longueur. L'autre extrémité de chacun des deux varlets porte un tirant vertical, qui y est adapté ou plutôt suspendu par une chaîne anglaise, laquelle se plie sur un secteur.

Les tirans verticaux sont en bois de chêne, ainsi que toutes les autres parties de cette machine. Ils sont composés de pièces, qui ont 6,5 mèt. de long: jusqu'à la profondeur de 50 m. (3e. galerie), l'épaisseur des pièces est de 0,148 m. sur 0,135 m., et l'on a quatre platines de fer sur chaque joint: au-dessous, les pièces n'ont plus que 0,135 dans les deux sens, et il n'y a plus que deux platines sur les joints. Les tirans sont contenus de 10 en 10 m. entre des rouleaux mobiles. On a équilibré le poids de chacun d'eux, à l'aide de 4 bascules, dont 3 ont 1,6 m. de long, et l'autre 6,8 m.

Les pompes sont des pompes aspirantes ordinaire, faites comme celles de Poullaouen; mais le corps de pompe est en bois, au lieu d'être en fonte. Elles ont environ 11 m. de haut: leur diamètre est de 0,325 m. (12 p.) jusqu'à la 9e. galerie; au-dessous, il diminue progressivement, et n'est plus que de 0,258 au fond. On a, depuis la quatrième galerie jusqu'au fond, deux répétitions de pompes d'une galerie à l'autre. De la 4e. à la 7e., elles sont

(1) M. Blavon-Duchesne avait déja, depuis long-tems, donné d'autres preuves de ses talens dans la construction des machines. Voyez le n°. 3, pag. 19 de ce Journal.

simples; un tirant porte les pompes de n°. pair, et l'autre celles de n°. impair : mais au-dessous, elles sont doubles, et chaque tirant met en jeu une file de pompes qui descend jusqu'au fond. Ordinairement la machine ne fait aller que les pompes qui sont au-dessous de la 7e. galerie.

Les eaux intérieures de la mine viennent d'un terrain où il y a quelques couches de schiste alumineux, et sont vitrioliques : lorsque les corps de pompe étaient en fonte, elles les corrodaient bientôt, et attaquant inégalement leur paroi intérieure, elles en faisaient une espèce de râpe qui détruisait les cuirs des pistons avec une promptitude étonnante : un piston ne pouvait servir que quelques heures. Pendant un tems, on a eu sur la mine 30 cordonniers, uniquement occupés à coudre des cuirs, et dans un trimestre on a dépensé 32,000 francs seulement en cuirs et clous pour les pistons. Une pareille dépense aurait forcé d'abandonner la mine, si M. Cramer, sous-directeur de l'établissement, n'eût fait substituer les corps de pompe en bois à ceux de fonte. Dans le bas seulement, on a conservé ces derniers, parce que les grains de quartz et sables que les eaux entraînaient, auraient bientôt mis les autres hors de service. Ceux en bois sont forés à 12 pouces, mais le frottement les élargit peu-à-peu, et les porte jusqu'à 14 et même 15. On se propose actuellement, et d'après une idée de M. Sautereau, un des concessionnaires et directeur de la correspondance, d'essayer des corps de pompe en bois, revêtus intérieurement de lames de plomb.

A l'époque où j'étais sur les lieux, cette machine élevait les eaux depuis la 7e. galerie jusqu'à la 9 $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, à une hauteur de 50 m. (le fond était inondé). Les deux pompes de la répétition supérieure ne versaient pas plein, mais seulement aux $\frac{2}{3}$.

Machine inférieure.

La machine inférieure a une roue pareille à la première, et qui est à 104 m. du puits où

sont les pompes qu'elle fait mouvoir. Le bras de la manivelle est de 0,81 m. La quantité d'eau motrice était, lorsque je l'ai mesurée, au moins de 22 m. cubes par minute (1). Le mouvement se communique à l'aide de deux tirans horizontaux, chacun desquels fait mouvoir deux tirans verticaux, qui descendent jusqu'à la 7e. galerie, et ont ainsi 120 m. de longueur. On a 11 répétitions de pompes, qui élèvent l'eau de la 7e. galerie jusqu'à celle d'écoulement, c'est-à-dire, à une hauteur d'environ 100 met. : il y a deux pompes par répétition, ce qui porte leur nombre à 22 : elles ont de 7,5 à 9 m. de hauteur, et 0,325 (12 po.) de diamètre, mais le frottement les élagit, au point que les deux pompes supérieures avaient près de 4 décimètres (14 p.). Elles versaient aux $\frac{2}{3}$ plein. La levée du piston était de 1,54 m., et il y en avait 4 $\frac{1}{2}$ dans une minute.

L'effet réel (ou plutôt l'effet économique de ces machines) est beaucoup plus petit que celui des machines de Poullaoen, proportionnellement à l'eau dépensée et à la hauteur de la chûte. Nous avons vu qu'à Poullaouen le produit de ces dernières quantités étant exprimé par 100, l'effet de la grande machine de Saint-Sauveur, l'était par 60 : je ne trouve pas ici qu'il soit de plus de 40 pour la machine

(1) Le coursier qui conduit l'eau sur la machine étant assez long, m'a permis d'en mesurer la quantité : il avait 1 mèt. de large ; l'eau y avoit 0,420 m. de profondeur ; et sa vitesse était de 15,6 mèt. en 14 secondes, ce qui donne 28 m. cub. dans une minute ; diminuant d'un cinquième, on a 22 $\frac{1}{2}$ m. cub.

inférieure, et 30 pour la supérieure. Cette différence paraît provenir entr'autres, causes 1°. de ce que les roues d'Huelgoat recevant une beaucoup plus grande quantité d'eau, ne la conservent pas aussi long-tems; 2°. de la grandeur des attirails; 3°. pour la machine supérieure de la grande vitesse, qui fait que l'eau pèse moins sur la roue, et a par conséquent moins de force.

Airage. Le grand nombre d'ouvertures qui aboutissent au jour, leur différence de niveau, rendent la circulation de l'air très-active; et nulle part je n'ai vu que le défaut d'airage gênât les travaux. La qualité vitrolique des eaux m'avait cependant fait craindre qu'il n'y eût quelquefois des dégagemens de gaz inflammable; mais il paraît, d'après ce qu'on a répondu aux questions que j'ai faites à ce sujet, que ce fléau est inconnu au Huelgoat; l'on m'a seulement dit que lorsqu'on débouchait des pompes qui étaient restées quelque tems dans l'inaction, il fallait user de quelque précaution, parce que l'air qui en sortait prenait feu aisément.

Je donnerai dans une prochaine Notice, les résultats de quelques observations que j'ai faites sur la température de cette mine.

ANALYSE

DE QUELQUES SULFURES MÉTALLIQUES.

Par M. Gueniveau, Ingénieur des Mines.

FER SULFURÉ.

Plusieurs chimistes, et particulièrement MM. Proust et Hattchet, se sont occupés des sulfures métalliques : le premier a fait voir que certains métaux, tels que le *fer*, le *cuivre*, le *plomb*, se combinaient à l'état métallique, avec le soufre, et en des proportions invariables pour chaque combinaison. M. Hattchet a donné l'analyse de la pyrite magnétique, qu'il regarde comme un sulfure de fer au *minimum*, et celle de plusieurs pyrites ordinaires dans lesquelles il ne reconnaît d'autres principes que le fer et le soufre. Tous les chimistes n'ont pas été convaincus par les expériences de ces deux savans, et quelques-uns paraissent encore admettre de *l'oxygène* dans les *sulfures* de fer : ils se fondent principalement sur ce que M. Proust a employé la synthèse, méthode qui laisse toujours quelque vague sur les proportions, et que M. Hattchet n'a déterminé rigoureusement que le soufre, au moyen du *sulfate de barite*, sur la composition duquel il reste encore des incertitudes. Ayant eu occasion d'analyser quelques sulfures métalliques, j'ai déterminé, avec

beaucoup de soin, leurs élémens, afin de m'éclairer moi-même sur les difficultés dont je viens de parler.

L'échantillon de fer sulfuré sur lequel j'ai fait toutes les expériences que je vais décrire, était amorphe, sans aucun mélange de gangue; sa couleur était le *jaune bronzé*, ordinaire aux pyrite de fer. Divers essais préliminaires m'apprirent que ce minéral ne contenait point de substances terreuses, et aucun autre métal que le fer : je vais rendre compte des moyens que j'ai employés pour déterminer avec précision les quantités de fer et de soufre qu'il contient.

I.

Recherche du fer.

1°. J'ai fait bouillir un mélange des acides nitrique et muriatique, sur 5 gr. de pyrite pulvérisée : le soufre a été brûlé en entier, et la dissolution complète, à l'exception de $0^{gr.},01$ de silice. L'oxyde de fer précipité par l'ammoniaque et rougi au feu pesait $3^{gr.},35$: ce qui indique (en employant le rapport de 148 : 100) $2^{gr.},25$ de fer métallique, ou bien fer métallique 45 pour 100.

2°. Une autre expérience faite de la même manière, m'a donné $3^{gr.},34$ d'oxyde rouge de fer : ce qui coïncide avec le résultat précédent.

3°. J'ai soumis au grillage 20 gr. de la même pyrite : après quelques heures d'un feu assez violent, son poids s'est trouvé réduit à $13^{gr.},24$: 100 ont laissé seulement 66,2.

Je fis dissoudre 5 gr. de ce résidu, dans l'acide nitro-muriatique; le muriate de baryte n'ayant

fait naître aucun précipité dans la dissolution, j'en conclus que le grillage avait été complet et la pyrite réduite à de l'oxyde de fer pur : en comparant d'ailleurs le poids du résidu de 5 gr. de pyrite ($3^{gr.},31$) à celui de l'oxyde de fer obtenu par l'expérience ci-dessus, savoir : $3^{gr.}34$, on ne peut douter que tout le soufre et l'acide sulfurique n'aient été volatilisés. Cette nouvelle manière d'apprécier l'oxyde de fer ne laisse plus aucune incertitude sur la quantité qu'on en peut obtenir de la pyrite, et indique également 45 centièmes de fer métallique.

4°. J'ai fondu sans addition la pyrite grillée dans un creuset brasqué, afin d'en retirer le metal contenu : le culot de fonte était de 70,2 pour 100, sans aucune scorie; retranchant $\frac{1}{100}$ de ce poids à cause du charbon combiné, on à 68,1 de fer pour 100 de pyrite grillée, et pour 100 de pyrite naturelle fer pur 45,08.

Il résulte des quatre expériences précédentes, que le fer sulfuré contient 45 centièmes de fer métallique, et je ne crois pas qu'il puisse y avoir une erreur de *un* centième sur ce résultat.

II.

Recherche du soufre.

1°. 5 gr. de pyrite de fer ayant été dissous par l'acide nitro-muriatique aidé de la chaleur, je versai du muriate de baryte dans la dissolution, jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de précipité : le sulfate de baryte se rassembla au fond du vase; je décantai et ajoutai de l'eau distillée, afin d'enlever les sels étrangers; je le recueillis sur un filtre; il fut d'abord séché à une chaleur

douce, puis rougi au feu : le filtre fut brûlé séparément. Le poids du sulfate de baryte, déduction faite de celui des cendres du filtre, était de 19gr.,1 ou 382 parties pour 100 de pyrite.

M. Chenevix pense que 100 de sulfate de baryte contiennent 14,5 de soufre ; ce rapport est celui que M. Hattchett a employé.

M. Klaproth indique seulement 14 centièmes ; ce qui est peu différent. Je préfère cependant ce dernier résultat, parce que, ainsi qu'on le verra plus bas, il convient mieux aux expériences précédentes.

Les 382 parties de sulfate contiennent donc, soufre 53,4.

2°. On pouvait soupçonner que le résultat précédent était trop faible à cause de l'ébullition dans laquelle j'avais entretenu le dissolvant, qui suffisait pour vaporiser une quantité appréciable de l'acide sulfurique formé. Je crus donc convenable de faire une nouvelle expérience, en employant une chaleur plus modérée.

Je traitai 2gr.,5 de la même pyrite par l'acide nitrique étendu, en chauffant doucement ; tout le soufre fut néanmoins brûlé, et il ne resta qu'environ 0gr.,03 de sulfure indécomposé. J'obtins de cette dissolution 9gr.,71, ou 388 pour 100 de sulfate de baryte qui correspondent à 54,3 de soufre, et en déduisant le résidu (0gr.,03) on a *soufre* 54,8. pour 100.

Je regarde ce résultat comme plus exact que le précédent.

III.

Les expériences ci-dessus font voir que le sulfure de fer soumis à l'analyse, contient environ 45 centièmes de fer métallique, et de 54 à 55 de soufre, résultats qui diffèrent très-peu de ceux de M. Hattchett. Il est difficile, d'après cela, de croire que les *pyrites* de *fer* contiennent de l'*oxygène*, et la quantité qui pourrait correspondre aux erreurs possibles, ne peut être de plusieurs centièmes.

Parties composantes de la *pyrite de fer*.

Fer métallique. . . .	45
Soufre.	55
	100

CUIVRE SULPURÉ.

MM. Lelievre et Gillet-Laumond, conseillers des Mines, ayant eu la bonté de me remettre chacun un échantillon de cuivre sulfuré, je vais présenter les résultats de l'analyse de cette espèce de minéral.

1°. *Cuivre sulfuré* de Sibérie, (de la *collection de M. Lelievre.*)

Pesanteur spécifique. . . . . 5,22.

5 gr. de ce minéral traités par l'acide nitro-muriatique aidé de la chaleur, ont été réduits à 0gr.,51 de soufre presque pur : la calcination

n'a laissé que $0^{gr.}04$ d'oxydes qui ont été redissous complètement.

La dissolution a laissé précipiter par le muriate de baryte, $4^{gr.},01$ de sulfate, qui correspondent à $0^{gr.},56$ de soufre; ce qui porte la quantité totale de ce combustible à $1^{gr.},03$. Le fer a été séparé du cuivre par l'ammoniaque; le précipité bien lavé et rougi, pesait $0^{gr.},08$.

L'oxyde brun de cuivre précipité par la potasse, pesait $4^{gr.},65$ qui contiennent $3^{gr.}72$ de cuivre métallique.

Je me suis assuré, par divers essais, que l'échantillon soumis à l'analyse ne contenait aucune substance terreuse, point de plomb, de manganèse ni d'antimoine. La petite quantité de fer qui y existe me paraît même être renfermée dans de petites fissures où son oxyde est facile à apercevoir; il ne doit donc pas être considéré comme partie essentielle à la composition *du cuivre sulfuré*.

Résultat.

Cuivre métallique. .	74,5
Soufre.	20,5
Oxyde de fer. . . .	1,5
Perte.	3,5
	100,0

Les essais que j'ai faits dans le cours de l'analyse, me portent à croire qu'une partie de la *perte* ($3\frac{1}{2}$) tombe sur le cuivre. Malgré cela, le rapport du soufre au cuivre s'éloigne très-peu de celui de 28 à 100 déterminé par M. Proust.

Ce cuivre sulfuré ayant été soumis à un feu très-violent dans un creuset brasqué, fut fondu et ne perdit que 2 centièmes $\frac{1}{2}$: son aspect n'était point changé; on apercevait seulement quelques petits globules de cuivre vers la partie inférieure du culot.

2°. *Cuivre sulfuré* de Sibérie (de la *collection de M. Gillet-Laumont.*)

Cet échantillon, quoique très-homogène en apparence, était cependant mélangé de beaucoup de quartz; il donnait dans quelques endroits des étincelles au briquet.

Je séparai le cuivre du fer par l'hydrogène sulfuré; le précipité calciné, redissous et traité par la potasse caustique, me donna $3^{gr.},0$ d'oxyde de cuivre pour 5 gr. de minéral. Je n'y trouvai aucun autre métal que le cuivre et le fer.

Résultat.

Cuivre métallique. . .	47
Soufre.	13
Résidu siliceux. . . .	25
Chaux	7
Oxyde rouge de fer . .	9,3
	101,3

Il faut encore remarquer ici, que la présence de diverses substances étrangères au cuivre sul-

furé, n'a point troublé le rapport du cuivre au soufre, qui est sensiblement celui de 100 à 28. Le fer n'est vraisemblablement point combiné au *sulfure*, mais il en forme la gangue, avec la silice et la chaux.

CUIVRE PYRITEUX.

I.

Cuivre pyriteux de Sainbel (de la *collection du conseil des Mines.*)

Pesanteur spécifique . . . . . 4,16.

L'échantillon que j'ai soumis à l'analyse était amorphe, mais sans mélange de gangue; sa couleur était le *jaune verdâtre bronzé :* je me suis assuré de sa composition de deux manières différentes.

Première analyse. 5 gr. de ce minéral pulvérisé, traité par l'acide nitro-muriatique, ont été très-facilement attaqués : le résidu pesant 1gr.,13 a été réduit à 0gr.,08 par la calcination; et de nouvel acide n'a laissé que 0gr.,04 de gangue quartzeuse.

Le muriate de baryte a occasionné, dans la dissolution, un précipité de sulfate pesant 5gr.,50 qui correspond à 0gr.,77 de soufre : cette quantité, jointe à celle déjà trouvée, donne 1gr.,82 pour la totalité du soufre contenu. Le cuivre a été précipité par l'hydrogène sulfuré, redissous et précipité de nouveau par la potasse caustique :

caustique : l'oxyde brun obtenu, pesait 1gr.88, et contenait à peu près 1gr.,5 de métal.

La potasse avait dissous environ 0gr.05 d'oxyde de zinc. L'oxyde rouge de fer pesait 2gr.,26, qui correspondent à 1gr.,53 de fer métallique.

Résultat.

Soufre.	36,5
Cuivre.	30,0
Fer métallique . . .	31
Oxyde de zinc. . . .	1
Gangue.	1
	99,50

Deuxième analyse. La même substance a été traitée par l'acide nitrique aidé de la chaleur.

Premier résidu. 2gr.,35 réduit à 1gr.86 par la calcination. L'acide nitro-muriatique n'a laissé de ce dernier que 0gr.,23, contenant seulement 0gr.,04 de gangue.

Le poids du soufre séparé de ces résidus était de 0gr.93. La dissolution a laissé précipiter 5gr.91 de sulfate de baryte, qui contiennent 0gr.,82 de soufre, et portent le total à 1gr.75.

Le cuivre a été dissous par l'ammoniaque, et l'oxyde de fer en a été séparé par plusieurs opérations. L'oxyde de cuivre précipité par la potasse pesait 1gr.90, correspondans à 1gr.52 de métal.

L'oxyde rouge de fer pesait 2gr.,47, et contenait 1gr.,66 de fer pur.

J'ai trouvé aussi des traces de zinc.

Résultat.

Soufre.	35
Cuivre.	30,5
Fer métallique	33,0
Plus, traces de zinc. . .	» »
Gangue.	1,0
	99,5

En prenant la moyenne entre les résultats des deux analyses, on a pour proportions très-probables,

Soufre.	36
Cuivre.	30
Fer métallique. . . .	32
Gangue.	1
Zinc.	1
	100,0

II.

Cuivre pyriteux de Baigorry.

J'ai employé pour les deux analyses suivantes des morceaux de minerais assez purs, quoique mélangés de quartz.

Première analyse. 5 gr. réduits en poussière ont été soumis à l'action de l'acide nitro-muriatique : le premier résidu pesant 1gr.,72 a été

réduit à 0gr.,73 par la calcination ; de nouvel acide, n'a laissé que 0gr.,54, qui ont présenté 0gr.,46 de gangue, après que le soufre a été brûlé.

Le muriate de baryte a précipité de la dissolution, 3gr.,6 de sulfate correspondans à 0gr.5 de soufre. Total du *soufre* 1gr.,57.

L'hydrogène sulfuré a été employé pour séparer le cuivre ; l'oxyde brun de ce métal précipité par la potasse, pesait 1gr.,69, et contenait par conséquent 1gr.,35 de métal. L'oxyde rouge de fer obtenu pesait 2gr.,19, qui correspondent à 1gr.,49 de fer métallique.

Résultat.

Soufre.	31,5
Cuivre.	27,9
Fer métallique.	30,0
Gangue.	8,5
	97,0

Deuxième analyse. Je traitai de la même manière 5 gr. de la même substance ; je séparai 0gr.,34 de soufre, par la calcination ; la gangue pesait 0gr.,48 ; le sulfate de baryte obtenu, pesait 8gr.,88 et correspond à. . . 1gr.,24 de soufre.

Total du *soufre*.	1gr.,58
Oxyde brun de cuivre. . .	1gr.,73
Oxyde rouge de fer. . . .	2gr.,16

Résultat.

Soufre.	31,5
Cuivre.	28,0
Fer métallique.	29,0
Gangue.	9
	97,5

Proportions moyennes.

Soufre.	31,5
Cuivre.	27,5
Fer métallique. . . .	29,5
Gangue.	9
	97,5

J'ai lieu de croire que les proportions de soufre sont un peu faibles, parce que toutes les méthodes employées ne donnent jamais la totalité de ce combustible.

Quand on traite les sulfures métalliques par l'acide nitrique étendu d'eau, le soufre reste mélangé avec des métaux qui s'oxydent pendant qu'on le vaporise ; tout l'oxygène ajouté diminue la quantité du soufre : en employant l'acide nitro-muriatique et l'ébullition, on évite cet inconvénient ; mais on peut vaporiser de l'acide sulfurique ; de quelque manière que l'on s'y prenne on doit toujours regarder la quantité de soufre obtenue, comme au-dessous de celle qui existe réellement.

Malgré les erreurs inévitables dans les analyses, il est facile d'apercevoir que les quantités relatives de *soufre*, de *cuivre* et de *fer*, sont sensiblement les mêmes dans les deux échantillons de cuivre pyriteux. En faisant abstraction de la gangue et réduisant à 100 parties de minerai pur, on trouve :

Pour le cuivre pyriteux de Sainbel,
soufre . 37,0 . . *cuivre* . . 30,2 . . *fer* . . 32,3.

Pour celui de Baigorry,
soufre . . 35,0 . . *cuivre* . . 30,5 . . *fer* . . 33,0.

M. Proust a fait voir que le *cuivre pyriteux* contenait le *sulfure de cuivre* tout formé, et il regarde ce minéral comme un mélange des deux sulfures de cuivre et de fer : cette opinion me paraît très-probable, quoiqu'on ne puisse peut-être pas encore assurer que le *sulfure de fer* y existe dans le même état de combinaison qui constitue la *pyrite de fer naturelle*.

M. Chenevix a obtenu d'un échantillon de cuivre pyriteux, 30 centièmes de cuivre et 53 d'oxyde de fer, qui correspondent à 35 de métal : j'ai aussi trouvé 30 centièmes de cuivre dans un morceau de *mine jaune* de Chessy. En comparant ces résultats entr'eux, et à ceux que j'ai présenté ci-dessus, j'ai été frappé du rapport qui existe entre les élémens d'un minéral qu'on regarde généralement comme étant d'une composition très variable ; la difficulté de le distinguer de la *pyrite de fer* a pu contribuer à accréditer cette dernière opinion, mais je suis porté à croire que lorsque *le cuivre pyriteux*

est bien homogène et non-décomposé, sa composition est sensiblement la même, quel que soit la mine d'où il provient, et qu'il peut être considéré comme une *espèce minéralogique*, déterminée et circonscrite par la chimie.

Cet aperçu n'est, au reste, qu'une simple conjecture sur laquelle on ne pourra prononcer, que lorsqu'on aura un plus grand nombre d'analyses faites sur des échantillons bien caractérisés et sans aucun mélange.

OBSERVATIONS

Sur la chaleur souterraine, faites aux Mines de Poullaouen *et du* Huelgoat *en Bretagne.*

Par J. F. Daubuisson.

Il y a peu de questions en physique, où l'on ait encore autant besoin d'avoir des faits positifs et bien constatés, pour pouvoir en tirer quelques conséquences, que celle sur la température de l'intérieur du globe, prise aux profondeurs qu'il nous est donné d'atteindre. J'ai déjà fait connaître quelques faits que j'ai observés à ce sujet dans les mines de la Saxe (1) : je vais maintenant en exposer quelques autres résultant des observations faites, l'été dernier, aux mines de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne. L'habitude que j'ai de ces sortes d'expériences, ainsi que la connaissance que j'avais déjà du local où j'opérais, m'ayant mis à même de choisir, avec quelque discernement, les points dont je voulais déterminer la température, j'espère que les faits que je vais rapporter ne seront pas sans quelque intérêt pour ceux qui s'occupent de la physique du globe terrestre.

Le thermomètre dont je me suis servi était à mercure et divisé en quatre-vingt parties, depuis le point de glace fondante jusqu'à celui d'eau

(1) Voyez le tom. 13 de ce Journal, et le *Journal de Physique*, tom. 62.

bouillante. Il était renfermé dans un tube de verre. Je me suis assuré, par l'expérience, que lorsqu'il indiquait un certain degré de chaleur, et qu'on l'en écartait d'une douzaine de degrés, il lui fallait, pour retourner au premier point, trois ou quatre minutes, si on le plongeait dans l'eau (qui avait la température première), et onze à douze lorsqu'on le tenait dans l'air. D'après cela, toutes les fois que, dans les mines, j'ai voulu prendre la température d'une masse d'eau, j'y ai entièrement plongé le thermomètre, et l'y ai laissé pendant cinq minutes : lorsqu'il s'agissait d'une masse d'air, je l'y tenais pendant un quart-d'heure. Toutes les observations ont été réduites au thermomètre centigrade. Quelque soin, et quelque patience que j'aie mis à les bien faire, je n'en puis cependant répondre qu'à un quart de degré près.

Observations faites à Poullaouen.

Je commence par indiquer la position du lieu.

Position physique.

La mine de Poullaouen est située à 48° 17′ 49″ de latitude, et à 5° 55′ 57″ de longitude à l'ouest de Paris ; son orifice (celui du puits St.-Georges) est à 106 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est à quatre myriamètres de la côte septentrionale de la Bretagne, et à six de la côte méridionale, ainsi que de celle occidentale. La contrée où elle se trouve fait partie de la langue de terre, qui, sous la forme d'un toit dont le faîte est d'environ 260 mèt. plus élevé que la mer, s'avance dans l'Océan et constitue le sol de la Bretagne. Celui du pays qui entoure

la mine, à près d'un myriamètre de distance, est à environ 150 mèt. au-dessus du niveau de la mer : ce pays est coupé et sillonné en tout sens par des vallées : une d'elles, en se renflant, présente comme un bassin presque circulaire, d'environ mille mèt. de diamètre ; et c'est sous le sol de ce bassin (qui est à 106 mèt. d'élévation) que se trouvent les exploitations de Poullaouen (1).

D'après la loi que suit la chaleur de l'équateur au pôle, la température moyenne de la surface de la terre, à Poullaouen, doit être de 12,4° (2). L'élévation du sol exige près d'un degré (3) de diminution, ainsi on peut estimer à 11,5 la température moyenne.

Observations.

Mes observations ont été faites le 5 septembre 1806. Pendant tout le jour, le ciel fut beau, et ne présenta que peu de nuages. La température prise à l'ombre, dans le milieu de la journée, était de 19°.

En rapportant la suite de mes observations, j'indiquerai la position des points où elles ont

(1) Voyez tom. 20, p. 355, de plus grands détails sur la constitution physique de la contrée de Poullaouen.

(2) La théorie et l'observation m'ont conduit à une expression extrêmement simple de la température thermométrique d'un lieu, dont on connaît la latitude. Cette expression est :

$$30{,}7^{\circ}.\ \mathrm{Coss.}^{2{,}25}\ latitude,$$

ou, avec une exactitude suffisante, dans la zône tempérée :

$$28^{\circ}.\ \mathrm{Coss.}^{2}\ latitude.$$

Voy. le tom. 62 du *Journ. de Phys.*

(3) Dans l'atmosphère, la température diminue d'un degré par 175 m. de hauteur. *Journ. de Phys.* tom. 62.

été faites, ainsi que ce qui m'a paru pouvoir influer sur la température. A côté de chaque expression thermométrique, je donnerai la profondeur, au-dessous de la superficie du sol, du point auquel elle se rapporte.

	Temp.	Prof.
1°. Dans la première galerie, appelée *niveau de 50 pieds*, près du puits par lequel on descend, dans un lieu où il n'y avait qu'un faible courant d'air, un peu d'eau qui était sur le sol a indiqué. . . .	13,1°.	16 m.
2°. A la galerie de St.-Georges, sous l'intersection de trois branches du filon, dans une espèce de cul de sac fort éloigné des lieux qu'occupent les mineurs, où il n'y avait aucun courant d'air, mais où il tombait du faîte une grande quantité d'eau de filtration; cette eau a donné.	11,9	39
3°. Les eaux de filtration, qui sont tombées dans cette galerie (St.-Georges), ont indiqué, à leur arrivée au puits par lequel on les élève.	12,1	39
4°. Trente-six mètres plus bas, au niveau de la Boullaye, vers l'extrémité d'une longue galerie, où il n'y a ni courant d'air, ni travailleur, sous de très-fortes gouttières, et dans l'eau, j'ai eu. .	11,9	75
5°. Tout au fond du puits St.-Georges, dans le puisard où se rassemblent les eaux qui ont pénétré dans les parties inférieures de la mine situées tout autour, l'eau a indiqué.	142	142 m.
6°. Et l'air au-dessus de cette eau.	15	141
7°. Au puisard que présente le fond du puits de Ste.-Barbe (lequel est à l'autre extrémité de la mine), dans l'eau, j'ai eu. . . .	13,5	150
8°. Et dans l'air, au-dessus de l'eau.	14,4	150
9°. Les eaux des anciennes excavations qui viennent à ce puits, ont marqué.	13,3	

N. B. Ces eaux provenant des filtrations qui ont principalement lieu dans le parties supérieures des anciens travaux, sont froides; etcomme elles forment la majeure partie de celles qui entrent dans le puisard de Sainte-Barbe, elles y sont cause du peu de chaleur que présentent celles qui s'y trouvent.

10°. Dans une excavation peu éloignée du fond du puits de Ste.-Barbe (appelée *galerie du four*), dont les parois sont presque partout tapissées de pyrite rayonnée, en partie effleurée; le thermomètre, laissé pendant plus d'un quart-d'heure, dans un petit creux fait au milieu de la pyrite, et qui renfermait beaucoup de sulfate blanc, le thermomètre, dis-je, a marqué.	14,6	140

11°. Plongé ensuite dans un petit trou, d'où il sortait une

source assez forte, il a également indiqué. . . . . 14,6°. 140m.

Conséquences.

1°. Les observations 2,3,4 prouvent incontestablement que la chaleur de la roche, dans les parties supérieures de la mine, est de 12° : les eaux qui l'ont indiquée, filtrant à travers la roche, en ont bien certainement pris la température, et on voit que cette température ne diffère pas sensiblement de celle indiquée par la théorie. Si la première observation a donné une chaleur un peu plus considérable, c'est qu'elle a été faite dans un lieu où il passe continuellement de l'air venant de dehors, et par conséquent chaud (les expériences ayant été faites à la fin de l'été).

2°. Les observations 5 et 6 font encore voir que la température des parties inférieures de la mine est plus considérable que celle des parties supérieures. Si dans les profondeurs, l'air paraît plus chaud que l'eau, c'est vraisemblablement encore parce qu'il a conservé une partie de la chaleur qu'il avait en entrant dans la mine. J'ai déjà donné la raison, qui fait que dans les observations 7, 8, 9, on a eu une chaleur moindre que ne comporte la profondeur.

3°. Les expériences 10 et 11 montrent qu'il est des circonstances où la présence des pyrites ne produit pas de chaleur : celle qu'elles indiquent ne saurait dépendre de cette cause ; au puits St.-Georges, il n'y a point de pyrite, et la température est la même.

Ainsi, abstraction de toute cause extraordinaire, les observations que j'ai rapportées me paraissent indiquer, qu'à 150 mètres de profondeur, la température est, à Poullaouen, de 2 ou 3° plus considérable, qu'à la surface du sol.

Observations faites à Huelgoat.

Position physique.

La mine du Huelgoat est à 48° 18′ 17″ de latitude ; et à 6° 1′ 46″ de longitude occidentale : son orifice (celui du puits d'extraction) se trouve à 173 mètres au-dessus du niveau de la mer. Elle est sur un large côteau qui sépare deux vallons, dont la profondeur est de 80 à 90 mètres.

D'après ce que nous avons dit sur la latitude et l'élévation, on peut conclure que la température moyenne est de 11°.

La roche est, ainsi qu'à Poullaouen, un *schiste argileux*, mais elle contient de plus quelques couches de schiste alumineux (1).

Observations.

Voici les observations que j'ai faites, le 5 septembre (même jour que celles de Poullaouen).

1°. Dans une galerie qui est à une quinzaine de mètres au-dessous de celle par laquelle les ouvriers entrent ordinairement dans la mine, qui n'a d'autre orifice que celui par lequel on y pénètre, dans laquelle personne n'entre depuis plusieurs années, et où il n'y a aucun courant d'air, le thermomètre, placé à son extrémité septentrionale, a marqué, au bout de 20 minutes. . . . . 11°. (Temp. Prof.)

(1) Voyez sur la nature de la roche et du filon, ce volume, p. 85, ainsi que le volume précédent, p. 359 et suiv.

Après avoir descendu le puits dit *des mineurs*, et avoir parcouru quelques dixaines de mètres sur la galerie qui est au pied, je suis entré dans un autre puits qui aboutit à une galerie absolument sans communication avec le reste de la mine, et dans laquelle il n'y a par conséquent aucun courant d'air.

	Temp.	Prof.
2°. Le thermomètre plongé dans un peu d'eau stagnante qui était sur le sol, s'est élevé à.	12,2°.	70m.
3°. Je suis remonté à la première galerie, et sous une forte gouttière, dans l'eau, et en un endroit traversé par un courant d'air, le thermomètre a marqué.	13,7	60

Je me suis ensuite dirigé vers le sud où sont les exploitations actuelles.

4°. A la deuxième galerie, à peu de distance du puits d'extraction, dans un lieu où l'on passe continuellement, et où il avait un courant d'air assez fort, un peu d'eau stagnante a indiqué.	15	80
5°. A la cinquième galerie, le thermomètre plongé dans une caisse d'eau qui était près du grand puits, s'est élevé à.	17	140
6°. A l'extrémité de la galerie n°. 9 $\frac{1}{2}$, point où les travaux sont le plus avancés vers le midi, on voit jaillir du rocher une grande quantité d'eau (dont nous avons parlé p. 102) légèrement vitriolique; le thermomètre tenu, pendant un quart-d'heure, au milieu du jet, a continuellement marqué.	19,7°.	230m.
7°. Tenu à côté, dans l'air, il a également donné.	19,7	230
8°. Il en a été de même, à environ soixante pas vers le puits, lorsqu'on l'a mis au milieu du ruisseau formé par la source dont nous venons de parler.	19,7	230

Le fond de la mine était noyé; les eaux s'y élevaient à une hauteur d'environ 16 mètres. Je suis descendu par un petit puits pratiqué à peu de distance du grand, jusqu'au niveau du lac souterrain.

9°. Le thermomètre tenu pendant un quart-d'heure sur une planche qui flottait sur l'eau, a marqué.	18,8	238
10°. Plongé dans l'eau, il a également indiqué.	18,8	238

Toutes les eaux qui coulaient dans cette partie méridionale de la mine, se rendaient dans le lac souterrain, où elles étaient puisées par les pompes.

11°. La température de celles que ces pompes versaient dans la galerie n°. 7, était de.	19,4	180

En suivant cette galerie, elles se rendaient à un autre puits

placé dans la partie septentrionale de la mine. Temp. Prof.

12. Elles s'y mêlaient avec une petite quantité d'eau dont la température était de . . . . . 15°. 120m.

13°. Et lorsque toutes ensemble étaient versées par les pompes dans la galerie d'écoulement, elles portaient le thermomètre à 18,4

Conséquences. Nous avons ici deux classes d'observations à distinguer, celles (n°. 1, 2, 3 et 12) faites dans la partie septentrionale de la mine, et celles faites dans la partie méridionale.

Les premières me paraissent indiquer la température naturelle du terrain. Celle n°. 1 faite à 20 ou 30 mètres au-dessous de la superficie du sol (dans cette partie de la mine), doit être regardée comme donnant le vrai degré de chaleur de la surface du terrain de la contrée : je ne vois aucune cause qui ait pu altérer la température naturellement propre à cet endroit, qui est fort éloigné de tous les travaux ; certainement elle y reste la même durant toutes les saisons de l'année ; et son expression est exactement la même que celle indiquée par la théorie. Les observations n°s. 2 et 3 font encore voir que cette température va en augmentant à mesure qu'on s'enfonce. Le courant d'air qui règne dans la première galerie (celle des *charioteurs*), rend raison du petit excès de chaleur qu'on y remarque proportionnellement à la profondeur.

Quant à la température des observations faites dans la partie méridionale de la mine, elle est visiblement influencée par une cause étrangère,

gère, par l'arrivée des eaux vitrioliques, que nous avons dit ailleurs (page 96) venir du midi. En fonçant un nouveau puits, à 100 mètres de la partie méridionale des exploitations actuelles, on a traversé des couches d'un schiste alumineux, lequel, dès sa sortie du souterrain, a déjà un goût stiptique très-fort. Avec le secours de la loupe, on y remarque une multitude de points pyriteux, qui par leur décomposition et leur action sur le schiste ont vraisemblablement produit un dégagement de calorique, lequel aura échauffé les eaux qui traversent ces couches. Celles ci n'étant qu'à une petite profondeur, se seront trouvées, par quelques fissures, en communication avec l'atmosphère ; et les décompositions et dégagemens auront ainsi pu s'effectuer dans l'intérieur de la terre.

Quoi qu'il en soit, il me paroît positif que c'est en traversant ces couches que les eaux auront pu acquérir une chaleur de 20°, qui est bien supérieure à celle que comporte la profondeur à laquelle elles se trouvent.

J'observerai encore ici, que si c'est aux pyrites qu'il faut attribuer cette chaleur, elles la produisent par leur action sur le schiste. Dans les observations faites à Poullaouen, nous avons vu des pyrites en quantité considérable, n'occasionner aucune chaleur particulière. Je répéterai ici ce que j'ai dit ailleurs : j'ai vu des exploitations de pyrite, et n'y ai pas trouvé la chaleur sensiblement plus forte que dans les autres mines : ainsi, je serais porté à croire que les pyrites en masse, au moins celles non radiées, ne produisent pas de chaleur souterraine : mais

celles qui sont disséminées en parties extrêmement petites, dans un corps sur lequel l'acide sulfurique peut avoir une action, ne sont plus dans le même cas, lorsqu'il y a accès d'air atmosphérique. J'ai fait remarquer, dans un autre Mémoire, que ce ne sont pas les houilles, qui contiennent le plus de pyrites, qui donnent, dans l'intérieur des mines, les airs inflammables connus sous le nom de *feux grisous*; mais celles qui n'en contiennent pas ou presque pas à la vue simple, et dans lesquelles le sulfure de fer est vraisemblablement en particules indiscernables.

SUR LA DÉCOUVERTE

DU PALLADIUM,

Avec des observations sur les autres Substances qui se trouvent dans le Platine brut.

Par W. H. Wollaston (1).

En purifiant dernièrement par précipitation, une quantité considérable de platine, j'eus occasion d'observer plusieurs circonstances de la dissolution de cette substance remarquable, qui ne l'ont pas encore été et qui, je l'espère, ne seront pas sans intérêt pour la société. (*La Société royale de Londres.*) Comme j'ai déjà annoncé dans un premier Mémoire, que le platine brut contenait un métal que j'ai fait connaître et nommé *rhodium*, je me bornerai présentement aux expériences, qui m'ont conduit à la découverte d'un nouveau métal, que j'ai nommé *palladium*, à cause de la planète *pallas* découverte, à peu près à la même époque, par le docteur Olbers. J'examinai, dans la suite de mes expériences, les diverses substances mêlées ordinairement au platine; mais

(1) Le Mémoire dont nous donnons ici la traduction, est inséré dans le N°. 2 du *Journal de Physique et de Chimie*, publié à Berlin par MM. Bucholz, Crell, etc.

il serait superflu d'en parler avec détails, puisqu'elles ont été l'objet d'excellentes recherches.

I. *Mine d'Irridium.*

Je dois pourtant faire mention d'une substance métallique qui accompagne le platine brut, et qu'on n'en a pas encore distinguée, à cause de sa grande ressemblance avec lui : elle ne peut guère être distinguée, ni séparée des grains de platine, que par la dissolution de celui-ci dans l'acide nitro-muriatique qui ne dissout pas la première : en essayant de l'entamer avec la lime, on reconnaît qu'elle est beaucoup plus dure que les grains de platine; sous le marteau elle ne paraît pas avoir le moindre degré de malléabilité ; la cassure des grains semble un tissu de lames qui ont un éclat particulier : de sorte que quoiqu'il soit en général difficile de distinguer la plus grande partie de ces grains, de ceux de platine, ainsi que je l'ai remarqué plus haut, cependant leur cassure lamelleuse, leur donne quelquefois une aspect, qui peut les faire reconnaître.

Pour me convaincre, d'une manière certaine qu'il se présente dans l'état naturel, des grains de cette mine, qui n'ont pas été séparés du platine par la dissolution, j'en ai trié un nombre assez considérable pour pouvoir en déterminer la composition.

Leur propriété la plus remarquable, est leur grande pesanteur spécifique que j'ai trouvée égaler 19,5, tandis que celle du platine brut ne surpasse jamais 17,7.

Ce fait pouvait porter à conjecturer que ces grains contenaient une plus grande quantité de platine, que ceux de *platine brut* n'en contiennent en général : l'analyse m'a pourtant convaincu qu'ils n'en renfermaient pas la plus petite partie, mais que c'était une mine entièrement composée des métaux que Tennant a trouvés dans la poussière noire, résidu de la dissolution du platine, et qu'il a nommés *iridium* et *osmium*.

La pesanteur spécifique de ces grains surpassant de beaucoup celle de la *poussière*, que je n'ai jamais trouvé excéder 14,2, je crus devoir rechercher si leur composition chimique n'était pas différente; je choisis, dans cette vue, une partie de ces grains, et priai M. Tennant de les soumettre à une analyse comparée : on doit attendre de son habileté dans les recherches chimiques, et de ses connaissance particulières sur cet objet, une analyse complète de ce minerai.

II. *Hyacinthes* (*zircons.*)

Parmi les corps que la différence de pesanteur spécifique permet de séparer des grains de platine brut, par un courant d'eau ou d'air, on remarque quelques cristaux tellement petits, que cent des plus gros ne pèsent guère que $\frac{1}{10}$ de grain ; j'en possède trop peu pour les soumettre à l'analyse, mais leurs caractères physiques sont exactement les mêmes que ceux de l'hyacinthe.

Je comparai d'abord leur pesanteur spécifique à celle de cette pierre, soupçonnant qu'elle

devait être considérable, puisqu'ils avaient été rassemblés avec des substances très-pesantes.

Ces cristaux perdent immédiatement et entièrement leur couleur en les chauffant au rouge : leur dureté est la même que celle des hyacinthes ; ils rayent légèrement le quartz, mais d'une manière moins marquée que les topases.

Les principales variétés de forme sont les suivantes.

1. La plus simple est un prisme rectangulaire terminé par un sommet obtus à quatre facettes qui répondent aux faces latérales du prisme.

2. Mais ordinairement les facettes du sommet répondent aux arrêtes du prisme, dont les faces latérales sont alors hexagonales.

3. Plus ordinairement encore, le prisme est à huit faces, dont quatre résultent de la troncature des arrêtes latérales du premier prisme ; à chacune de ses extrémités, il porte, en outre, huit facettes placées sur chacun des huit angles solides, qui sont entre le sommet et le prisme.

4. Enfin ces huit dernières facettes augmentent de grandeur de manière à former une pyramide octogone, dont les faces répondent aux arrêtes latérales du prisme.

La troisième des formes décrites, s'accorde si bien avec celle que Haüy donne à l'hyacinthe (zircon) que je regrette peu de n'avoir pu faire l'analyse de ces cristaux.

Avant de dissoudre le platine, pour continuer mes recherches, je séparai, autant que

cela me fut possible mécaniquement, l'hyacinthe et toutes les autres substances mêlées à ce métal.

III. *Précipitation du Platine.*

Ayant dissous une quantité considérable de platine et précipité par le sel ammoniac, autant de sel triple jaune que je le pus, je plaçai des barreaux de fer pur dans la liqueur, pour occasionner une nouvelle précipitation.

Il serait convenable, pour distinguer ces précipités, de nommer le dernier, qui dans le fait contient plusieurs métaux, *premier précipité métallique*.

Ce précipité fut traité comme le platine brut ; il fut dissout, et le sel ammoniac en sépara une certaine quantité de platine : ce dernier précipité n'était pas d'un jaune aussi pâle que le premier ; malgré cela les substances mélangées étaient en si petite proportion, que le platine obtenu en le réduisant par la chaleur, ne pouvait être distingué de celui provenant du premier précipité d'un jaune pur.

Je plaçai ensuite, comme dans l'expérience précédente, des barreaux de fer, afin de précipiter le platine restant avec les autres substances qui l'accompagnaient. Le précipité, ainsi obtenu, que je nommerai *second précipité métallique*, avait une couleur plus obscure que le précédent, et il était en poussière plus fine. Comme je ne m'attendais pas à trouver de *nouvelles substances*, je le traitai comme le *premier*, il fut dissout et précipité de nouveau.

Je remarquai bientôt des phénomènes que je ne pouvais expliquer en admettant la seule présence de corps déjà connus. Je conjecturai qu'il se trouvait des substances inconnues, et la suite de mes recherches a confirmé cet aperçu.

Lorsque j'essayai de dissoudre, dans l'acide nitro-muriatique, ce *second précipité métallique*, je vis avec étonnement qu'une partie résistait à l'action du dissolvant, quoique le tout eût été dissout deux fois, et qu'il ne se fût opéré aucun changement dans la force et la quantité des acides qui le composaient.

La dissolution qui fut formée était d'une couleur sombre particulière, et le sel ammoniac n'y produisit qu'un léger précipité qui n'était pas jaune, mais d'un rouge obscur; cette couleur tenait au mélange d'une substance étrangère que je ne connaissais pas alors, mais que les expériences de Descostils ont fait connaître pour un nouveau métal qu'on a nommé *iridium*.

La couleur de la dissolution, après la précipitation du platine demeura *obscure*, en conséquence des autres métaux qui restaient en dissolution. Ne connaissant pas alors les moyens de les séparer les uns des autres, et la quantité de dissolvans qui s'étaient accumulés rendant les expériences plus difficiles, je décomposai cette dissolution par le fer, ainsi que je l'avais déjà fait, et obtins un *troisième précipité métallique*, qui pouvait être employé plus facilement aux recherches suivantes.

Dans cette dernière opération je commis une

erreur qui me donna ensuite beaucoup de peine; car je trouvai qu'une grande partie de ce précipité consistant en *rhodium* était, contre mon attente, rendue insoluble, et ressemblait au résidu du second précipité métallique ci-dessus mentionné.

Ayant déjà communiqué à la société, dans un premier Mémoire sur le Rhodium, le procédé par lequel j'évitai cette difficulté, je vais seulement revenir sur une partie de mes recherches, et faire connaître le moyen dont je me suis servi pour analyser le *second précipité métallique*, et obtenir le *palladium*.

IV. *Séparation du Palladium.*

Il n'y avait aucune difficulté à découvrir le plomb dans le précipité, en employant l'acide muriatique; le plomb, le fer et un peu de cuivre, furent dissous : l'acide nitrique étendu enleva une plus grande quantité de cuivre. Mais en me servant d'acide nitrique concentré pour séparer complètement de métal, j'observai qu'il prenait une couleur brun-sombre, qui indiquait qu'il avait aussi dissout quelqu'autre substance métallique. J'attribuai d'abord cette coloration au fer; mais ayant considéré que cette substance avait été attaquée plus tard que le cuivre, j'abandonnai cette idée et cherchai à la séparer par une lame de cuivre décapée. J'obtins une poussière noire. La dissolubilité de ce métal par l'acide nitrique me fit voir que ce n'était ni de l'or ni du platine, et la couleur

rouge-sombre de la dissolution excluait l'argent et le mercure. La précipitation par le cuivre ne me permettant pas d'y reconnaître d'autre métal connu, je fus fondé à conjecturer que c'était une nouvelle substance; mais je n'en acquis la certitude, qu'après avoir essayé de la précipiter par le mercure.

Je mis donc du mercure dans la dissolution préalablement chauffée, et l'agitai long-tems. Le mercure prit bientôt la consistance d'un amalgame que je séparai : je le chauffai au rouge et obtins un métal très-blanc, et infusible au chalumeau; sa dissolution nitrique était rouge comme la précédente, elle n'était pas décomposée par le sel ammoniac, ni par le nitre; mais le prussiate de potasse y faisait naître un précipité jaune ou plutôt orangé; et dans l'ordre de ces affinités, ce métal était précipité par le mercure, sans l'être par l'argent.

Ces propriétés sont celles qui m'ont servi à distinguer le palladium, et à m'en procurer une quantité suffisante pour entreprendre d'en rechercher de nouvelles.

Plusieurs motifs m'ont déterminé à abandonner ma première méthode, de dissoudre dans l'acide nitrique et précipiter ensuite par le mercure : quoique le métal obtenu par ce procédé fût presque pur, il était extrêmement long de distribuer le mercure dans la dissolution; il y avoit aussi du palladium de perdu; quelquefois l'acide nitrique ne dissolvait pas tout, et le mercure en laissait aussi dans la dissolution.

Le procédé que j'adoptai est fondé sur une

autre propriété : j'avais observé que le palladium différait du platine, en ce que ses dissolutions n'étaient pas précipitées par le nitre ou les autres sels de potasse; car quoiqu'il se forme un sel triple il est très-soluble dans l'eau, tandis que celui de platine l'est fort peu.

Je formai donc un *dissolvant composé* d'acide muriatique et de nitre, qui n'attaquant point le platine, dissolvait le palladium presqu'aussi facilement que l'acide nitro-muriatique pur (1).

Dans 5 onces d'acide muriatique étendu d'une égale quantité d'eau, je mets une once de nitre : en laissant digérer ce dissolvant sur le *second précipité métallique* assez long-tems pour qu'il produise tout l'effet dont il est susceptible, on a une liqueur qui donne, par évaporation, des cristaux d'un sel triple d'acide muriatique de potasse et de palladium : ce sont les mêmes cristaux dont j'ai parlé dans mon premier Mémoire (2), et qui présentent un singulier contraste de couleurs : ils paraissent rouges, lorsqu'on les regarde dans la direction de leur axe, et d'un vert clair en les regardant à travers leurs faces; en général les plus gros cristaux sont d'un brun-sombre.

On peut précipiter par le fer ou le zinc le

(1) J'ai trouvé que l'or était dissout par le même agent, avec la même facilité et presque dans la même proportion : que 10 grains de nitre dissous dans une quantité convenable d'acide muriatique, suffisent pour dissoudre 16 grains d'or ou de palladium.

(2) *Phil. Trans.*, page 428.

métal presque pur du sel ainsi formé et purifié par une seconde crystallisation ; on le purifiera encore en faisant ensuite digérer avec de l'acide muriatique.

V. *Raisons qui portent à croire que le* Palladium *est un métal simple.*

Du seul examen du sel triple il me parut résulter que la substance jointe au muriate de potasse était un métal simple, car *je ne crois pas qu'il existe, en chimie, un sel nettement cristallisé où l'on ait trouvé plus de deux principes unis à l'acide* : outre cela je cherchai à lever tous les doutes par une suite d'expériences convenables.

Je déterminai d'abord quels étaient ses dissolvans, quels réactifs le précipitaient; ensuite je l'unis à plusieurs métaux, le platine, l'or, l'argent, le cuivre, le plomb, et l'ayant séparé de ces différens alliages, je lui retrouvai, dans toutes les épreuves auxquelles je le soumis, toutes ses propriétés caractéristiques : il fut dissout par l'acide nitrique et précipité par le mercure, le sulfate de fer vert, le muriate d'étain, le prussiate de potasse, les alkalis purs et les hydrosulfures.

Les précipités produits par ces réactifs se réduisaient à la simple chaleur, en un métal blanc qui ne pouvait être fondu au chalumeau, qu'en très-petite quantité ; mais l'addition du soufre, de l'arsenic, ou du phosphore, le rendait très-fusible, et le résultat ressemblait alors sous tous les rapports, au métal primitif.

La seule chose qui me fit craindre de m'être trompé, c'était le souvenir de la sydérite (*Wasserissen*), que l'on prit long-tems pour une substance simple, quoiqu'elle fût composée. On pouvait croire qu'un acide métallique ou tout autre acide fixe, était combiné si intimement avec un métal connu ou inconnu, que les affinités ordinaires et simples étaient insuffisantes pour les séparer : j'employai les moyens qui me parurent les plus convenables pour résoudre cette question ; ayant fait bouillir de l'oxyde de palladium avec de la potasse caustique sans qu'il éprouvât aucun changement, je crus devoir me servir de la chaux et du plomb, comme plus propres à faire découvrir l'acide phosphorique, ou un autre acide inconnu : j'essayai donc en vain les nitrates, muriates de chaux et le muriate de plomb. L'expérience dont je me promis le plus de succès fut la suivante : je versai goutte à goutte du muriate de chaux dans une dissolution nitro-muriatique de palladium, je fis évaporer jusqu'à siccité, afin de vaporiser l'excès d'acide qui aurait pu empêcher la précipitation du phosphate de chaux ou d'une combinaison analogue de la chaux avec un acide métallique ; le résidu fut dissout par l'eau, et consistait seulement en muriate de chaux et muriate de palladium ; je ne vis aucun indice de décomposition. Tous mes efforts ayant été infructueux, je ne balançai pas à déclarer que le palladium était une substance simple, et je présentai un tableau de ses propriétés. N'ayant

pas appelé l'attention des chimistes sur la substance de laquelle on le retire, je me réservai d'examiner à loisir, les anomalies que m'avait présenté l'analyse du platine brut; anomalies que je ne pouvais expliquer avant d'avoir découvert les effets produits ordinairement par la présence du rhodium.

VI. *Propriétés du* Palladium, *ultérieurement découvertes.*

Je fis connaître, dans mon premier Mémoire, l'origine et les propriétés du palladium, un procédé pour l'obtenir du platine brut, sans introduire une substance inutile qui aurait pu occasionner des erreurs; mais j'oubliai une de ses propriétés les plus remarquable, et au moyen de laquelle chacun peut séparer ce métal du platine brut : il suffit de verser dans une dissolution de muriate de platine (dont l'excès d'acide a été vaporisé ou neutralisé, et dont on peut avoir précipité ou non, le platine, par le sel ammoniac) une dissolution de prussiate de mercure, pour précipiter le palladium. Après quelques secondes, et quelquefois même après quelques minutes, on n'aperçoit encore aucun indice de dépôt, mais cependant la dissolution se trouble légèrement et il se forme peu à peu un précipité floconneux d'un blanc jaunâtre pâle. Ce prussiate de palladium calciné, donne 4 ou 5 dixièmes pour cent sur la quantité de mine dissoute.

Le prussiate de mercure est préférable aux métaux, pour précipiter le palladium, parce

que la grande affinité du mercure pour l'acide prussique empêche la précipitation du fer et du cuivre. La quantité du mercure n'a aucune influence sur celle du nouveau métal : j'ai essayé en vain d'en obtenir une plus grande quantité en augmentant la proportion de prussiate de mercure. Ce réactif ne forme aucun précipité dans une dissolution de platine pur.

La décomposition du muriate de palladium, par le prussiate de mercure, n'est pas seulement produite par l'affinité prépondérante du mercure pour l'acide muriatique, mais aussi par celle de palladium pour l'acide prussique : car j'ai vu que l'on formait du prussiate de palladium en faisant bouillir l'oxyde de ce métal avec une dissolution de prussiate de mercure.

Le prussiate de mercure est donc un réactif propre à indiquer la présence du palladium, dans une dissolution quelconque : on ne doit pas cependant perdre de vue que le précipité que l'on obtient, ne possède pas, dans tous les cas, les mêmes propriétés.

Le prussiate de palladium détonne quand on l'expose à une certaine chaleur : le bruit produit est égal à celui que produirait l'inflammation d'une même quantité de poudre, l'explosion n'est violente que lorsqu'on oppose de la résistance aux gaz qui se dégagent, en le renfermant, etc.

La température nécessaire pour donner lieu à ce phénomène est à peine suffisante pour fondre le bismute, c'est-à-dire, environ 500° de

Farh. La lumière produite est si faible, qu'elle n'est sensible que dans l'obscurité.

En dissolvant du palladium dans de l'acide nitrique concentré et incolore, afin de préparer la combinaison prussique détonnante, je remarquai que quoique l'acide qui environnait le métal prît une couleur rouge, la dissolution s'opérait lentement, ce qui me surprit beaucoup.

Le métal était dissous sans qu'on apperçût le moindre dégagement de gaz nitreux, et cela semblait être la cause de la lenteur avec laquelle l'acide agissait; on ne voyait pas dans la liqueur cette effervescence qui accompagne ordinairement la dissolution des métaux jusqu'à l'entière saturation du dissolvant.

Présumant que c'était parce qu'il ne se formait pas de gaz nitreux, que la dissolution n'était pas prompte, j'en imprégnai l'acide, et je vis que le métal était vivement attaqué, malgré que l'expérience fût faite à froid pour ne pas dégager le gaz.

Outre ces propriétés particulières au palladium, il en possède d'autres qu'il partage avec le platine.

J'ai déjà fait remarquer, dans une autre circonstance, que ces deux métaux détruisent par leur alliage, la couleur d'une grande quantité d'or. Leur ressemblance en d'autres points, n'est pas moins remarquable, particulièrement dans le peu de *puissance conductrice de la chaleur* qu'ils possèdent, et dans leur faible degré de dilatabilité, par la chaleur.

Pour

Pour faire des expériences comparables sur la faculté conductrice de la chaleur de divers métaux, je les ai employés sous une forme telle qu'ils avaient le même poids pour la même surface.

J'ai fait battre des feuilles d'argent, de cuivre, de palladium, de platine, telles que chacune pesait 10 grains pour 1 pouce carré. J'en ai coupé des bandes de $\frac{4}{10}$ de pouce de largeur sur 4 pouces de long, je les ai recouvertes de cire, et ayant chauffé une de leurs extrémités jusqu'au rouge, j'ai mesuré la longueur de l'intervalle entre une extrémité et le point où la cire n'avait pu être fondue : ces intervalles étaient, pour l'argent 3 pouces $\frac{1}{4}$, pour le cuivre 2 pouces, $\frac{1}{2}$ et pour le platine ainsi que pour le palladium, seulement 1 pouce. Cette différence est suffisante pour caractériser ces métaux, quoiqu'on ne puisse pas dire que la puissance conductrice soit en rapport simple avec les intervalles.

Afin d'apprécier la différence de dilatabilité de ces deux métaux, je joignis ensemble deux plaques, l'une de platine, l'autre de palladium; en les chauffant dans cet état, j'observai que la face où se trouvait le platine était devenue concave; d'où je vis que la dilatation du palladium était la plus grande. Je me suis assuré par des expériences semblables, que la dilation de l'acier surpassait celle du palladium, de sorte que si le platine augmente de $\frac{9}{10000}$ en passant du terme de la congélation de l'eau, à celui de l'ébullition, l'acier augmentera de $\frac{12}{10000}$, et le palladium, au plus, de $\frac{10}{10000}$, ou bien de 1 sur 1000.

Je ne disconviens pourtant pas de l'insuffisance de la méthode que j'ai employée, surtout quand il s'agit de mesurer de grandes dilatations, mais j'ai consacré peu de tems à ces recherches, parce que la rareté extraordinaire du palladium ne permet pas de croire que des expériences plus exactes sur cette substance, puissent être de quelque utilité pratique.

SUITE DES OBSERVATIONS

De Ch. Hatchett, *sur le changement de quelques-uns des principes prochains des végétaux en bitume; et expériences analytiques sur une substance particulière qui se trouve dans la houille de* Bovey (*Bovey-coal*) (1).

§. V.

« Le Dr. Milles (dit l'auteur) dans ses Remarques sur le bovey-coal, annonce qu'on trouve parmi la glaise, mais attachés à la houille, des morceaux d'une terre (*loam*) d'un jaune

(1) On a vu dans l'extrait précédent du Mémoire intéressant de M. Hatchett, que l'espèce de houille appelée *bovey-coal*, et un minéral combustible qui se trouve en feuillets minces dans un certain schiste d'Islande, ont des caractères extérieurs très-rapprochés, et contiennent l'un et l'autre une portion de résine qui n'a pas été convertie en bitume, quoique la partie bitumineuse soit de beaucoup la plus considérable. On trouve d'ailleurs dans l'une et l'autre, les fibres ligneuses imprégnées de ce bitume, et dans un état de demi-carbonisation. L'auteur est disposé à croire qu'après la fibre ligneuse c'est la résine qui, dans le passage des végétaux à l'état fossile, résiste le plus au changement. L'examen d'une autre substance qui accompagne le bovey-coal, confirme cette opinion. (L'extrait précédent est dans le tome 20, p. 327.)

brillant, très-légère, et tellement saturée de pétrole, qu'elle brûle comme de la cire à cacheter, en exhalant une odeur aromatique très-agréable ».

M. Hatchett observa cette même substance lorsqu'il visita les mines de Bovey, en 1794 et 1796. Mais elle était très-rare alors, et il ne put s'en procurer qu'un seul échantillon très-petit, qui est actuellement dans la collection du Musée Britannique. Un premier examen la lui fit considérer comme étant une matière bitumineuse particulière, et non une glaise imprégnée de pétrole, ainsi que l'avait supposé le Dr. Milles. N'ayant pas alors le loisir de l'examiner, il se contenta d'en donner une courte description dans une note annexée à son Mémoire sur les substances bitumineuses : mais un ami lui a procuré ensuite plusieurs échantillons de cette même substance, et il a pu l'examiner. Voici le résultat de son travail.

Ce bitume accompagne le bovey-coal, ainsi qu'on vient de l'indiquer. On le trouve en masses de grosseur médiocre.

Sa couleur est un jaune pâle, ochracé, brunâtre ; sa fracture imparfaitement conchoïde : son apparence extérieure est terreuse ; mais sa cassure offre un lustre tirant sur le vitreux.

Les fragmens sont irrégulièrement anguleux, et absolument opaques sur les bords. Il est extrêmement fragile ; il ne paraît point s'amolir lorsqu'on le tient quelque tems à la main, mais il exhale une légère odeur de résine.

Sa pesanteur spécifique à 60°. de Fahrenheit ($14\frac{1}{3}$ *R.*) est de 1,135.

On voit sur quelques échantillons des taches légères, qui par leur couleur et leur lustre se rapprochent de l'asphalte. On trouve communément de petits fragmens de bovey-coal, entremêlés dans de plus grandes masses de bitume.

Lorsqu'on le met sur un fer chaud, il se fond immédiatement, fume beaucoup, puis s'allume et donne une flamme brillante : son odeur est très-agréable, et se rapproche de celle de certaines résines odoriférantes : sur la fin de la combustion elle rappelle celle de l'asphalte. La masse fondue et refroidie est noire, très-fragile, et sa fracture est luisante.

Expériences. A. Cent grains de ce bitume, distillés jusques à faire rougir la cornue, donnèrent,

1. De l'eau légèrement acide.	3 gr.
2. Bitume épais, huileux, brun, très-ressemblant à celui que donne le bovey-coal, mais légèrement empreint de l'odeur du goudron végétal.	45
3. Charbon léger et spongieux	23
4. Gaz mélangé, composé d'hydrogène, d'hydrogène carboné, et d'acide carbonique (estimé).	29
	100

Le charbon, brûlé ensuite donna $3\frac{1}{2}$ grains de cendres, composées d'alumine, de fer, et de silice, avec un indice de chaux.

B. Le bitume n'éprouva aucun effet d'une longue décoction dans l'eau distillée bouillante.

C. Par la digestion de 100 grains de cette matière dans une lessive de potasse pure, on obtint une solution brune ; on la satura d'acide

muriatique, et l'on obtint un précipité brun résineux, pesant 21 grains.

D. On mit une quantité déterminée de la substance en digestion dans l'acide nitrique : il se dégagea d'abord beaucoup de gaz nitreux; et après que la digestion eut été continuée pendant près de quarante-huit heures, on obtint une dissolution partielle, de couleur orangée, qui ne donna pas de précipité lorsqu'elle eut été saturée par les alkalis, ou par la chaux : seulement, sa couleur devint plus foncée ; et l'évaporation donna pour résidu une substance jaune, visqueuse, soluble dans l'eau. Cette solution nitreuse avait toutes les propriétés des solutions résineuses du même genre, décrites par l'auteur dans un Mémoire précédent (*Trans. Phil.* 1804, pag. 198).

E. On n'a pu extraire de cette substance les acides benzoïque et succinique par aucun des procédés connus pour cette extraction.

F. L'alcohol parut agir presqu'immédiatement sur ce bitume. On le versa successivement, et la solution eut lieu d'une manière proportionnée, et en quantité considérable. Sa couleur était brun rougeâtre, et son odeur résineuse. La liqueur devenait laiteuse par l'addition de l'eau ; et évaporée, elle donna un résidu brun foncé, qui paraissait avoir toutes les propriétés de la résine, tandis que le résidu de la solution spiritueuse pure avait les propriétés qui caractérisent l'asphalte.

On chercha ensuite par l'analyse à découvrir les proportions des ingrédiens qui forment cette substance.

Analyse du bitume de Bovey.

A. Cent grains, réduits en poudre fine, furent mis en digestion pendant quarante-huit heures, dans six onces d'alcohol au bain de sable chauffé modérément. On obtint ainsi une teinture d'un brun rougeâtre foncé. On répéta deux fois encore le même procédé sur le résidu, jusqu'à ce que l'alcohol n'enlevât plus rien.

Toute la solution spiritueuse, après avoir été soigneusement décantée, fut ensuite soumise à une distillation très-graduée, dans un alambic, et elle donna pour résidu une résine brune, odorante, pesant 55 grains.

B. Le résidu insoluble à l'alcohol fut mis en digestion dans de l'eau distillée bouillante, mais sans effet sensible. On ramassa le tout sur un filtre et on le fit sécher peu-à-peu à l'air. Il pesa, ainsi desséché, 45 grains. C'était une substance légère, poreuse, d'un brun pâle, qui fondue, forme une masse noire, brillante et fragile. Elle brûlait, avec une odeur approchant de celle de l'asphalte, mais un peu moins désagréable, sans doute par l'effet d'une petite portion de résine que l'alcohol n'avait pu enlever. Cette matière était insoluble dans l'eau, comme dans l'alcohol, mais les huiles grasses chauffées, la dissolvaient promptement. Elle parut, à tous autres égards, se rapprocher beaucoup de l'asphalte.

Les 44 grains d'asphalte, brûlés, laissèrent un résidu pesant 3 grains, et composé d'alumine, de silice et de fer.

Il paraît, d'après cette analyse, que le bitume qui accompagne le bovey-coal est une

substance particulière, et jusqu'à présent inconnue, qui est en partie à l'état de résine végétale, et en partie à l'état de la variété de bitume qu'on désigne par le nom d'*asphalte*. La partie résineuse est la plus considérable, car 100 grains de la substance en question ont donné :

Résine.	55
Asphalte.	41
Résidu terreux.	3
Perte.	1
	100

On a donc ici l'exemple d'une substance qui, d'après toutes les circonstances extérieures, est un véritable fossile, et dont les caractères la font pourtant appartenir au règne végétal, avec autant de droits qu'au règne minéral.

§. VI.

On regarde avec raison l'action énergique de l'alcohol sur la plupart des résines, comme fournissant un caractère distinctif entre ces substances et les bitumes. Mais comme quelques-uns de ceux-ci sont légèrement attaqués par l'alcohol, l'auteur voulut rechercher s'ils contiendraient réellement un peu de résine, ou s'ils n'en contenaient pas, quelle était la substance que ce dissolvant y attaquait, il est vrai, en petite quantité. Il fit dans ce but, les expériences comparatives suivantes; savoir, sur le bitume élastique brun et mol, du Derbyshire; sur l'asphalte proprement dit; sur le

cannel-coal très-pur; et sur la houille ordinaire.

Il mit digérer 100 grains de chacune de ces substances dans trois onces d'alcohol, au bain de sable, pendant cinq jours, en ajoutant un peu de ce liquide à mesure que l'évaporation en dissipait une partie. Au bout de ce terme, on versa dans des vases séparés le liquide contenu dans chaque matras.

I. L'alcohol dans lequel le bitume élastique avait été mis en digestion, ne parut pas avoir acquis même une teinte légère; et après l'évaporation spontanée, il ne laissa ni pellicule, ni même de tache sur le verre.

II. L'asphalte donna à l'alcohol une couleur jaune, qui paraissait olive pâle, selon la direction sous laquelle on regardait la liqueur. Après l'évaporation spontanée, il resta un liquide épais et brun, en petites gouttes sur le verre. Ces gouttes ne se durcirent pas pendant deux mois, et elles avaient l'odeur et toutes les autres propriétés du pétrole. L'asphalte avait perdu environ un grain et demi de son poids.

III. Le *cannel-coal* avait donné une teinte jaune pâle à l'alcohol, couleur qui provenait sans doute du pétrole; mais la quantité relative de cette substance était si peu considérable, qu'on ne put en déterminer le poids.

IV. L'alcohol mis en digestion sur la houille, ne prit pas de couleur; mais après l'évaporation spontanée, il déposa sur le verre une pellicule, qui, d'après son odeur, parut être aussi du pétrole.

Il paraît, d'après ces essais, que l'action de l'alcohol sur les bitumes est très-légère, et que

la petite portion qui cède à ce dissolvant est du pétrole. Le procédé de la bituminisation (si l'on peut se servir de cette expression) paraît avoir été achevé dans cette classe de combustibles ; tandis que dans le bovey-coal, et sur-tout dans la substance qui l'accompagne, la nature semble n'avoir fait que la moitié de son ouvrage, et s'être arrêtée par l'effet de quelque cause inconnue. Mais cette circonstance jette beaucoup de jour sur l'histoire des matières bitumineuses ; et l'hypothèse qui attribue leur origine aux règnes organiques, et sur-tout au végétal, opinion qui n'a guère reposé jusqu'à présent que sur des présomptions, paraît être confirmée par ces faits, quoique les causes qui opèrent ces changemens sur les matières végétales n'aient pas été encore découvertes.

Bien des faits indiquent que ce n'est pas le tems seul qui amène les matières animales ou végétales à l'état de fossiles. On a en Angleterre beaucoup d'exemples de grandes quantités de bois, et même de forêts entières qui ont été submergées antérieurement à toute tradition, et qui conservent cependant tous leurs caractères ligneux (1). Il faut donc qu'il y ait eu d'autres causes locales et d'autres agens, qui aient formé les variétés connues, de la houille et des autres matières bitumineuses. Dans certains cas (comme dans la formation du bovey-coal) ces causes paraissent avoir agi partiellement et imparfaitement ; tandis que dans la

(1) *Trans. Phil.* Janvier 1671. *Ibid.* Vol. XIX, p. 526. *Ibid.* Vol. XXII, p. 980. *Ibid.* Vol. XXIII, p. 1073. *Ibid.* Vol. XXVII, p. 298. *Ibid.* pour 1799, p. 145. (*A*).

confection de la plus grande partie des houilles, leur opération a été étendue et complète.

Dans les houilles, les caractères minéraux prédominent ; et le principal vestige qui reste de leur origine réelle paraît être le bitume : car la présence du carbone à l'état d'oxyde, ne peut pas seule être considérée comme décisive.

Ainsi donc, le bitume, joint aux dépouilles et aux impressions qu'on trouve si communément dans les couches limitrophes, doivent être regardées comme les preuves les plus immédiates en faveur de l'origine organique des houilles : et si on réunit les faits anciennement observés avec ceux qu'on vient de mettre en évidence relativement au bovey-coal, et à la substance qui lui est associée, on aura, ce semble, une preuve presque évidente que le bitume a essentiellement été produit par la modification de quelques-uns des principes prochains des végétaux, et sur-tout de la résine.

La chimie moderne n'avait encore fait que des progrès peu considérables, lorsque Bergman publia sa dissertation intitulée : *Producta ignis subterranei chemice considerata* : car à cette époque on ne connaissait que très-imparfaitement l'étendue et le pouvoir de l'action chimique par la voie humide. Cependant, à l'endroit de cet ouvrage où il parle du bois fossile d'Islande, appelé *surtbrand*, il paraît évidemment mettre en question jusqu'à quel degré les feux volcaniques peuvent avoir agi sur cette substance, quoiqu'il conçoive bien que l'action des volcans a eu quelque part à sa formation. Voici ses expressions : « Quid de ligno

fossili Islandiæ sentiendum sit, gnaro in loco natali contemplatori *decidendum relinquimus*. Interea, ut cum Vulcani operationibus nexum credamus, plures suadent rationes, quamvis hujusque modum ignoremus quo situm texturamque acquisiverunt hæc strata » (1). Le surturbrand dut fort naturellement suggérer cette opinion à Bergman ; et il est à remarquer que les feuilles renfermées dans le schiste précédemment décrit sont de la même nature, et se trouvent dans le même pays. Les feuilles décrites par M. de St.-Fond se trouvent aussi dans une contrée qui, selon lui, a été volcanique autrefois. Si donc, on ne rencontrait ces matières que dans des régions qui seraient, ou qui auraient été volcaniques, on serait presque forcé de croire, avec le Professeur Suédois, que les opérations des feux souterrains ont eu part à la formation de ces corps, ou plutôt à leur conversion en un combustible fossile.

Mais, on trouve des substances analogues à celles-là dans des pays où l'on ne peut pas découvrir le moindre vestige d'une action volcanique ; et le Devonshire est bien certainement dans ce cas. C'est pourtant là même qu'on trouve le bovey-coal, qui ressemble au surturbrand par ses apparences extérieures comme par ses propriétés chimiques. Ces deux substances ont encore une qualité commune, c'est qu'elles forment des couches régulières.

(1) « Nous laissons à décider quelle est la nature du bois » fossile d'Islande, au savant qui viendra observer cette » production dans son lieu natal. En attendant, nous » avons plusieurs raisons de croire à la liaison entre ce phé» nomène et l'action volcanique, quoique nous ignorions » jusqu'à présent le moyen par lequel ces couches ont ac» quis leur situation et leur tissu » (*A*).

De plus, on ne peut citer l'apparence à demi-charbonneuse du bovey-coal et du surturbrand, en preuve d'une action partielle des feux souterrains auxquels ces matières auraient été exposées ; car nous savons actuellement que l'oxydation des substances a lieu au moins aussi souvent, et d'une manière aussi efficace par la voie humide que par la voie sèche : il serait donc superflu d'entrer ici dans une discussion approfondie, pour prouver qu'il y a plus de probabilité à supposer que la houille et le bitume ont été formés sans l'intervention du feu.

L'auteur observe, en terminant son Mémoire, que la substance qui se trouve avec le bovey-coal, étant si différente à tous égards, des bitumes actuellement connus, il conviendrait de lui donner un nom particulier et spécifique. Et comme on a vu qu'elle est composée en partie de résine, et en partie d'une substance bitumineuse, il propose le nom de *Retinasphate*, comme désignant précisément sa nature (1).

« J'ai vu dernièrement, dit-il, dans le n°. 85 du *Journal des Mines*, pag. 77, la description d'un fossile combustible, trouvé près de Helbra, dans le Comté de Mansfeld, donnée par M. Voight, dans son *Versuch einer geschichte der Steinkohle, der Braunkohle*, etc. p. 188. Cette substance est gris cendré tirant vers le blanc ; on la trouve dans une couche de terreau bitumineux, qui paraît avoir été produit

(1) De ρητινη résine, et ασφαλτος bitume (*A*).

par la décomposition du bois fossile. Les échantillons les plus purs sont sous la forme de nodules : sa cassure est terreuse ; elle est opaque, tendre, fragile, et très-légère. Exposée à la flamme de la chandelle, elle brûle et se fond comme de la cire, et son odeur n'est point désagréable. Cette substance paraît ressembler à tant d'égards au rétinasphalte de Bovey, que je suis très-porté à la considérer comme étant de même nature, et je ne doute guère que si on l'examine chimiquement, on ne trouve qu'elle est aussi composée d'un mélange naturel de résine et de bitume ».

ANNONCES

Concernant les Mines, les Sciences et les Arts.

MÉMOIRES DE CHIMIE

Contenant des analyses de Minéraux.

Par M. H. Klaproth, Membre de l'Académie de Berlin, Associé de l'Institut national de France, etc. etc.

Traduit de l'allemand par B. M. Tassaert.

Le nom seul de l'auteur suffit pour faire l'éloge de ce recueil de Mémoires : et tout ce que nous pourrions dire à ce sujet serait superflu. Qu'il nous suffise de rappeler, que ce nom, un des plus illustres dans la chimie moderne, est en même-tems un de ceux qui sont continuellement cités par les chimistes et les minéralogistes ; que ce recueil est de tous les ouvrages celui qui renferme le plus de faits sur la composition et la nature des substances minérales ; que c'est dans ce livre que les minéralogistes vont journellement et iront encore long-tems prendre les données sur lesquelles ils basent leurs dissertations, et sur lesquelles ils élèvent leurs systèmes ; que c'est en grande partie, dans ce recueil, que les métallurgistes iront puiser les données à l'aide desquelles ils peuvent conclure l'action qu'exercent les uns sur les autres les corps sur lesquels ils opèrent ; en un mot, que c'est encore le premier des ouvrages sur la *Chimie minérale*.

Non-seulement les divers Mémoires qu'il renferme sont faits avec soin, mais encore ils sont écrits avec beaucoup de méthode, et la plupart d'entre eux sont précédés d'une notice historique, souvent fort intéressante, sur la substance minérale qui en est l'objet.

On sent, d'après cela, combien M. Tassaert a rendu service aux chimistes, aux métallurgistes, et aux minéralogistes français, en traduisant dans leur langue les Mémoires de Klaproth. Il eût été à désirer que le savant traducteur eût aussi bien possédé la nomenclature minéralogique française qu'il possédait la chimique. On aurait souhaité qu'il eût toujours conservé, sur le titre de chaque Mémoire, le nom allemand du minéral qui en était l'objet, et qu'il l'eût traduit par le synonyme adopté dans les derniers Traités de Minéralogie qui ont paru en France. Il aurait pu traduire les termes techniques des minéralogistes allemands, par les termes également techniques, à l'aide desquels les minéralogistes français les rendent.

Le dernier volume des Mémoires de Klaproth a paru à Berlin en 1802. On imprime actuellement, dans cette même ville, le volume qui contient les Mémoires qui ont paru depuis; et il faut espérer que M. Tassaert s'empressera d'en joindre la traduction à celle des volumes précédens, et de travailler encore de cette manière aux progrès d'une science à l'avancement de laquelle il a contribué par ses propres travaux. Il pourra profiter de cette occasion pour ajouter à ce volume une table générale faite d'après la nomenclature minéralogique allemande et la nomenclature française.

Nota. La description de la mine du Huelgoat était déjà imprimée, lorsque de nouveaux renseignemens, que M. Duchesne m'a envoyés, m'ont appris que la longueur des anciennes *schwingues* de la machine supérieure était de 1,868 mèt. et non de 1 m. comme il m'avait été dit sur les lieux.

JOURNAL DES MINES.

N°. 123. MARS 1807.

EXPÉRIENCES

Faites sur les Machines hydrauliques des mines de Poullaouen; *ayant pour objet de déterminer, à l'aide d'un dynamomètre, la charge de ces Machines, et de faire connaître le rapport entre l'effet produit et l'eau motrice dépensée.*

Par M. Blavon-Duchesne aîné, Directeur des Mines de Poullaouen; et M. Daubuisson, Ingénieur des Mines et Usines.

1. Messieurs Beaunier et Gallois, ingénieurs des mines de l'Empire, étant, en 1801, aux mines de Poullaoen, en Bretagne, y firent faire un dynamomètre dans l'intention de l'employer à déterminer les résistances que les machines, en usage dans les exploitations souterraines, ont à vaincre dans leurs mouvemens; mais le tems ne leur permit pas d'exécuter ce projet.

Me trouvant cinq ans après sur le même établissement, nous entreprîmes, M. Duchesne et moi, de graduer cet instrument, et de

peser, par son secours, la charge que portent les pistons des pompes employées à l'épuisement des eaux, afin de voir jusqu'à quel point les résultats de l'observation approcheraient de ceux du calcul. Je désirais, en outre, depuis long-tems, faire quelques expériences sur le rapport qu'il y a entre l'effet réel des machines mues par le poids de l'eau, et la quantité de ce fluide qu'elles dépensent : j'espérais en tirer quelques données qui pussent mettre à même de conclure, avec une exactitude suffisante pour la pratique, l'effet que le mineur peut se promettre d'un courant d'eau qu'il a à sa disposition.

M. Duchesne, directeur aussi éclairé que judicieux, sentait trop combien ces diverses expériences, tant les *dynamométriques* que les autres, pouvaient fournir des résultats utiles à l'art des mines, pour ne pas attacher de l'importance à les faire avec tout le soin possible : et c'est aux mesures qu'il prit à cet égard, que l'on est redevable de l'exactitude que nous avons pu mettre dans un travail qui en est d'ailleurs peu susceptible.

PREMIÈRE PARTIE.

Expériences faites, à l'aide du Dynamomètre, sur la charge des Machines.

Dimensions du dynamomètre.

2. Le dynamomètre qui a servi à nos expériences est de forme ordinaire, et à peu près semblable à celui représenté tome 17 de ce Journal, *pl. I*, *fig. I* et *II*. (*Voy. ce tome.*)

Il pèse environ 10 kilogrammes : ses principales dimensions sont, ainsi qu'il suit :

Longueur hors d'œuvre.	0,745 mèt.
Longueur dans œuvre.	0,677
Largeur des lames, au milieu	0,081
Largeur des lames, aux extrémités. . .	0,074
Epaisseur des lames, au milieu. . . .	0,009
Epaisseur des lames, aux extrémités.. .	0,014
Distance entre les lames, au milieu. .	0,088
Distance entre les lames, aux extrémités.	0,043
Diamètre de la partie qui joint les lames.	0,034

Nous allons d'abord faire connaître le mode que nous avons employé pour graduer cet instrument; et comme la connaissance des tâtonnemens que nous avons été obligés de faire pour en venir à bout, pourra en éviter de pareils à ceux qui auront par la suite à graduer des dynamomètres destinés à supporter des poids très-considérables, nous allons entrer ici dans quelques détails à ce sujet. Nous exposerons ensuite les expériences que nous avons faites, et terminerons cet article par la comparaison de leurs résultats avec ceux du calcul.

Graduation du Dynamomètre.

Le moyen le plus exact que nous avions d'opérer cette graduation était de faire *directement* porter au dynamomètre différens poids. Nous résolûmes, en conséquence, de l'employer aussi long-tems qu'il nous serait possible, avant d'avoir recours aux leviers et autres moyens indirects.

Première graduation.

3. Nous suspendîmes l'instrument au milieu d'une des poutres, qui supportent le toit de la fonderie : cette poutre était soutenue, dans

son milieu, par deux piliers distans d'un mètre l'un de l'autre. On posa un madrier sur la partie qui était comprise entre les deux piliers : on fit passer dessus une forte chaîne, à laquelle on fit faire plusieurs tours. Un crochet en forme de S saisissait, par son extrémité supérieure, deux branches de la chaîne, et portait le dynamomètre par son extrémité inférieure.

A l'aide d'un semblable crochet et d'une corde, on fit porter à l'instrument d'abord 1, puis 2, puis 3 quintaux (1), et successivement jusqu'à 10 : à chaque quintal que l'on ajoutait, on faisait une marque sur le limbe du dynamomètre, au point où se fixait l'aiguille. On détacha ensuite la corde et on lui substitua une grosse balance dont on se servait dans l'usine, pour peser les saumons de plomb. On la chargea graduellement, quintal par quintal, jusqu'à 40 quintaux, en marquant chaque fois sur le limbe le point où l'aiguille s'arrêtait. Lorsqu'il y avait sur la balance 20 poids (d'un demi-quintal chacun), on les ôtait et on les remplaçait par des saumons. On ne gradua plus que de 5 en 5 quintaux, depuis 40 jusqu'à 110. A ce point, l'aiguille avait déjà parcouru la moitié du limbe : elle avançait d'environ 2 mill. par quintal; tandis qu'au commencement, elle avançait de plus de 4. De 110 à 125 quint., les espaces parcourus diminuant dans un rapport bien plus grand que précédemment, nous craignîmes que le ressort n'eût perdu de son jeu : nous déchargeâmes jusqu'à 90 quintaux, et rechargeâmes de nouveau jusqu'à 125 ; mais l'aiguille revint toujours au même point, lorsque la balance portait le même poids. En continuant de charger, une secousse fit casser le crochet qui supportait la balance : heureusement aucun des ouvriers employés au chargement ne se trouva dessous.

(1) Les poids employés pour la graduation étant des quintaux, ancienne mesure, nous ne les réduirons point en myriagrammes, afin d'éviter les fractions.

4. Trois jours après, les crochets étant refaits, les parties qui avaient fléchi dans la première opération étant renforcées, nous continuâmes, par le même moyen, à graduer jusqu'à 150 quint. Depuis 120 jusqu'à 150, les espaces parcourus par l'aiguille diminuaient en progression arithmétique, et à peu près d'un millimètre par 4 quint. ; de 140 à 150 l'espace parcouru ne fut que de 6 millimètres ; ainsi, nous étions au moment de voir l'aiguille devenir stationnaire, malgré l'augmentation du poids ; cependant les lames du ressort (dynamomètre) qui pouvaient se rapprocher de 45 millimètres, ne l'étaient pas encore de 9 : ce qui nous fit craindre quelque cause d'erreur que nous n'apercevions pas. Pendant qu'éloignés de la machine, nous nous demandions quelle pouvait être cette cause, le crochet qui portait le dynamomètre, avec un poids de 160 quintaux, cassa. Cet accident nous détermina à renoncer à ce mode de graduation, que nous ne pouvions continuer sans danger, et qui d'ailleurs nous inspirait peu de confiance : nous ne comptions que sur l'exactitude des divisions au-dessous de 100 quintaux. Seconde graduation.

Cependant nous entreprîmes, le 30 août et le

5 septembre, avec l'instrument ainsi gradué, deux suites d'expériences, dont nous parlerons plus bas.

Désirant ensuite vérifier notre instrument et pousser la division aussi loin que possible, nous essayâmes d'employer un levier.

Troisième graduation.

5. Nous fîmes disposer en bras de romaine une barre de fer de 2,3 mèt. de long, 0,044 m. d'épaisseur, et ayant 0,122 m. dans l'endroit le plus large : on plaça en cet endroit un boulon. On disposa convenablement, sur ce levier, deux points; l'un pour y suspendre un plateau de balance, et l'autre pour accrocher l'extrémité supérieure du dynamomètre : le premier était à 1,083 m. du boulon, et le second à 0,217; ainsi, les deux bras du levier étaient entre eux comme 5 à 1. Cette espèce de romaine fut établie entre les deux piliers de la fonderie, dont nous avons déjà parlé. Sous la partie où était le crochet qui devait saisir le dynamomètre, on plaça, sur le sol de l'usine, une grosse pièce de bois, que l'on chargea de 300 quintaux de plomb, et au milieu de laquelle on fixa un autre crochet destiné à tenir l'extrémité inférieure du dynamomètre.

D'après ce que nous avons dit, on devait croire qu'à chaque quintal qu'on mettrait dans le bassin que portait la romaine, l'aiguille de l'instrument en indiquerait 5 sur la division déjà tracée; mais, à notre grand étonnement, elle n'en marqua que 4 $\frac{1}{2}$, et ensuite un peu moins, jusqu'à 110; soit que le point d'appui ne divisât pas le levier exactement dans le rapport de 5 : 1; soit que les distances qui entraient dans l'expression du *moment* des deux efforts ne

fussent pas dans ce rapport (1); soit que le frottement empêchât la puissance d'exercer toute sa force sur la résistance, etc. De plus, le poids de 300 quint., qui était sur le sol, ayant produit un petit affaissement, dérangea les points de suspension. Enfin, lorsque le plateau de balance fut chargé de 26 quintaux, le bras de romaine se fendit, et menaça de casser. Tous ces inconvéniens nous forcèrent à nous désister de toute poursuite ultérieure.

J'observerai ici que ces opérations sont dangereuses; il faut manier des poids énormes; les suspendre; se tenir auprès d'eux, et des instrumens de suspension. Je crois en outre qu'on ne pourra jamais bien graduer un dynamomètre, de manière à le rendre propre à des expériences dont on puisse tirer des résultats suffisamment exacts pour servir comme de données à une théorie, qu'en y suspendant directement des poids. Dès qu'on emploiera des machines intermédiaires, on aura à tenir compte des frottemens et d'un grand nombre de circonstances qu'il est bien difficile de soumettre à des déterminations exactes. Le levier est le plus simple des machines; et cependant il nous a présenté trois causes (la flexibilité de ses bras, le frottement sur les tourrillons, la variation dans l'obliquité de l'effort), qui ont réduit à 4 $\frac{1}{2}$: 1 le rapport 5 : 1.

Tel était l'état des choses, lorsque je suis parti de Poullaouen. Depuis, M. Duchesne s'est aperçu qu'une des causes de l'irrégularité que nous avait présenté l'aiguille dans sa marche, venait du petit repoussoir à char-

(1) Le poids que porte le levier à une extrémité agit toujours verticalement; mais il n'en est pas de même de la résistance qu'oppose le dynamomètre, lequel en s'allongeant plus ou moins, doit exercer un effort dans une direction plus ou moins oblique, et dont le *moment* ne varie pas dans le même rapport que celui du poids.

nière qui la faisait mouvoir ; il lui en a fait substituer un autre qui n'avait pas le même inconvénient.

6. Il a essayé de graduer de nouveau l'instrument à l'aide du même levier dont nous nous étions déjà servis, et auquel il avait ajouté quelques perfections ; mais le succès n'a pas répondu à son attente. Au lieu de 0,2 de quintal qu'il fallait à l'extrémité du long bras, pour que l'aiguille parcourût l'espace correspondant à un quintal, il en a fallu 0,21 dans les commencemens, et 0,22 vers 120 q. Il s'est alors décidé à refaire en entier une nouvelle graduation, en suspendant directement des poids au dynamomètre ; mais au lieu de le faire à l'aide d'une balance, il s'est contenté d'un simple plateau, qu'il a fait faire d'une solidité suffisante, et qu'il a suspendu par des chaînes doubles en force. Voici les détails de cette quatrième et dernière graduation, tels qu'il me les a communiqués.

Quatrième graduation.

7. « Le fond du plateau a été recouvert de madriers de 7 pieds (2,3 m.) de longueur, afin d'avoir une plus grande surface pour contenir la quantité nécessaire de saumons de plomb : le tout a été exactement pesé ; et avant de le fixer à l'instrument, celui-ci a été gradué par quintaux jusqu'à 1 millier (10 quint.), au moyen de poids de 100 liv. suspendus par un bout de corde. Mais qu'elle a été m'a surprise, lorsque j'ai vu que cette graduation ne s'accordait point avec la première ; le nouveau millier ne faisait monter l'aiguille qu'à 9 quint. de l'ancienne division. En réfléchissant sur cette variation, j'ai jugé qu'elle ne pouvait

provenir que du changement qui avait été fait au repoussoir : la suite m'a prouvé que je ne m'étais pas trompé ; mais avant de continuer, il m'a fallu annuller toute la première graduation, pour recommencer de nouveau. Après avoir marqué les 10 premiers quintaux de la manière que j'ai indiqué, j'ai fait suspendre le plateau au dynamomètre, et j'ai complété par des poids ce qui manquait pour ramener l'aiguille à la marque 10 quint. J'ai continué la graduation par quintaux jusqu'à 50 ; et puis par quart de millier ($2\frac{1}{2}$ q.), jusqu'à 180 : ce qui est la plus forte charge que l'instrument puisse supporter sans forcer le repoussoir à charnière qui fait mouvoir l'aiguille. J'ai répété deux fois cette expérience ; et ayant obtenu les même résultats, j'ai été certain de son exactitude ».

Expériences.

8. Le but de nos expériences étant de faire connaître la charge des machines hydrauliques, qui, à l'aide de pompes, servent à l'épuisement des eaux de filtration qui se rassemblent au fond de la mine. Le moyen qui nous a paru le plus propre d'en venir à bout, a été de suspendre directement au dynamomètre, un des tirans verticaux auquel sont adaptés les pistons des pompes d'une de ces machines, et de faire aller par le moyen de ce tirant, d'abord une pompe, puis une seconde, puis une troisième, etc., jusqu'à ce que la machine eût sa charge ordinaire ; en tenant note de l'indication du dynamomètre dans chacun de ces cas. Nous voulions en outre faire varier la vitesse,

la charge restant la même, pour voir si l'instrument indiquerait quelque différence ; selon que le mouvement serait plus ou moins prompt.

Machine. 9. La grande machine du puits St.-Sauveur étant celle qui nous offrait le plus de facilités, a été choisie pour ces diverses expériences.

Nous avons déjà donné, (voy. p. 51 et suiv. de ce volume) une description sommaire de cette machine ; nous bornerons à rappeler que la roue à augets qui la met en mouvement, est à une quarantaine de mètres au Nord du puits, qu'elle a 11,4 m. de diamètre, que le rayon du cercle décrit par sa manivelle est de 0,73 m. : qu'elle transmet le mouvement à l'aide de deux tirans horizontaux, lesquels aboutissent à deux leviers angulaires ou varlets, qui sont placés au-dessus du puits ; et enfin que c'est aux extrémités de ces varlets que sont suspendues, par des chaînes, les tirans verticaux qui mettent les pompes en jeu.

Nous allons donner ici les dimensions du tirant occidental, qui est celui qu'on a suspendu au dynamomètre ; et celles des pompes qu'il fait mouvoir.

Longueur du tirant. . . .	98,0 mètres.
Équarrisage.	0,1354 m.
Poids des ferrures du tirant.	65,6 myriag.

N. B. Ce tirant est composé de 18 pièces; les quatre premières, qui sont en bois de chêne, font 26 m. de longueur ; les autres sont en sapin.

Toutes les pompes, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, sont en bois ; le corps de pompe seulement est en fonte et a 0,325 m. de diamètre, tantôt un peu plus, tantôt un peu moins ; sa

longueur, y compris celle des deux cylindres de bois entre lesquels il est adapté, est de 2,9 m. Les tuyaux d'aspiration sont composés de trois pièces, et ont 0,13535 m. de diamètre. Le piston est en bois garni de cuir, sa tige est en fer ; il pèse 3,85 myriagrammes. La levée, ou jeu du piston, est de 1,453 m. Voici, à partir de la galerie d'écoulement, le diamètre (du corps de pompe), et la hauteur de chacune des sept pompes que fait mouvoir le tirant occidental ; la hauteur est prise du niveau *moyen* de l'eau dans le petit réservoir où plonge le tuyau d'aspiration, jusqu'au point de décharge.

1re. pompe.	Diamètre. . .	0,3293 m.
———	Hauteur. . .	9,940
2e. pompe.	Diamètre. . .	0,3271
———	Hauteur. . .	10,661
3e. pompe.	Diamètre. . .	0,3248
———	Hauteur. . .	9,764
4e. pompe.	Diamètre. . .	0,3226
———	Hauteur. . .	9,628
5e. pompe.	Diamètre. . .	0,3271
———	Hauteur. . .	9,745
6e. pompe.	Diamètre. . .	0,3248
———	Hauteur. . .	9,452
7e. pompe.	Diamètre. . .	0,3248
———	Hauteur. . .	9,745

10. Toutes les fois que nous avons voulu faire des expériences, nous avons commencé par faire mettre en bon état toutes les parties de la machine ; nous avons fait graisser toutes celles qui frottent les unes contre les autres, et réparer les pistons. Je suis descendu préalablement dans la mine, pour m'assurer que les pompes ne perdaient point l'eau qu'on leur donnait à élever, et que, conformément aux ordres donnés, Dispositions.

par M. Duchesne, aux maîtres mineurs et machinistes, on avait conduit au puits St.-Sauveur une quantité suffisante d'eau pour que les pompes n'en manquassent pas durant nos expériences. Pendant toute la durée de l'opération, il y avait un machiniste auprès de chaque pompe en jeu ; il veillait à ce qu'elle *versât à plein*, à chaque coup de piston ; il réparaît de suite les accidens qui pouvaient survenir et empêcher qu'il n'en fût ainsi à chaque expérience : le maître machiniste ou moi, nous descendions dans le puits pour voir si toutes les pompes en jeu *versaient à plein*, et l'on ne prenait aucune indication du dynamomètre qu'un de nous deux n'eût donné cette assurance (1).

M. Duchesne avait également fait des dispositions pour avoir toujours une quantité d'eau motrice suffisante.

Lorsque tout était en état, et que nous voulions commencer notre opération, on arrêtait la machine, on décrochait les pistons de toutes les pompes, et on enlevait la pièce supérieure du

(1) Tous ceux qui connaissent les équipages de pompes en usage dans les mines, sentiront combien toutes ces précautions étaient nécessaires, et combien des expériences de la nature de celles que nous avions entreprises étaient difficiles à bien faire. Ces pompes, lorsqu'on veut les faire verser entièrement plein, ce qui était ici absolument nécessaire, laissent, à chaque instant, échapper de l'eau, soit qu'un peu d'air s'introduise par les nombreuses jointures des tuyaux, soit que le piston, en s'usant ou se dégradant, laisse, lorsqu'il monte, repasser au-dessous de lui une portion de l'eau qui était déjà au-dessus, etc. Alors, l'eau élevée par la pompe qui est immédiatemment au-dessous, n'étant pas prise en entier par la pompe défectueuse, retombe dans le puits et mouille les ouvriers qui s'y trouvent.

tirant occidental. A sa place et à la chaîne qui tient au varlet placé au-dessus du puits, on suspendait le dynamomètre : et à l'extrémité inférieure de cet instrument, on adaptait, à l'aide d'un boulon, une nouvelle pièce de tirant, de quelques décimètres plus courte que celle qu'on avait enlevée : de cette manière, le tirant entier était porté par le dynamomètre.

Cela fait, nous faisions remettre la machine en mouvement; nous prenions note de sa vitesse, et du poids marqué par l'aiguille de l'instrument. Ensuite nous faisions accrocher une pompe; et lorsqu'elle était bien en train, et que nous étions assurés qu'elle *versait à plein*, nous notions et sa vitesse et le poids. Après cela, nous faisions accrocher une second pompe, puis une troisième, ainsi de suite, jusqu'à ce que la charge fût complète : à chaque fois, nous tenions compte du poids et de la vitesse que nous faisions varier à volonté, par la plus ou moins grande quantité d'eau donnée à la roue.

11. Notre première suite d'expériences fut faite le 30 août (1806). Mais comme en les faisant, nous observâmes quelques circonstances que nous n'avions pas prévues, et que nous

Premières expériences.

Ainsi, pendant cinq heures que duraient nos expériences, les machinistes étaient continuellement mouillés à leur poste. On sent, dans cet état, combien des ouvriers, pour qui de pareils essais sont sans intérêt, et absolument étrangers à leur routine, doivent mettre de négligence et de mauvaise volonté dans l'exécution de ce qui leur est prescrit. Cependant, grâces aux soins de M. Duchesne, je n'ai eu qu'à me louer des personnes que nous avons employées : elles ont fait tout ce qu'on en pouvait raisonnablement attendre.

entrevîmes quelques moyens de mieux faire ; nous ne les regardâmes, tant pour nous que pour les ouvriers, que comme une répétition, si l'on peut employer ici ce terme : nous résolûmes de les refaire avec encore plus de soin ; ainsi je n'en rapporterai pas le résultat.

Je me bornerai à observer qu'au commencement de chaque levée le dynamomètre recevait comme une secousse qui faisait brusquement monter l'aiguille à une grande hauteur, d'où elle retombait à son vrai point ; elle s'y tenait pendant la seconde moitié de la levée, cependant en tremblottant continuellement ; de sorte que le dynamomètre n'étant divisé que par quintaux, nous ne pouvons guère répondre des indications que nous avons prises qu'à un demi-quintal près (2 à 3 myriagrammes.)

Nous remarquâmes, dans ces premières expériences, qu'en augmentant la vitesse (la charge restant la même) l'aiguille du dynamomètre n'indiquait pas une force plus considérable ; et cependant la partie de la force employée à vaincre l'inertie augmentant lorsque la vitesse augmente, il nous paraissait que l'instrument devait marquer quelques degrés de plus, lorsque la machine irait vite. Nous vîmes même avec étonnement que dans quelques-uns de ces cas, l'aiguille paraissait plutôt indiquer quelques degrés de moins. Cette anomalie, dont je n'entrevois guère la cause, n'est peut-être qu'un accident particulier aux expériences où elle s'est manifestée.

Secondes expériences.

12. Le 5 septembre, nous fîmes 12 expériences. Dans chacune d'elles nous tînmes compte 1°. de la quantité d'eau motrice consommée : je dirai dans la seconde partie de ce mémoire, quel était le moyen que nous mettions en usage pour la connaître ; 2°. de la vitesse de la machine, en notant le nombre de secondes que la roue employait pour faire quatre ou cinq tours ; 3°. de l'indication du dynamomètre, lequel était divisée d'après les deux premières graduations dont nous avons rendu compte. M. Duchesne observait les vitesses, et faisait continuellement examiner, sous ses yeux, par le maître serrurier de l'établissement, l'aiguille du dynamomètre. Avec le maître machiniste, je réglais la quantité d'eau qui tombait sur la roue, et allais, dans la mine, voir si les pompes *tiraient à plein*.

Je vais donner dans le tableau suivant, les résultats de nos observations ; j'y marquerai 1°. la *charge* que portait le dynamomètre : elle se composera, dans chaque expérience, de la charge de l'expérience précédente, plus une certaine quantité que j'indiquerai ; 2°. la vitesse, en exprimant le nombre de *levées*, ou tours de la roue, par minute : 3°. l'indication de l'instrument en myriagrames. Il est inutile de faire ici mention de l'eau motrice, quantité dont je n'aurai besoin que dans la seconde partie de ce Mémoire. Je ne parlerai pas non plus des expériences n°. 11 et 12, la graduation du dynamomètre n'ayant pas été à même d'en faire connaître le résultat.

N° des exp.	CHARGE.	VITESSE.	POIDS.
		Levée en 1'.	Myr.
1.	Tirant. . . .	6. . .	220
2.	*Idem.* . . .	8. . .	218
3.	*Id.* + 4 pistons.	6. . .	245
4.	*Id.*	8. . .	240
5.	*Id.* + 7e. pompe.	4,3 . .	328
6.	*Id.* + 6e. pompe.	4,5 . .	406
7.	*Id.* + 5e. pompe.	4,5 . .	484
8.	*Id*	3,6 . .	484
9.	*Id.* + 3e. pompe.	3,8 . .	587
10.	*Id.*	3,3 . .	587

Lorsque le tirant baissait, le dynamomètre ne marquait plus que 215 myriagrammes; ce qui était le poids des tirans et pistons, diminué des frottemens et autres résistances.

On voit, par ces expériences, que l'indication de l'instrument est indépendante de la vitesse.

Troisièmes expériences.

13. Depuis mon départ de Poullaouen, M. Duchesne, après avoir entièrement regradué le dynamomètre, ainsi que nous l'avons dit, a répété, le 19 novembre, toutes les expériences que nous avions faites : voici les résultats qu'il a obtenus.

N°. des exp.	CHARGE.	POIDS.
1. .	Tirant. . . .	245 myriag.
2. .	*Id.* + 7 pistons. .	274
3. .	Tirant + 6 pist. .	269
4. .	*Id.* + 7e. pompe.	352
5. .	*Id.* + 6e. pompe.	438
6. .	*Id.* + 5e. pompe.	526
7. .	*Id.* + 4e. pompe.	612
8. .	*Id.* + 3e. pompe.	698
9. .	*Id.* + 2e. pompe.	795

Dans cette dernière expérience, lorsque le tirant descendait, le dynamomètre indiquait 225 myriag.

M. Duchesne, en me communiquant ces résultats, m'écrit : « En calculant la charge de chaque pompe, vous trouverez quelques différences entre elles ; mais cela peut provenir de ce que le piston se trouve plus ou moins serré dans l'une que dans l'autre, et que d'ailleurs la haute graduation du dynamomètre n'ayant pu être faite que par quart de millier, et l'aiguille éprouvant toujours une légère agitation, qui empêche de bien saisir le point de la charge, il peut en résulter une différence d'un demi-quintal en plus ou en moins. »

On observera que la principale différence entre ces troisièmes expériences et les secondes tombe principalement sur le poids des tirans; ce poids étant donné de 25 myriag. plus fort par les troisièmes : d'ailleurs, les différences d'un terme à l'autre sont à peu près les mêmes : cependant, dans les dernières expériences, on remarque

beaucoup plus de régularité. Vraisemblablement les efforts que nous avons fait subir au dynamomètre, dans les premières graduations, et dans les premières expériences, ainsi que les chûtes qu'il a éprouvées, auront altéré le ressort, déplacé le vrai point zéro, et fait que dans les secondes expériences les poids qu'il indiquait n'étaient plus ceux qu'il supportait réellement. Une autre graduation devenait nécessaire, et les résultats des dernières expériences, faites depuis cette nouvelle graduation, portant tous les caractères d'une plus grande exactitude, nous les prendrons pour termes de comparaison dans le parallèle que nous allons faire des résultats du calcul avec ceux de l'observation.

Résultats de la théorie, et comparaison avec ceux de l'expérience.

Examinons d'abord les expériences, où le dynamomètre ne portait que le tirant et les pistons.

Poids de l'attirail.

14. D'après ce que nous avons dit sur les dimensions du tirant, et en prenant la pesanteur spécifique du bois de chêne imbibé d'eau = 1,029, et celle du bois de sapin dans le même cas = 0,894, comme des expériences faites à ce sujet l'ont indiqué, on trouve que le poids du tirant, avec ses ferrures, est de 232 myr. Le dynamomètre a indiqué 245. Mais si l'on observe que la détermination du poids par le calcul, suppose, 1°. que dans toute son étendue le tirant a exactement 0,13535 m. d'équarrissage, ce dont certainement on ne peut répondre; 2°. que les ferrures, qui sont sur les 17 jointures du tirant, sont toutes exactement du même poids; car on s'est borné à en peser une, et à conclure de celle-là le poids de toutes les autres; 3°. que la pesanteur spécifique de toutes les portions de chêne et de sapin qui composent le tirant est la même; ce qui ne saurait être, le bois étant, dans les divers endroits, plus ou moins vieux, plus ou moins imbibé d'eau, etc. Si l'on observe, dis-je, que le calcul est fondé sur toutes ces suppositions, on verra que son résultat ne doit être regardé que comme une approximation; et comme il ne diffère que peu de celui de l'expérience, on n'a aucune raison de penser que le poids réel est effectivement moindre que celui indiqué par le dynamomètre. Ainsi nous adopterons ce dernier.

15. Un piston avec sa tige, avons-nous dit, pèse 3,85 myriagr.; d'où nous déduirons que les 7 pèsent 27 myr. L'expérience n°. 2 indique 29; mais comme elle donne en même tems le poids des pistons et leur frottement contre le corps de pompe, nous pouvons en conclure que ce frottement est de deux myriagr., et que, terme moyen, il est de 0,3 myr. pour chaque piston. L'expérience n°. 3 donne un résultat à peu près semblable; elle indique 5 myr. pour le poids et le frottement d'un piston: cette quantité, d'après ce que nous venons de dire, ne devrait être que de 4,15; mais il faut observer que ce piston, qui est celui de la pompe qui verse l'eau dans la galerie d'écoulement, est le plus considérable de tous; et que d'ailleurs nous avons déjà dit que nous ne pouvions répondre, qu'à deux unités près, du dernier chiffre de chaque indication dynamométrique.

D'après tout cela, nous regarderons les 269 myriagr. indiqués par l'instrument, comme exprimant le poids de l'attirail, au moment où l'on a commencé à faire jouer les pompes.

Charge d'un piston.

16. Voyons maintenant quelle sera la charge d'un piston, d'après la théorie.

Lorsqu'une pompe est en mouvement, la charge du piston se compose,

1°. Du poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base celle du piston, et pour hauteur la différence de niveau, entre la surface de l'eau dans laquelle plonge l'extrémité inférieure de la pompe, et le tuyau de décharge.

2°. Du frottement du piston contre les parois du corps de pompe, provenant de la pression produite par la colonne d'eau.

3°. De la résistance provenant du frottement de l'eau contre les parties des tuyaux d'aspiration et du corps de pompe.

4°. De la résistance que l'eau éprouve, en passant du tuyau d'aspiration dans le corps de pompe, par l'étranglement occasionné par la soupape.

5°. De la force nécessaire pour vaincre l'inertie de la masse d'eau à mouvoir.

Déterminons ces diverses quantités dans la septième pompe.

17. 1°. D'abord, d'après les dimensions que nous avons données, on trouve que le poids de la colonne d'eau que porte le piston, est de 80,75 myriagr.; je le diminue de 1,5 myr. (1),

(1) Le terme moyen des observations de M. Duchesne, sur le poids de l'eau déplacée sur un piston, est de 1,41 myr.: à quoi il faut ajouter le poids de l'eau déplacée par environ 1 mèt. de tige. Ce qui fait en tout 1,5 myr.

pour le poids de l'eau déplacé par le piston: ainsi, il reste 78,75.

18. 2°. La détermination du frottement du piston, contre les parois du corps de pompe, ne saurait être assujétie à une théorie rigoureuse, vu qu'on ne peut déterminer la force qui presse le piston contre les parois. Cependant dans les pistons, dont on se sert à Poullaouen, et dans la plupart des mines (1), cette pression étant en partie produite par le poids de la colonne élevée, lui est proportionnelle (dans la même pompe). Des expériences qui ont été faites à ce sujet, ont porté quelques mécaniciens (Langsdorff entre autres) à conclure que, pour ces pistons, lorsqu'ils frottent contre un cylindre de métal, la force nécessaire pour vaincre le frottement et dépendante de la pression de l'eau élevée, est donnée avec une exactitude suffisante par la formule

$$0,1\,\frac{\pi\, d^2\, h}{4}\left(\frac{d}{d+0,162}+0,162\right)$$

d étant le diamètre du piston exprimé en mètres, h la hauteur de la colonne d'eau élevée, et π le rapport du diamètre à la circonférence $= 3,1416$.

On trouve pour la septième pompe, cette force $= 6,7$ myr., quantité qui me paraît bien

(1) Ces pistons sont de petits cylindres de bois d'un plus petit diamètre que le corps de pompe; ils sont percés dans le milieu d'un trou garni d'une soupape. Leur partie supérieure est entourée d'un collet fait de plusieurs bandes de cuirs cousues ensemble; il dépasse le cylindre de bois, et s'évase en forme d'entonnoir: c'est le bord supérieur de l'évasement qui frotte contre le corps de pompe.

forte, mais que je n'ai aucune raison de rejeter, et que j'adopterai, puisqu'elle est déduite d'une formule basée sur l'expérience.

19. 3°. Pour déterminer la résistance que l'eau éprouve, par son frottement contre les parois des tuyaux dans lesquels elle coule, nous emploierons la formule très-simple dernièrement donnée par M. Prony (1), qui est déduite, à l'aide des théories les plus savantes, d'un grand nombre d'expériences faites avec un soin particulier par MM. Du Buat et Chessy : elle peut être mise sous cette forme

$$\pi\, d\, l\, v(a+bv)\ 100 \text{ myr.}$$

d = diamètre du tuyau.
l = sa longueur.
v = la vitesse de l'eau.
a = 0,000017.
b = 0,0003483 (2).

La vitesse du piston étant 0,109 mèt., cette formule donne 0,002 myriagr. pour le corps de pompe, et 0,044 pour le tuyau d'aspiration : en tout 0,046 myr.

4°. La résistance provenant du passage de l'eau par l'ouverture de la soupape, qui est entre le tuyau d'aspiration et le corps de la pompe, ne peut être qu'extrêmement petite ; elle serait même absolument nulle, si la soupape se levait entièrement ; car ce clapet ne fait que couvrir l'extrémité supérieure du tuyau d'aspiration : dans tous les cas, cette résistance se trouvant comprise dans l'expression suivante, nous n'en chercherons pas ici de détermination particulière.

(1) *Recherches Physico-Mathématiques sur la théorie des eaux courantes*, §. 18, 1804.

(2) Les valeurs de a et b telles que les donne M. Prony, sont affectées de l'action de la gravité (9,8088 m.) : je les en ai dégagées.

20. 5°. Je ne sache pas qu'aucun de nos auteurs se soit occupé de la théorie des pompes en mouvement, et ait donné une expression de la force qu'il faut employer pour vaincre l'inertie de la masse d'eau à mouvoir, et pour imprimer à cette masse une certaine vitesse. Langsdorff, auteur d'un Traité d'hydraulique allemand, a publié, il y a quelques années, une théorie générale des pompes aspirantes, qui l'a conduit à l'expression suivante de la charge que porte le piston,

$$\frac{\pi D^2 h}{4} + \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{(A+B)\, b^2}{2 g t^2 \left(1 - \frac{1}{p}\left(\frac{1}{b} - \frac{1}{b\, e^{bp}}\right)\right)},$$

dans laquelle le dernier terme exprime les résistances, provenant du frottement de l'eau contre les parois des tuyaux, du passage par des étranglemens, et de l'inertie. Dans ce terme :

D = diamètre du corps de pompe ou du piston
b = la longueur de la levée
t = tems de la levée
e = base de logs. hyp. = 2,7183

A. (Quantité dépendant de la résitance de l'eau contre les parois des tuyaux, et déterminée d'après les belles expériences de Dubuat) $= 0{,}03\left(\frac{l}{d} + L\,\frac{d^2}{D^2}\right)$.

B. (Quantité dépendant de la résistance qui résulte de la contraction de la veine à l'entrée

du tuyau d'aspiration, et à la soupape)
$= \left(\frac{1}{m^2} - 1\right) + \left(\frac{d^2}{m^2 \delta^2} - 1\right)$.

m = nombre qui exprime le rapport entre la grandeur d'un orifice, et celle de la *veine contractée* qui en sort = 0,82 (1).
l = longueur du tuyau d'aspiration.
d = diamètre de ce tuyau.
L = longueur de la partie de la pompe, dont le diam. = D.
δ = diam. de l'orifice de la soupape

$$p = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{A + B}{a}$$

$$a = l + \left(L - \tfrac{1}{2} b - 0{,}65\right) \frac{d^2}{D^2}.$$

Ici, nous avons $t = 7$ secondes, et nous estimons $\delta = 0{,}108$ m. D'après cela et les données déjà indiquées, on trouve que ce second terme = 0,083 myr.

Cette quantité est si petite, que j'ai d'abord craint de m'être trompé dans l'application des formules qui me l'ont donnée; j'ai refait jusqu'à deux fois les caculs, et j'ai constamment eu le même résultat. Sans garantir l'exactitude de ces formules, j'observerai que toutes les quantités dépendantes de la vitesse, doivent être bien petites, puisque les changemens de vitesse que nous avons fait éprouver à la machine, n'en ont pas apporté de sensibles dans l'indication du dynamomètre.

(1) *Prony*, d'après Bossut, *Architecture hydraulique*, §. 840.

21. En rassemblant les divers élémens de la charge, nous avons :

Pour le poids de la colonne d'eau. .	78,75
Pour le frottement du piston. . . .	6,7
Pour les résistances provenant du frottement de l'eau contre les tuyaux, du passage par la soupape et de l'inertie.	0,08
	85,53

La quantité 6,8 ajoutée au poids de la colonne est à très-peu près la douzième partie du poids (80,75) de la colonne entière : et comme cette quantité (lorsque le diamètre du piston est à peu près le même) est proportionnelle à ce poids, nous pourrons en conclure que pour avoir la charge du piston d'une de nos pompes, il faut prendre le poids de la colonne d'eau ayant pour base le diamètre du piston, et pour hauteur la hauteur de la pompe; l'augmenter d'un douzième, et le diminuer de 1,5 myrgr. (pour le poids de l'eau déplacée par le piston).

22. En procédant ainsi, on obtient les résultats indiqués dans le tableau de comparaison suivant :

N°. des exp.	Résultats de l'expér.	Résultats du calcul.	Différence.
1. .	245. .	245. .	
2. .	274. .	274. .	
3. .	269. .	269. .	
4. .	352. .	355. .	+ 3
5. .	438. .	438. .	0
6. .	526. .	525. .	— 1
7. .	612. .	609. .	— 3
8. .	698. .	695. .	— 3
9. .	795. .	791. .	— 4

Conclusion.

23. Cet accord, tout aussi exact qu'on peut le désirer entre les résultats du calcul et ceux de l'observation, nous autorise à conclure que *pour avoir la vraie charge des machines d'épuisement en usage dans les mines, il faut multiplier la base de chaque piston (exprimée en mètres) par la hauteur de la pompe à laquelle il appartient, et par 100 myriagr.; sommer ces produits, augmenter la somme d'un douzième, et ajouter le poids des tirans et des pistons* (1).

J'observerai à ceux qui, frappés de l'accord qui règne entre les résultats du calcul et ceux de l'observation, pourraient penser que j'ai pris mes données de manière à l'obtenir; je leur observerai, dis-je, qu'aucune de ces données n'a été à ma disposition. Les résultats de l'expérience m'ont été envoyés par M. Duchesne; le poids des colonnes d'eau portées par chaque piston, est déterminé d'après le principe le plus certain et le plus élémentaire de la théorie des pompes aspirantes; les deux quantités (6,7 et 0,083) qui expriment le frottement du piston, et les résistances dépendantes de la vitesse, sont déduites de deux formules de Langsdorff, et je ne connois aucun autre auteur qui en ait donné sur ces mêmes objets.

SECONDE PARTIE.

Du rapport entre l'effet produit et l'eau dépensée.

24. Nous allons, dans cette seconde Partie, chercher :

1°. Une expression analytique de l'effet produit par une machine hydraulique de la nature

(1) Le poids de chaque piston doit être diminué de celui de la quantité d'eau qu'il déplace.

de celle sur laquelle nous avons fait nos expériences, et nous en ferons une application à ces expériences; 2°. une formule, à l'aide de laquelle on puisse déterminer la quantité d'eau motrice nécessaire pour produire un effet donné. 3°. Nous comparerons ensuite les résultats de cette formule avec ceux de l'expérience, et nous donnerons quelques conséquences tirées de cette comparaison.

J'aurais désiré que le tems m'eût permis et de multiplier les expériences, et de faire ensuite les calculs et recherches convenables pour arriver à une théorie propre à donner, dans tous les cas, des résultats suffisamment exacts pour la pratique.

Effet produit par les roues à augets.

25. Qu'on me permette, avant d'aller plus loin, quelques observations sur l'effet des roues à augets; elles me sont suggérées par le titre de cette seconde Partie.

Tout effet est en général proportionnel à la cause qui le produit; et il paraît, d'après cela, que l'effet des machines mues par le poids de l'eau, doit être proportionnel au poids du fluide qu'elles portent, et par conséquent à la quantité d'eau motrice qu'elles dépensent. Mais il faut observer que le fluide que porte une roue à augets, et qui la meut n'agit pas par son *poids absolu*, mais seulement par la *pression* qu'il exerce contre les parties qui s'opposent à sa chûte, c'est-à-dire, qui l'empêchent de prendre la vitesse que la pesanteur communique, ou tend à communiquer, à tous les corps dans leur chûte. Or, il est évident que plus la vitesse de la machine sera grande (plus les augets fuiront vite devant l'eau qui les presse), moins la pression sera forte, et moins la même quantité d'eau devra produire d'effet.

On voit encore que lorsqu'une roue en mouvement porte toujours une même quantité d'eau, sa dépense est proportionnelle à sa vitesse.

Supposons maintenant deux roues d'égales dimensions, portant chacune une même quantité d'eau; mais que la seconde ait une vitesse double de la première : elle dépensera deux fois plus, et cependant son effet ne sera pas double; car, d'après les premiers principes de la dynamique

des machines, l'effet est équivalent *au produit de l'effort du moteur par sa vitesse* (1) : or, dans la seconde roue, la vitesse du moteur est bien double ; mais comme, en vertu de cette plus grande vitesse, l'effort lui-même est moindre, en le multipliant par la vitesse, le produit ne sera pas double.

Cet exemple fait voir comment il peut quelquefois arriver qu'avec une plus grande quantité d'eau dépensée, il y ait cependant un moindre effet produit. Il montre, en même tems, l'idée qu'on doit se faire d'une proposition, qu'on trouve quelquefois énoncée ainsi : *une roue hydraulique a d'autant plus de force qu'elle va plus lentement.* Proposition qui n'a lieu que pour un des deux facteurs de l'effet ou de la force de la machine, savoir l'effort du moteur ; car d'ailleurs l'autre facteur augmente toujours dans le rapport de la vitesse, puisque c'est la vitesse elle-même.

Voyons quelle est l'expression de cet effet, et dans quel cas il est le plus grand possible.

Soit A le poids de l'eau portée par la roue, et en vertu duquel elle tend à se mouvoir : ce sera l'effort du moteur, lorsque la machine sera en repos. Nommons V la vitesse que l'eau aurait en tombant librement du canal qui la verse jusqu'au point où elle sort des augets ; l'effort du moteur, pour une vitesse, v, de la roue, sera $A\left(1-\frac{v}{V}\right)^2$ (2) ; et l'effet produit équivaudra à

$$A\left(1-\frac{v}{V}\right)^2 v.$$

Puisque v dépend de A, c'est-à-dire de la quantité d'eau que porte la roue, cette expresion, ou l'effet qu'elle représente, sera d'autant plus grand que A, sera plus considérable ; et ici on n'aura d'autres limites que celles provenant des dimensions des augets ; ainsi, l'effet d'une roue sera le plus grand, lorsqu'elle portera autant d'eau que la capacité et la disposition de ses augets le permettront. Quant à l'autre facteur $\left(1-\frac{v}{V}\right)^2 v$; lorsque v augmentera, il augmentera aussi jusqu'à un certain terme ; au-delà duquel, il ira en diminuant, v croissant toujours. En différenciant et égalant la différentielle à zéro, nous trouvons $v=\frac{1}{3}V$, pour le cas du *maximum* ; c'est-à dire, que A étant constant (ou la quantité d'eau portée par la roue étant la même), l'effet se trouvera le plus grand, lorsque la vitesse de la roue sera le tiers de celle que l'eau eût acquise, en tombant d'une hauteur qu'on peut, sans erreur notable, supposer égale au diamètre, ainsi que nous le verrons par la suite.

De là nous pouvons conclure qu'une roue à augets produit le plus grand effet lorsqu'elle porte toute l'eau que ses augets peuvent contenir, et que sa vitesse est le tiers de celle due à la hauteur de son diamètre. — A ce *maximum* de vitesse utile, la roue, sur laquelle nous avons fait nos expériences, ferait 8 tours dans une minute, et elle dépenserait près de 70 m. cub. d'eau dans le même tems.

Je donne un exemple, pour bien faire sentir ce que j'entends ici par le plus grand effet. Supposons que l'on ait une machine d'épuisement semblable à celle que nous avons décrite ; supposons en outre que le courant moteur soit de grandeur indéfinie, et que la vitesse v de la roue soit aussi grande que possible, c'est-à-dire, égale à V ; ce qui aurait lieu s'il n'y avait aucune espèce de résistance. Si l'on donne maintenant une charge à la machine, la vitesse diminuera ; et elle diminuera d'autant plus qu'on augmentera davantage la charge, c'est-à-dire, le nombre de pompes qu'elle fait mouvoir : enfin, lorsqu'elle ne sera plus que $\frac{1}{3}V$, la roue sera à son *maximum* d'effet, c'est-à-dire, qu'elle élevera le plus d'eau possible, à une hauteur donnée et dans un tems fixé (abstraction faite de toutes les autres résistances). Si on ajoute encore une pompe, la vitesse diminuera, et quantité d'eau élevée à la même hauteur, et dans le même tems, sera moindre.

Les conditions que nous avons indiquées pour que la roue

(1) *Prony. Architecture hydraulique*, §. 493.

(2) *Prony. Arch. hyd.* §. 496. Voici le passage de cet auteur : « Supposons qu'un moteur capable d'un effort F, quand sa vitesse u est » nulle, ne soit plus capable d'aucun effort lorsque cette vitesse devient égale à U : on pourra assez généralement faire l'effort du » moteur égal à

$$F\left(1-\frac{u}{U}\right)^2 \text{ ».}$$

Quoique, dans notre exemple, les molécules du moteur, étant indépendantes et animées de diverses vitesses, ne cessent pas d'agir en même tems ; nous admettrons cependant l'expression généralement donnée par M. Prony, comme conduisant à des résultats assez conformes à ceux de l'expérience, ainsi que nous le verrons plus bas.

produisît son plus grand effet, peuvent servir à déterminer les dimensions les plus avantageuses qu'il faut donner à ses augets, lorsqu'on connaîtra la hauteur de la chûte et la quantité d'eau fournie par le courant.

J'observerai encore que dans la pratique, la fragilité de la machine et d'autres considérations ne permettent pas de donner à la roue toute la vitesse qu'elle peut avoir.

Expression analytique de l'effet produit.

Ce qu'on entend ici par *effet produit.*

26. On distingue dans les machines, appliquées aux arts, deux effets; *l'effet utile*, qui, dans les machines d'épuisement, par exemple, est d'élever, à une certaine hauteur, une certaine quantité d'eau, dans un tems donné; l'autre, que l'on pourrait appeler *l'effet dynamique*, se compose du premier plus de toutes résistances provenant de la nature et de la disposition des parties de la machine; c'est de ce dernier dont il va être question dans ce mémoire; l'autre, ne peut ici se traiter isolément. Ainsi, sous le nom *d'effet produit*, nous entendons la somme de toutes les résistances que la force motrice a à vaincre pour mouvoir la machine avec une certaine vitesse. Cet effet se compose ici; 1°. de la charge que l'on doit élever; 2°. de la résistance provenant de tous les frottemens occasionnés par la charge, et par le poids des diverses parties de la machine; 3°. de la résistance produite par l'inertie des masses qui ont un mouvement alternatif, et qu'il faut mouvoir avec une certaine vitesse au bout d'un tems donné.

Dans les déterminations qui vont suivre, nous représenterons chacune de ces résistances partielles par une force qui lui ferait équilibre, et

qui serait appliquée à la circonférence de la roue hydraulique.

Détermination de la charge.

27. La charge, telle que nous l'entendons ici, se compose 1°. du poids des colonnes d'eau élevées par les diverses pompes (supposées avoir partout le même diamètre que celui du piston); 2°. du poids des pistons; 3°. des résistances provenant *a*) du frottement des pistons contre les corps de pompes, *b*) du frottement de l'eau contre les tuyaux qu'elle traverse, etc., *c*) et de l'inertie des masses. Nous avons vu, dans la section précédente (n°s. 16—20), comment on déterminait ces diverses quantités; nous représenterons leur somme par P.

28. Cette charge P, agissant à l'extrémité d'une manivelle, et toujours dans la même direction, puisqu'elle exerce son action à l'aide d'un tirant horizontal, doué d'un simple mouvement de *va et vient*; cette charge, dis-je, oppose à la force motrice une résistance continuellement inégale, puisque son moment varie à chaque instant: il est o, lorsque la manivelle commence et finit de *lever*; il est le plus grand possible et égal à $P\,r$ (r étant le rayon de la manivelle), au milieu du mouvement; dans tout autre point, éloigné de δ°. du commencement de la levée, il sera $P\,r \sin \delta$: et à la fin, la somme des résistances que la force aura eues à vaincre sera la même que si, à chaque instant du mouvement, le moment eût été une moyenne entre toutes les valeurs de $Pr \sin \delta$, prises dans le demi-cercle décrit par la manivelle. Or, cette valeur moyenne est la même que si la direction de P eût toujours été à une distance du centre de rotation, égale à celle du centre de gravité de la

demi-circonférence au centre de rotation, distance qui, comme on sait (1) $= \frac{2r}{\pi}$, π étant le rapport du diamètre de la circonférence. Ainsi le moment moyen de la charge, pendant qu'elle pèse sur la manivelle, sera $\frac{2}{\pi} P r$.

29. Observons de plus qu'elle n'est portée par la manivelle que durant le tems que le tirant, auquel elle est adaptée, *lève*, c'est-à-dire, pendant un demi-tour de la roue : elle n'existe plus pendant que le tirant *baisse*. Ainsi, au bout d'un certain nombre de tours, la somme des résistances vaincues par le moteur sera la même que si la machine eût constamment porté le poids $\frac{1}{2} P$: et nous supposerons qu'il en est réellement ainsi. L'inertie, faisant que la roue conserve sensiblement la même vitesse pendant le tour entier, lorsqu'elle a acquis un certain degré de célérité, quoique le poids qu'elle porte ne pèse sur elle que pendant le demi-tour, permet cette supposition. Nous la faisons par la même raison, qui a autorisé à prendre un moment moyen entre tous les momens de la charge. D'après cela, son vrai moment sera $\frac{P r}{\pi}$.

30. Soit F' la partie de la force motrice (F) destinée à faire équilibre à la charge P; et R le rayon à l'extrémité duquel elle agit, toujours perpendiculairement (2) ; on aura

$$F' = \frac{P.r}{\pi.R}.$$

(1) Francœur, §. 66.

(2) Ce rayon, R, est celui qui va du centre de la roue à son bord extérieur, moins les $\frac{2}{3}$ de la profondeur des augets. C'est lui que nous désignerons habituellement sous le nom de *rayon de la roue*.

Avant

Détermination du frottement.

Avant de déterminer le frottement de la machine, lorsqu'elle porte la charge P, jettons un coup-d'œil sur celui qui ne résulte que du poids de la roue et de l'attirail (1).

31. Toutes les résistances provenant de ces frottemens se transmettent sur les tourillons qui supportent la roue : elles y produisent une pression, d'où résulte le frottement que nous avons ici à déterminer.

Le poids de la roue agit et pèse directement et verticalement sur ces tourillons. Celui des autres parties de l'attirail (augmenté de l'effort qu'il faut faire pour les mouvoir) agit horizontalement, et transmet sur ces mêmes tourillons une pression égale à la somme des résistances qu'éprouvent les deux manivelles pendant le mouvement. Or, cette pression horizontale est simplement équivalente au poids des deux tirans verticaux. Pour le faire sentir, supposons que la roue soit en mouvement : elle *tirera* un de ces tirans, et *sera tirée*, en quelque sorte, par l'autre. Soit T le poids de chacun d'eux, m l'effort provenant des frottemens sur

(1) Nous désignons ici sous le nom *d'attirail* les parties de la machine comprises entre la roue et les pompes : elles consistent, pour chacune des deux manivelles de la roue, en un tirant horizontal supporté par quatre *schwingues*, en un varlet et un tirant vertical.

Les mineurs appellent *schwingues* (mot allemand qui signifie *balancier*) les pièces de bois verticales qui portent les tirans horizontaux de leurs machines hydrauliques : elles sont fixées à un seuil, par un boulon placé à leur extrémité inférieure, et autour duquel elles oscillent pendant que le tirant *va et vient* : leur extrémité supérieure est assujétie au tirant par un autre boulon.

les tourillons du varlet, des schwingues, etc. qu'il faut vaincre pour en élever un. La pression qui en résultera sur la manivelle qui *lève*, sera $T+m$. La partie de l'attirail qui est adaptée à la manivelle qui *baisse*, étant également chargée, présentera un frottement égal à m, sans lequel cette manivelle eût été *tirée* avec une force T; elle ne le sera donc plus qu'avec $T-m$, et il n'en résultera sur son tourillon qu'une pression à cette quantité. Ainsi, la somme des deux pressions horizontales sera $T+m+T-m$ ou $2\,T$, c'est-à-dire, qu'elle sera égale au seul poids des deux tirans verticaux : et par conséquent que celle provenant du frottement du reste de l'attirail, se réduira à 0.

Il suit de là, qu'abstraction faite de l'inertie des masses, tant qu'une machine ne porte aucune charge, et que toutes les parties de son attirail sont parfaitement équilibrées, la grandeur des tirans horizontaux ne diminue en rien la force motrice ; et qu'elle peut être augmentée jusqu'à ce que m soit égal à T. Mais il n'en est plus de même, lorsqu'il y a une charge : plus on multiplie les schwingues, plus on augmente les résistances.

En appelant N le poids de la roue, la pression résultante de ce poids et de celui de l'attirail sera $\sqrt{N^2+4\,T^2}$. D'après les belles expériences de M. Coulomb, le frottement restant sensiblement le même, quelle que soit la vitesse des surfaces frottantes, l'effort qu'il faudra faire pour vaincre le frottement provenant de cette pression, sera une quantité constante, dont la détermination se fera par la méthode que j'indiquerai plus bas : soit p cet effort.

Supposons actuellement qu'un des tirans porte la charge P, et déterminons la force nécessaire pour vaincre les frottemens provenant de la pression qui en résulte. Nous avons à considérer le frottement, 1°. sur le varlet, 2°. sur les *schwingues*, 3°. sur le tourillon de l'extrémité du bras de la manivelle, 4°. sur ceux qui portent la roue.

32. *Frottement sur le varlet.* Supposons que le bras, à l'extrémité duquel agit la puissance (Q), soit vertical, et que l'autre, portant la charge (P), soit horizontal. Faisons :

m = longueur du premier.
n = longueur du second.
r'' = rayon du tourillon.

S'il n'y avoit point de frottement, la résultante de Q et de P passerait par le centre du tourillon, et en appelant a l'angle qu'elle ferait avec la direction de P, ou aurait

$$Q = P\frac{m}{n} = P.\ \text{tang.}\ a.$$

Mais, à cause du frottement, lorsque le varlet tendra à se mouvoir, cette même résultante, partant toujours du point de concours des directions de Q et de P, ne passera plus par le centre ; elle s'en écartera, en s'approchant de Q, jusqu'à ce qu'elle rencontre la surface du tourillon, ou plutôt celle de la chappe qui le porte, en un point, où elle fasse avec cette surface un angle égal à *l'angle du frottement* (1). Alors, le tourillon qui se trouvera placé de

(1) On se rappellera que sous le nom *d'angle de frottement*, on désigne celui qui a pour tangente $\frac{1}{n}$, n étant le rapport du frottement à la pression.

manière que son contact avec la chappe soit à ce point, sera au moment de glisser, et par conséquent le varlet au moment de se mouvoir.

En appelant d l'angle que la résultante dans cette nouvelle position fait avec la ligne passant par le centre, nous aurons

$$Q = P.\ \text{tang.}\ (a + d).$$

Si on imagine une perpendiculaire menée du centre sur la direction de la résultante, et que l'on nomme e l'angle du frottement, on aura

$$\sin.\ d = \frac{r'\ \text{coss.}\ e}{\sqrt{m^2 + n^2}}\ (1).$$

Mais le varlet étant continuellement en mouvement, ne se trouve qu'un instant dans la position que nous avons indiquée, il s'en écarte de droite et de gauche, d'une quantité d'autant plus grande que le bras de la manivelle est plus long. Les distances des directions Q et P au centre du mouvement, qui étaient représentées par m et n dans notre supposition, varient à chaque instant : au commencement et à la fin de chaque oscillation, elles le sont par m coss. α et n coss. α; α étant l'angle que les bras font, dans ces deux instans, avec la position (verticale ou horizontale) que nous leur avons d'abord supposée : ces mêmes distances, au milieu de l'oscillation, sont m et n; ainsi leur valeur moyenne

(1) Le mode de détermination du frottement sur le tourillon du varlet, n'est qu'un cas particulier de celui que nous emploierons pour les tourillons de la roue. (*Voy.* n°. 34.)

sera $m\ \frac{\sin.\ \alpha}{\text{arc}\ \alpha}$ et $n\ \frac{\sin.\ \alpha}{\text{arc}\ \alpha}$. L'angle α est donné par $\sin.\ \alpha = \frac{r}{m}$. D'après cela, on aura

$$\sin.\ d = \frac{r'\ \text{coss.}\ e\ \text{arc}\ \alpha}{\sin.\ \alpha \sqrt{m^2 + n^2}}$$

et l'on a toujours

$$\text{tang.}\ a = \frac{m}{n}$$

et

$$Q = P.\ \text{tang.}\ (a + d).$$

33. Les *schwingues* nous présentent un double frottement : l'un sur les boulons inférieurs autour desquels se font les oscillations, l'autre sur les supérieurs par lesquels elles sont fixées au tirant.

Nous rappellerons que dans les déterminations de ces frottemens, nous n'avons égard qu'à la pression de la charge P, ou plutôt de la force Q que nous venons de déterminer.

Cette pression est à son *maximum* au commencement de la levée : son expression est alors $Q \sin.\ \alpha$. Elle est o, lorsque la schwingue est verticale; ainsi la valeur moyenne sera $\frac{Q.(1 - \text{coss.}\ \alpha)}{\sin.\ \alpha}$: en appelant r''' le rayon du boulon, et n le coefficient du frottement (rapport du frottement à la pression), le moment du frottement sera

$$\frac{Q\ (1 - \text{coss.}\ \alpha)\ n\ r'''}{\sin.\ \alpha}.$$

Si l'on nomme q la force destinée à vaincre ce frottement, λ la longueur de la *schwingue* : au commencement de la levée, le moment de q,

sera $q\,\lambda$ coss. α; et il sera $q\,\lambda$ lorsque la schwingue sera verticale : ainsi, on aura pour sa valeur moyenne $q\,\frac{\lambda \sin.\,\alpha}{\text{arc}\,\alpha}$: égalant ces deux momens, et réduisant, on a

$$q = \frac{Q(1 - \text{coss.}\,\alpha)\,n\,r'''\,\text{arc}\,\alpha}{\lambda \sin.^2\,\alpha} \quad (1).$$

La force s, nécessaire pour vaincre le frottement sur le boulon supérieur aura exactement la même valeur ; il faudra seulement mettre le rayon de ce boulon à la place de r'''. Nous ferons remarquer que quoique cette force paraisse tangentielle au boulon, elle n'en agit pas moins à l'aide d'un levier représenté par la longueur de la *schwingue* : un peu de réflexion le fera concevoir.

Pour le frottement sur la seconde schwingue, on aurait une valeur de q' semblable à celle de q, et une valeur de s' semblable à celle de s, à la seule différence, qu'au lieu de Q, il faudrait mettre $Q + q + s$. Ainsi de suite pour les autres schwingues.

33. Soit Q' la force Q accrue de toutes les petites forces q, q', s, s' etc. nécessaires pour vaincre les frottemens sur les boulons des schwingues ; elle produira sur le gros boulon ou tourillon qui joint les tirans aux manivelles une pression, d'où il résultera un nouveau frottement, qui sera surmonté par une force égale à $\frac{Q'\,n\,r^{v}}{r}$, r^{v} exprimant ici le rayon du tourillon, et r le bras de la manivelle.

(1) Dans les calculs du frottement des *schwingues*, j'ai employé la méthode la plus simple possible ; qui se borne à déterminer, d'après la théorie des momens, la force nécessaire pour vaincre le frottement produit par la seule pression du poids à élever, ce qui n'est pas rigoureusement exact : mais il n'en peut résulter aucune erreur sensible.

Ajoutant cette nouvelle force à Q', la somme (Q'') sera la vraie charge que portera la manivelle. En supposant qu'elle est supportée pendant un tour entier de la roue, au lieu de ne l'être que pendant un demi-tour, elle se réduira, d'après ce que nous avons déjà dit n°. 29, à $\frac{1}{2}Q''$: et je la nomme P'.

34. Il faut actuellement déterminer la puissance qui, agissant à l'extrémité du rayon R, fera équilibre à P', en ayant égard au frottement qui a lieu sur les deux tourillons de la roue, et qui provient des pressions produites, 1°. par la charge P' ; 2°. par le poids N de la roue, 3°. par celui $2\,T$ des tirans verticaux, 4°. par la puissance X qui doit vaincre tous ces obstacles (1).

Représentons par trois circonférences concentriques (*pl. II.*), celle de la roue, celle décrite par le rayon (*statique*, $\frac{2r}{\pi}$) de la manivelle, et celle du tourillon. Soit CN, la direction de N ; CT, celle de $2\,T$; FP', celle de P' ; GX, celle de X ; soit L, la résultante de N et de $2\,T$; S, celle de L et de P' (ce sera celle de toutes les résistances à vaincre) ; V, celle de S et de la puissance X.

(1) Nous allons suivre, dans cette détermination, une méthode à peu près semblable à celle que Bézout a donné en détail, dans son *Traité de Mécanique* (à l'usage de l'artillerie), §. 751 et suiv.

Il est clair que s'il n'y avait point de frottement, cette dernière, qui est celle à laquelle se réduisent toutes les forces et résistances qui agissent sur la machine, passerait par le centre C, au moment où le mouvement serait sur le point d'être produit : mais il n'en sera plus de même lorsqu'il y aura frottement, alors cette résultante, partant toujours du point A de concours des forces S et X, s'éloignera du centre, en s'approchant de GX, jusqu'à ce qu'elle rencontre la surface du tourillon en un point D; tel que l'angle BDa soit égal à l'angle du frottement; alors, ainsi que nous l'avons dit en parlant du varlet, la roue sera au moment de tourner, et, en appelant x et y les angles qui sont de part et d'autre de la résultante V, on aura, d'après les premiers principes de la mécanique,

$$X = S\,\frac{\sin.\,x}{\sin.\,y}.$$

Pour déterminer S, x, et y, faisons

L'angle FCH = ... a
Celui IHK = ... b
Celui EAC = ... c
Celui CAB = ... d
Celui BDa (du frottement) = . . e
CE (perpendiculaire sur AS) = . . f

on se rappellera de plus que

CG = ... R
CF = ... $\frac{2r}{\pi}$
CD = ... r'

et par conséquent

CB (perpendiculaire sur AV) = . r' coss. e

D'après ces données, on trouvera facilement

$$L = \sqrt{N^2 + 4T^2}$$

$$\text{tang. } a = \frac{2T}{N}$$

$$S = \sqrt{L^2 + 2LP' \sin.\,a + P'^2}$$

$$\sin.\,b = \frac{P'}{S}\,\text{coss. } a$$

$$f = \frac{P'}{S} \cdot \frac{2r}{\pi}$$

$$\text{tang. } c = \frac{f \sin.\,(a+b)}{R + f\,\text{coss. }(a+b)}$$

$$\sin.\,d = \frac{\sin.\,c\,r'\,\text{coss. } e}{f}$$

$$x = c + d$$

$$y = a + b - x = a + b - (c + d).$$

f a été déterminé d'après le principe que le moment de la résultante est égal à la somme des momens des composantes.

35. Si on appelle F'' la partie de la force motrice (F) destinée à vaincre les frottemens, il est clair qu'on aura $F'' = X - F'$, c'est-à-dire, que $F' + F'' = S\frac{\sin.\,x}{\sin.\,y} = S\frac{\sin.\,(c+d)}{\sin.\left\{(a+b)-(c+d)\right\}}$.

Quoique la méthode que nous venons de donner dans ce numéro, ne soit peut-être pas entièrement rigoureuse à cause de la réduction de Q' à $\frac{1}{2}\,Q'$ ou P', il n'en peut cependant résulter aucune erreur sensible.

Détermination de la force relative à l'inertie.

Les forces F' et F'', étant adaptées à la circonférence de la roue, font équilibre à la charge, ainsi qu'aux résistances provenant du frottement, et la machine est sur le point de tourner; il ne reste plus qu'à faire passer dans les masses

à mouvoir une certaine quantité de mouvement, ou, pour me servir de l'expression ordinaire, à vaincre leur inertie, et à leur communiquer une certaine vitesse au bout d'un certain tems : appelons F''' la force qui produira cet effet, et déterminons sa valeur.

36. Supposons, pour plus de simplicité, que la masse de la roue, celle de l'attirail, et celle de l'eau à élever, soient immédiatement adaptées à la circonférence de la roue; appelons

M', la masse de la roue.
E', celle de l'équipage ou attirail.
G', celle de l'eau.

Supposons encore que la roue soit depuis quelque tems en mouvement, et qu'elle ait une vitesse v: comme elle porte la masse $E'+G'$, à l'aide d'une manivelle; à chaque tour, elle retrouve cette masse en repos, elle la choque, elle accélère uniformément son mouvement, de manière qu'au bout du demi-tour, elle lui a communiqué la vitesse v : elle continue à se mouvoir, avec ce même degré de célérité, pendant l'autre demi-tour, à la fin duquel elle rechoque la masse $E'+G'$; et se retrouve dans les mêmes circonstances qu'au tour précédent.

Cela posé, la force accélératrice F''' agissant sur les masses M', E', G', son expression, celle de la pesanteur étant 1, sera $\frac{F'''}{M'+E'+G'}$, et la vitesse qu'elle communiquera, en une seconde, à un corps soumis à son action, sera $\frac{gF'''}{M'+E'+G'}$, g étant celle que la pesanteur communique dans le même tems.

A chaque tour, la roue M', animée de la vitesse v, choque la masse $E'+G'$; soit v' la vitesse qu'elle lui communique, et qui est commune à toutes les masses, dans l'instant qui suit immédiatement le choc : on aura, d'après la loi des communications du mouvement,

$$M'v=(M'+E'+G')v'.$$

Mais la force accélératrice agissant sur la masse à mouvoir, pendant tout le tems t' de la demi-révolution de la roue, lui communique au bout de ce tems une vitesse qui sera représentée par $\frac{t'gF'''}{M'+E'+G'}$; ainsi, la vitesse totale au bout du tems t', sera v' plus cette quantité : mais comme cette vitesse, d'après ce que nous avons déjà dit, doit être égale à v, on aura

$$v=v'+\frac{gt'F'''}{M'+E'+G'}.$$

Si, de suite après le choc, la force accélératrice n'eût pas agi sur le mobile, l'espace qu'il aurait parcouru uniformément en vertu de la vitesse v', au bout du tems t', eût été $v't'$. Celui qu'il parcourt, en vertu de la force accélératrice, sera $\frac{gt'^2F'''}{2(M'+E'+G')}$: or la somme de ces deux espaces, ou l'espace réellement parcouru pendant le tems t' par le mobile, étant la demi-circonférence de la roue, ou πR, on aura

$$\pi R=v't'+\frac{gt'^2F'''}{2(M'+E'+G')}.$$

De ces trois équations, on tire

$$F'''=\frac{2\pi R(M'+E'+G')(E'+G'}{gt'^2(2M'+E'+G')}.$$

Appelant t le tems que la roue emploie à faire

un tour, c'est-à-dire, faisant $2t' = t$, et observant que $vt = 2\pi R$, on aura

$$F''' = \frac{2.v^2(M' + E' + G')(E' + G')}{g.\pi.R(2M' + E' + G')}.$$

Equation qui fait voir que, le mobile restant le même, la force est proportionnelle au carré de la vitesse, ainsi que l'apprend la théorie des forces accélératrices.

Si on voulait rapporter les masses à mouvoir, à l'extrémité du bras r de la manivelle, au lieu de les rapporter à la circonférence, et que M, E, G, exprimassent ces nouvelles masses, on aurait

$$Mr^2 = M'R^2$$
$$Er^2 = E'R^2$$
$$Gr^2 = G'R^2$$

Puisque, d'après la théorie ordinaire du mouvement de rotation (1), les momens des quantités de mouvement doivent être égaux pour produire le même effet, et par conséquent pour pouvoir être substitués l'un à la place de l'autre; en mettant dans la valeur de F''', celles de M', E', G', tirées des équations précédentes, nous aurons, toute réduction faite,

$$F''' = \frac{2(M + E + G)(E + G)r^2v^2}{\pi.R^3g(2M + E + G)}.$$

37. Telle est la formule qui donnerait la valeur de F''', si E et G étaient mues circulairement autour du centre de rotation, en ayant toujours la même vitesse; mais il n'en est pas réellement ainsi : ces masses sont bien, il est vrai, mues par la manivelle, mais elles n'ont qu'un mouvement

(1) Francœur, *Traité élémentaire de Mécanique*, §. 243.

horizontal de *va et vient* : de sorte que le moment de leur quantité de mouvement varie à chaque instant : il n'est Er^2 et Gr^2 que lorsque le bras de la manivelle est vertical ; c'est-à-dire au milieu de la *levée* : il est o au commencement et à la fin. Voyons la correction que nécessite cette variation dans la valeur de Er^2 et celle de Gr^2.

En un point quelconque du mouvement, éloigné de $\beta°$. de la verticale, le moment de la quantité de mouvement de E sera représenté par $E(r\sin.\beta)^2$: ainsi, il faut chercher la valeur moyenne de toutes les valeurs de $(r\sin.\beta)^2$, dans toute l'étendue de la demi-circonférence décrite. Cette moyenne sera $\frac{\int(r^2\sin.\beta)^2}{2r}$; or $\int\pi.(r\sin.\beta)^2$, c'est-à-dire, la somme de tous les cercles qui ont $r\sin.\beta$ pour rayon, est égale à la solidité d'une sphère dont r serait le rayon, et par conséquent à $\frac{4\pi r^3}{3}$; ainsi, la moyenne cherchée sera $\frac{2r^2}{3}$: et le moment moyen sera $\frac{2Er^2}{3} = \frac{2E}{3}.r^2$. Mettant ainsi $\frac{2}{3}E$ à la place de E, et $\frac{2}{3}G$ à la place de G, nous aurons pour valeur finale

$$F''' = \frac{4(1{,}5M + E + G)(E + G)r^2v^2}{3\pi R^3g(3M + E + G)}.$$

On verra, dans l'application que nous allons faire, la manière de déterminer M, E et G.

38. Si la charge P était continuellement portée par la roue, F''' serait la force qui faudrait employer pour vaincre l'inertie de la machine et de P: mais comme cette quantité n'est portée par la roue que durant la moitié du tems de son mouvement, la résistance F''' provenant de l'inertie est évidemment moindre que celle que nous avons indiquée. Il m'a paru que la manière la plus exacte, ou du moins la plus approchée, d'avoir sa valeur, était de déterminer

d'abord la résistance provenant de l'inertie de la machine, abstraction faite de la charge; et pour cela, il suffit de prendre la valeur de F''' en faisant $G = 0$. On retranchera ensuite cette seconde valeur de F''' de la première, et le reste sera la résistance due à l'inertie de P; on en prendra la moitié, que l'on ajoutera à la résistance produite par l'inertie de la machine. Ces diverses opérations transforment la valeur de F''', ainsi qu'il suit :

$$F''' = \frac{2r^2v^2}{3\pi R^3 g}\left\{\frac{(1,5M+E+G)(E+G)}{3M+E+G} + \frac{(1,5M+E)E}{3M+E}\right\}.$$

39. Réunissant les trois forces partielles F', F'', F''', et appelant F leur somme, c'est-à-dire, la force nécessaire pour mouvoir la charge P, en ayant une vitesse v, on aura

$$F = S\frac{\sin.(c+d)}{\sin.\left\{a+b-(c+d)\right\}}$$
$$+ \frac{2r^2v^2}{3\pi R^3 g}\left\{\frac{(1,5M+E+G)(E+G)}{3M+E+G} + \frac{(1,5M+E)E}{3M+E}\right\}.$$

Passons à l'application de cette formule à nos expériences.

Application aux expériences.

Dimensions de la machine.

40. Nous avons déjà donné (N°. 9) une idée de la machine sur laquelle nous avons fait nos expériences; exposons maintenant, d'une manière plus exacte, les dimensions des parties qui entrent dans nos calculs.

Dimensions de la roue.

Rayon (jusqu'au bord extérieur des augets).	5,685 mèt.
Rayon (jusqu'au point où est la puissance).	5,468
Rayon (jusqu'au fond des augets). . . .	5,360
Rayon (jusqu'au fonçage).	5,309
Largeur extérieure de la roue.	1,245
Largeur intérieure des augets.	1,082

Profondeur intérieure des augets.	0,3248 mèt.
Distance extérieure d'un auget à l'autre. .	0,3883
Épaisseur de chaque couronne.	0,0812
Longueur des bras de la roue.	11,370
Leur équarrissage.	0,1624
Longueur de l'arbre.	3,4108
Son équarrissage moyen.	0,8023
Rayon ou bras de la manivelle.	0,7320
Rayon du gros tourillon.	0,1218
Rayon du tourillon de l'extrémité. . . .	0,0677
Poids des ferrures des augets.	24,2 myriagr.
——— du fonçage.	4,9
——— des bras.	20,5
——— de l'arbre.	214,4

Dimensions de l'attirail.

Longueur de la bielle (1).	9,907 mèt.
Son équarrissage moyen.	0,230
Longueur des tirans horizontaux.	27,502
Leur équarrissage moyen.	0,1875
Longueur des *schwingues*.	1,949
Équarrissage moyen de la première. . . .	0,311
Rayon du boulon inférieur.	0,034
Rayon du boulon supérieur.	0,041
Équarrissage moyen des 3 autres *schwingues*.	0,272
Rayon de leur boulon inférieur.	0,027
Rayon de leur boulon supérieur.	0,017
Bras du varlet.	1,949
Son équarrissage moyen.	0,365
Rayon du boulon.	0,0541
Longueur des tirans verticaux.	98,0
Leur équarrissage.	0,1354
Poids des ferrures de la bielle.	14,2 myriagr.
——— des tirans horizontaux. .	37,2
——— de la pre. *schwingue*. . .	6,0
——— des autres *schwingues*. .	1,6
——— du varlet.	25,0
——— des tirans verticaux. . .	77,3
Poids d'un piston.	3,85

(1) On nomme ainsi la première pièce d'un tirant horizontal, celle qui tient à la manivelle.

Nous avons donné dans la première partie de ce Mémoire (n°. 9) les dimensions des pompes.

Nous prendrons, dans nos calculs, le mètre cube d'eau à 100 myr.; et la pesanteur spécifique du bois de

Chêne imbibé d'eau = ...	1,029
Chêne à l'état ordinaire.	0,800
Sapin imbibé d'eau.	0,894

Pour donner un exemple de la manière dont nous avons appliqué les formules ci-dessus, nous prendrons l'expérience n°. 7 du 5 septembre, dans laquelle la charge consistait en quatre pistons et dans l'eau élevée par les pompes n°s. 5, 6 et 7.

Poids à élever.

41. En déterminant les résistances provenant des colonnes d'eau mises en mouvement par les trois pompes, d'après ce que nous avons dit dans la première partie de ce Mémoire (n°. 23) on trouve qu'elles équivalent à un poids de 257 myr.; ajoutant 16 myr. pour le poids de quatre pistons, on a 273 myr. pour charge totale ou valeur de P.

Frottement.

42. Tous les frottemens que nous avons à calculer s'exercent sur des axes de fer ou de fonte, frottant contre des chappes de même matière; les surfaces frottantes sont enduites de vieux-oing, et le frottement les a rendues très-lisses. D'après cela, nous avons pris 0,125 pour le *rapport du frottement à la pression.* M. Coulomb, dans ses expériences sur le frottement des corps les uns contre les autres, a trouvé que ce rapport était de 0,118 à 0,121 pour

pour des axes de fer frottant contre des chappes de cuivre (1): et comme il est un peu plus fort, lorsque les surfaces frottantes sont de même nature, nous avons un peu augmenté celui indiqué par ce célèbre physicien. Ainsi, la valeur de n employée dans nos calculs est de 0,125; et l'angle du frottement e, qui a pour tangente $\frac{1}{0,125}$ (ou 8), sera de 82°. 52 $\frac{1}{2}$'.

43. Déterminons d'abord p, ou la force nécessaire pour vaincre le frottement provenant uniquement du poids de la roue et de l'attirail. Nous avons vu qu'il était produit par la pression que le poids de la roue N et celui des deux tirans verticaux 2 T; et il se déterminera par les formules du n°. 34, dans lesquelles on fera P' égal à 0, ce qui les réduira à

$$p = \frac{\sin. d}{\sin. (a - d)} \sqrt{N^2 + 4 T^2}$$

$$\text{tang. } a = \frac{2 T}{N}$$

$$\sin. d = \frac{r' \text{ coss. } e. \sin. a}{R}.$$

Le poids N de la roue, d'après ce que nous dirons plus bas dans la détermination de M (relatif au moment d'inertie), = 1372,4 myr.: le poids T d'un tirant vertical, avec ses ferrures, = 244,8 myr.: d'après cela et les valeurs de r' et e déjà données, on trouvera

a = 19°. 45' 45".
d = 0....3' 13.
p = 4,01 myr.

(1) Voyez le beau Mémoire de ce savant, sur le frottement dans les machines. *Savans étrangers*, tom. X.

Passons actuellement au frottement produit sur le varlet et sur les *schwingues*, par la charge de 273 myr.

44. Observons que, quoique les deux bras du varlet soient égaux, et aient 1,949 mèt. de longueur, celui qui porte le tirant vertical, étant garni d'une chaîne anglaise qui se plie sur un secteur, et à laquelle le tirant est suspendu, doit être augmenté de la demi-épaisseur de cette chaîne ; d'après cela, on a $m = 1,949$ mèt. et $n = 1,983$. L'arc α, que décrit le bras (m) du varlet dans sa demi-oscillation, a évidemment pour sinus la longueur du bras r de la manivelle de la roue, m étant le rayon du cercle ; ce qui donne, d'après les valeurs ci-dessus,

$\alpha = 22°.\ 4'$

en substituant les valeurs numériques de r'' ($= 0,0541$), e, α, m, n et P dans les expressions de a, d, et Q, on obtient

$a = 45°.\ 30'.$
$d = 0°.\ 8'\ 31''.$
$Q = 279,1$ myr.

45. Nous n'avons aucune observation à faire sur la détermination de q, ou force nécessaire pour vaincre le frottement, produit par la pression de Q sur le tourillon inférieur de la *schwingue* la plus voisine du varlet. La simple substitution des valeurs numériques (r''' étant de 0,0271 mèt.), donne

$q = 0,097$ myr.

Le boulon supérieur se trouvant plus petit dans le rapport de 17 à 27, on a

$s = 0,061.$

Comme nous ne calculons les forces que jusqu'aux dixièmes de myr., nous pouvons, sans aucune erreur, prendre des valeurs égales pour les deux schwingues suivantes, et porter à 0,5 myr. la force relative au frottement des trois schwingues : la quatrième ayant des dimensions plus fortes exigera 0,2 myr. pour ses deux boulons. Ainsi, l'effort nécessaire pour détruire le frottement sur les huit boulons des quatre *schwingues* ne sera que de 0,7 myr. agissant à l'extrémité du bras de la manivelle de la roue.

46. Il faut observer que l'action de la manivelle n'étant pas dans la direction du tirant horizontal, sur lequel agit Q augmenté de q, q' etc., s, s' ($279,1 + 0,7$) ; il en résulte une perte de force ; de sorte que pour faire équilibre à Q (279,8), la manivelle doit exercer une action un peu plus forte. Sa direction fait avec celle du tirant, un angle dont le sinus est le rayon (*statique*) $\frac{2r}{\pi}$; le *sinus totus* étant représenté par la longueur de la bielle comptée depuis la manivelle (cette longueur est de 9,204 mèt.) ; l'angle d'obliquité sera donc de $2°.\ 54'$: ce qui exigera une augmentation de force $= 0,4$ myr. Ainsi, la pression que le tirant exerce contre la manivelle, pendant le mouvement, est de 280,2 myr.

47. Cette pression produit contre le tourillon, à l'aide duquel le tirant est adapté à la manivelle, un frottement qui équivaut à une force de 5,1 myr.

48. D'après tout cela, nous pouvons conclure que la manivelle porte une charge égale à un poids de 285,3 myr. : c'est ce poids que nous avons

représenté par Q'' (n°. 33): ainsi, $\frac{1}{2}Q''$ ou $P' =$ 142,7 myr.

49. Passons maintenant au frottement sur les tourillons de la roue, que nous allons déterminer d'après les formules du n°. 34.

Le poids (N) de la roue étant de 1362,4 myr. et celui $2T$ des deux tirans verticaux, étant 489,5; la résultante L sera 1447,7 myr., et l'angle a que sa direction fait avec la verticale sera, ainsi que nous l'avons déjà dit, n°. 43, 19°. 45′ 45″. D'après cela, la résultante S de toutes les résistances équivaudra à 1502 myr. En mettant ces valeurs numériques dans les autres formules, on trouve

$b = 5°.\ 7'\ 50''.$
$c = 0...11\ 38.$
$d = 0.....3\ 58.$

Ce qui donne, pour valeur de $F' + F''$, c'est-à-dire, de la force qui appliquée à la périphérie, doit vaincre la résistance provenant de la charge et du frottement, 16,352 myr.

Méthode abrégée pour la détermination du frottement.

50. La charge (pour un tour entier de la roue) étant 136,5 ($\frac{273}{2}$) myriagr., ou de 11,63 myr. en la supposant à à l'extrémité du rayon R; la résistance ou frottement provenant du poids de la machine seule étant (n°. 43) 4,01; nous voyons que la force, nécessaire pour vaincre le frottement (1) provenant de la charge $\frac{1}{2}P$, équivaut à un poids de 16,35 — (11,63 + 4,01) myr. ou 0,71 myr. Or, ce poids étant proportionnel à P ou à $\frac{Pr}{\pi R}$ ($= F'$. Voy. n°. 30) qui est l'expression analytique de 11,63 myr., nous pouvons le

(1) On comprend ici, avec la force équivalente à ce frottement, celle qui provient de la différence de longueur du bras du varlet (n°. 44), et celle due à l'obliquité de la *traction* de la manivelle (n°. 46), elles sont toutes proportionnelles à P.

représenter par $\varphi \frac{Pr}{R\pi}$, φ étant un coefficient constant, qui sera ici $\frac{71}{1163}$ ou 0,061. D'après cela, en se rappelant que 4,01 myr. est la quantité que nous avons désignée par p (n°. 43), nous aurons

$$F' = p + \varphi \frac{Pr}{\pi R} = p + \varphi F'.$$

Cette valeur de F' n'est pas rigoureusement exacte; car, en général, les deux termes qui la composent, savoir le frottement provenant du poids de la machine, et celui provenant du poids de la charge, ne doivent pas s'ajouter; mais bien se combiner d'après les lois de la composition des forces: cependant la manière dont nous avons déterminé φ compense en grande partie l'erreur qui en résulte. Ainsi, sans craindre aucune erreur, qui puisse tirer à conséquence, nous avons fait

$$F' + F' = p + \frac{Pr}{\pi . R}(1 + \varphi).$$

C'est d'après cette méthode très-simple, que j'ai déterminé $F' + F'$ dans la plupart de nos expériences. Le calcul, par la méthode indiquée précédemment (N°s. 31-35), et dont nous avons fait une application, exige, pour chaque expérience, plus de cent logarithmes. Je l'ai fait pour quelques-unes, et je me proposais de le faire pour toutes; mais ayant été obligé de terminer ce Mémoire plus promptement que je n'aurais désiré, il m'a fallu avoir recours à un moyen abrégé; et j'ai fait usage de celui que je viens d'exposer. L'erreur qui peut en résulter sera entièrement insignifiante; rarement sera-t-elle d'un centième dans les résultats donnés par la colonne 111 du tableau général. J'ai pris le terme $1 + \varphi = 1,06$, et plus souvent 1,07.

Inertie.

Commençons la détermination de la force relative à l'inertie par celle de M, de E, et de G qui entrent dans l'expression de cette force.

51. *Moment d'inertie de la roue.* M est la masse de la roue en mouvement rapportée à l'extrémité du bras de la manivelle; c'est-à-dire, son moment d'inertie par rapport à ce point:

ainsi, sa valeur sera le moment d'inertie par rapport à un point placé à l'unité de distance du centre, et divisé par le carré r^2 du bras de la manivelle.

Le moment d'inertie de la roue, est la somme des momens d'inertie de ses parties. Nous allons déterminer celui de la *couronne*, celui du *fonçage*, celui de bras et celui de l'arbre.

Les couronnes d'une roue hydraulique, sont les deux limbes qui forment les parois latérales des augets : leur largeur est égale à la profondeur de ces augets. Mais nous comprenons ici, sous le nom de *couronne*, toute la partie de la roue qui est au-delà du rayon qui va depuis le centre jusqu'au *fond* des augets ; et, sous cette désignation, sont comprises les deux vrais couronnes, et les planches transversales des augets. Le tout forme un limbe (ou cylindre excavé) de 0,244 m. d'épaisseur, 0,325 de largeur; 5,685, de rayon extérieur, et par conséquent 5,360 de rayon intérieur. D'après cela, son volume sera de 2,753 m. cubes. En multipliant par 102,9 myr., pesanteur du mètre cube de bois de chêne imbibé d'eau (1), et ajoutant 24,2 myr. de ferrures, nous aurons 307,5 myr. pour sa masse. Son moment d'inertie (2) sera donc $307,5 \times \frac{1}{2}(\varrho^1 - \varrho^2)$, ϱ étant le rayon extérieur et ϱ' le rayon intérieur : ce qui, d'après les valeurs ci-dessus, se réduit à 9386,4 myr.

(1) Les planches des augets sont, il est vrai, en sapin, mais nous avons diminué leur volume dans le même rapport que nous augmentions leur pesanteur spécifique.

(2) La détermination des momens d'inertie se trouvant exposée dans tous les traités de mécanique, il est superflu de rien dire ici à ce sujet.

Par *fonçage* de la roue, nous entendons l'ensemble des planches qui forment le fond des augets : il présente ici un cylindre excavé dont l'épaisseur ou hauteur serait la largeur de la roue (1,245 m.) ; dont le rayon extérieur serait 5,360 et l'intérieur 5,309 ; d'après cela, et en se rappelant que le poids de ses ferrures s'élève à 4,9 myr., on trouve son moment d'inertie = 6368,7.

Les bras sont au nombre de 16 ; huit grands, et huit petits : nous allons procéder comme s'il n'y en avait que 12, mais tous grands et des dimensions indiquées (n°. 40.). En les regardant comme des parallélipipèdes rectangles, qui tournent autour d'un axe transversal passant par le milieu de leur longueur et de leur largeur, on trouve pour leur moment d'inertie, 4209,2 myr.

L'arbre de la roue peut être regardé comme un parallélipipède, tournant autour de son axe longitudinal ; ce qui, en ayant égard aux dimensions données plus haut, donne, pour son moment d'inertie, 47,2 myr.

Ajoutant ces quatre quantités, nous aurons 20011,5 myr. pour le moment d'inertie de la roue, pris par rapport à un point éloigné de un mèt. du centre de rotation. D'après la théorie du mouvement de rotation, on le rapportera à tout autre point, en multipliant cette quantité, par le rapport du carré des distances au centre, c'est-à-dire, en la divisant par le carré de la distance du nouveau point, la distance du premier étant 1 : la longueur du bras de la manivelle est de 0,732 m. ; par conséquent le

moment d'inertie par rapport à son extrémité, ou la valeur de M, sera 37347,5 myr.

52. Le terme E représente la masse de l'attirail rapportée à l'extrémité de la manivelle, ainsi que nous l'avons dit (page 204); mais comme cette masse n'a pas réellement la vitesse du point extrême de la manivelle r, qu'elle ne parcourt que le diamètre du cercle décrit par ce point, tandis que celui-ci parcourt la demi-circonférence; elle doit être diminuée dans le rapport du carré des vitesses (les forces accélératrices étant comme les carrés des vitesses), c'est-à-dire, qu'il faut la multiplier par $(\frac{2}{\pi})^2$; $\pi : 2$ étant le rapport des vitesses.

La masse de la bielle, des tirans horizontaux et des tirans verticaux, se trouvera en multipliant leur volume par leur pesanteur spécifique, et en ajoutant le poids des ferrures. Quant à celle des *schwingues*, et du varlet, comme elles ont un mouvement d'oscillation, on les déterminera d'après les règles des momens d'inertie, et on les rapportera à la vitesse du tirant, c'est-à-dire, à leur extrémité supérieure. Soit λ la longueur d'une schwingue, c le côté du carré de sa base, f les ferrures dont elle est chargée; son moment d'inertie sera

$$\frac{(\lambda c^2 + f)(\lambda^2 + \frac{1}{4} c^2)}{2\lambda^2}.$$

Le varlet sera regardé comme composé de deux schwingues. Ajoutant toutes ces masses et les multipliant par $(\frac{2}{\pi})^2$, nous aurons 375,3 myr. pour valeur de E.

52. G exprime la masse d'eau élevée par les pompes, et rapportée, d'après la théorie du mouvement de rotation, à la vitesse de l'extrémité du bras de la manivelle. Nous allons d'abord prendre cette masse par rapport à la vitesse des tirans ou des pistons; et nous la réduirons ensuite à la vitesse de la manivelle, en multipliant, comme dans le n°. précédent, par $(\frac{2}{\pi})^2$.

Pour avoir ici la masse d'eau élevée par une pompe, il faut distinguer celle contenue dans le tuyau d'aspiration, et celle qui l'est dans le corps de pompe. Celle-ci, ayant la vitesse du piston, sa valeur sera $\frac{\pi D^2 l}{4}$, D étant le diamètre du corps de pompe, et l sa longueur. La masse de l'eau portée par le tuyau d'aspiration sera bien $\frac{\pi d^2 l'}{4}$, d étant le diamètre du tuyau et l' sa longueur : mais comme cette masse est mue ici avec une vitesse qui est à celle du piston comme $D^2 : d^2$, il faudra la multiplier par le carré de ce rapport (les forces accélératrices étant comme les carrés des vitesses) et elle deviendra $\frac{\pi D^4 l'}{d^2}$. Ajoutant ces deux expressions, et multipliant par $(\frac{2}{\pi})^2$, nous aurons pour la valeur de G, dans une pompe,

$$\frac{D^2}{\pi}\left(l + l'\frac{D^2}{d^2}\right).$$

k étant le poids d'un piston, $\frac{4k}{\pi^2}$ sera la masse rapportée à l'extrémité de la manivelle.

Substituant les valeurs numériques de D, d

l, l', k pour les trois pompes et les quatre pistons de l'expérience n°. 7, on aura $G = 428,2$ myr.

53. Reprenons actuellement la valeur de F''' donnée dans le n°. 38; mettons à la place de M, E, G, les quantités numériques qu'elles représentent, et que nous venons de déterminer, nous trouverons (en observant que $g = 9,8088$ m. et que, dans l'expérience n°. 7, dont il est ici question, $v = 2,564$ m.) $F''' = 0,276$ myr. Ce poids est celui qui, agissant à la circonférence de la roue et perpendiculairement au rayon, suffira pour donner à cette circonférence la vitesse v, lorsque la charge sera P ou 273 myr. (équilibrée par $F' + F'$).

Si cette charge était continuellement portée par la machine, et que l'on eût en conséquence déterminé F''' par la formule du n°. 37, on l'aurait trouvé égal à 0,377 myr.

Cette même formule, en faisant $G = 0$, donne pour la force nécessaire pour vaincre l'inertie de la machine seule (sans aucune charge), l'expression générale $0,027\, v^2$. Dans l'exemple que nous avons choisi, v étant 2,564, on a pour l'inertie de la machine 0,175 myr. Cette quantité, augmentée de la moitié de son excès sur 0,377, devient 0,276, qui est la valeur de F''' par la formule du n°. 38.

54. Rassemblant les différentes parties (F', F^2, F''') de la force totale F, on a

$$F' + F^2 = S \frac{\sin.(c+d)}{\sin.\left\{a+b+(c-d)\right\}} = \ldots \quad 16,4^{\text{myr.}}$$

$$F''' = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0,3$$

$$\overline{16,7}$$

ou, en faisant usage des formules (n°s. 30, 38, 43, 50,) que j'ai le plus souvent employées,

$$F' = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 11,6$$

$$F^2 = \begin{cases} P \ldots\ldots\ldots\ldots & 4,0 \\ \varphi F' \ldots\ldots\ldots\ldots & 0,8 \end{cases}$$

$$F''' \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0,3$$

$$F = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 16,7$$

C'est d'après ces méthodes, que nous avons calculé, dans chacune de nos expériences, la valeur de F, qui équivaut à la somme de toutes les résistances que la force motrice doit vaincre, pour élever une charge quelconque P attachée à un des tirans, en donnant à la roue la vitesse v. Ces valeurs de F forment la colonne III du tableau général de nos expériences.

De la quantité d'eau dépensée par une roue à augets pour vaincre une résistance donnée.

Détermination théorique.

Les roues dont nous parlons ici sont uniquement mues par le poids de l'eau. Le fluide, il est vrai, en tombant dans l'auget qui le reçoit, a déjà une certaine vitesse : mais comme dans toutes nos expériences, cette vitesse est plus petite que celle de la roue, il n'y a point de force produite par le choc.

55. Supposons une roue portant une charge, et contenant, dans ses augets, une quantité d'eau suffisante pour maintenir l'équilibre. Le moment de la charge ou résistance sera FR; F étant, comme ci-dessus, un poids équivalent à la somme des résistances à vaincre, et agissant tangentiellement à l'extrémité du rayon R. Celui de la puissance, sera, d'après les lois

de la statique (1), $S.\Pi.R(2R-(a+b))$: dans cette expression,

a = différence de niveau entre l'extrémité supérieure du diamètre vertical ($2R$) et le point où l'eau atteint la roue :

b = différence de niveau entre l'extrémité inférieure du même diamètre, et le point où l'eau abandonne les augets :

S = surface de la coupe transversale de la bande d'eau portée par la roue, et supposée uniformément distribuée sur l'arc ou portion de surface cylindrique (partie du fonçage) ayant pour corde $2R-(a+b)$. Π = poids d'un cube d'eau qui auroit l'unité de mesure pour côté.

Puisqu'il y a équilibre, les deux momens sont égaux, et l'on a,

$$F = S\Pi.(2R-(a+b)).$$

Mettons actuellement la roue en mouvement, et faisons parcourir à sa circonférence l'espace v en une seconde : soit Q la quantité d'eau qu'elle reçoit dans le même tems ; il est évident qu'on aura $Q = sv$. Ce qui donne

$$F = \frac{Q.\Pi}{v}\left(2R-(a+b)\right).$$

De plus, observons que lorsque la roue est en mouvement, l'eau qu'elle porte n'agit plus de tout son poids, ainsi que nous l'avons déjà dit (n°. 25) ; et l'effort qu'elle exerce n'est plus représenté par $S\Pi\{(2R-(a+b)\}$.

Lorsque la vitesse est nulle, le fluide doit agir de tout son poids; et il n'exerceroit aucune action, si la roue avoit la même vitesse que celle qu'il auroit lui-même en tombant librement depuis le canal qui le verse jusqu'au point où il abandonne les augets. On satisfera à ces deux conditions, en multiplant la valeur de F déjà donnée par le facteur $(1-\frac{v}{V})$, ou par une de ces puissances ; V étant la vitesse due à la hauteur de chute dont nous venons de parler. L'usage ordinaire (n°. 25) étant de prendre le carré de ce facteur, nous aurons pour expression de la force d'une roue à augets en mouvement

$$F = \frac{Q.\Pi}{v}\left\{2R-(a+b)\right\}\left(1-\frac{v}{V}\right)^2.$$

D'après la théorie de la chute des graves, et en appelant h, la différence de niveau entre le point d'où tombe l'eau et celui où elle atteint la roue, on aura $V=\sqrt{2g\{2R-(a+b)+h\}}$. Si on nomme D' le diamètre $2R$ diminué de $a+b$, l'expression du rapport entre l'effet produit (Fv), et la quantité (Q) d'eau dépensée sera

$$Fv = Q.\Pi.D'\left(1-\frac{v}{\sqrt{2g(D'+h)}}\right)^2$$

d'où l'eau tire

$$Q = \frac{Fv}{\Pi D'\left(1-\frac{v}{\sqrt{g(D'+h)}}\right)^2}.$$

56. Appliquons cette formule à l'expérience n°. 7. Application aux expériences.

Nous rappellerons que dans cette expérience $F = 16,7$ myr. et $v = 2,564$ met. On a d'ailleurs $2R = 10,936$ m. ; a (sinus verse d'un arc de la roue de 10°.) $= 0,083$ m. ; $h = 0,2$ m. Quant à b, sinus verse de l'arc compris entre l'extré-

(1) Bossut, *Traité d'hydrodynamique*, tom. 1, ch. 17.

mité inférieure du diamètre vertical et le point où l'eau des augets abandonne la roue ; sa valeur varie suivant la quantité d'eau et suivant la vitesse. Nous allons entrer dans quelques détails sur cette valeur.

Nous aurons la position du point que nous venons d'indiquer, c'est-à-dire, sa distance à l'extrémité inférieure du diamètre vertical, en prenant une moyenne entre la distance de cette même extrémité à un auget lorsqu'il commence et lorsqu'il finit de verser son eau. Toutes ces distances étant mesurées sur la circonférence.

Il est d'abord évident qu'un auget finit de verser, lorsque celle de ses parois, par-dessus le bord de laquelle l'eau s'enfuit, se trouve dans une position horizontale : et comme cette paroi ou planche, fait avec la tangente à la roue un angle de 31°. 35′, nous en conclurons que lorsque son bord extérieur sera à 31°. 35′ de l'extrémité inférieure du diamètre vertical, elle se trouvera horizontale.

Le moment où un auget commence à verser, est celui où la surface (horizontale) de l'eau qu'il renferme s'est élevée jusqu'au niveau du bord de la même planche dont nous venons de parler. Ainsi, la détermination de la distance de ce bord à l'extrémité du diamètre vertical, pour que le *versement* commence, se borne à donner cette distance, pour le cas où la partie de l'auget, qui se trouve au-dessous d'un plan horizontal tangentiel au bord, est égale en volume à la quantité d'eau tombée dans l'auget. Cette condition mise en équa-

tion, nous donnera pour la distance ou arc, x, cherché

$$\cot. x = \frac{d^2 l}{2\left\{p\,d\,l - (c - q)\right\}}$$

ou, aussi exactement toutes les fois que l'on aura $4q > c$,

$$\cot. x = \frac{2(c-q)}{p^2 l},$$

formules, dans lesquelles

c = capacité de l'auget.
q = quantité d'eau tombée dans l'auget (1).
Q' = dépense du courant en 1″.
p = profondeur de l'auget.
l = sa largeur.
d = distance d'un auget à l'autre prise au fond.
d' = *idem*, mais prise sur la circonférence extérieure de la roue.
$q = \frac{Q' d'}{v}$.

(1) La détermination de q suppose que l'on connaisse la dépense du courant, ce qui est précisément l'objet cherché ; q est par conséquent une fonction de l'inconnue : mais sa vraie valeur, mise dans l'expression de cette inconnue, Q, compliquerait beaucoup les calculs. Nous l'avons en conséquence déterminée, d'après la dépense, Q', donnée par une de nos expériences ; dépense qui diffère très-peu de celle Q donnée par la théorie, ainsi que nous le verrons par la suite. L'erreur qui peut résulter de ce mode de procéder est absolument insignifiante : les valeurs extrêmes de b que nos expériences nous ont présentées, sont 1,08 et 1,27 mèt. : ce qui donne pour valeurs extrêmes de D' 9,585 et 9,776 mèt. : la différence n'est pas de 0,02 ; et celle qui en résulte dans les valeurs de Q est encore bien moindre.

Le volume de l'auget, dont c exprime la capacité est limité, 1°. et 2°., par les deux couronnes de la roue ; 3°. par la planche du fond ; 4°. par une seconde planche placée sur un bord de la première, dans la direction du rayon de la roue, et qui va jusqu'au tiers de la profondeur de l'auget ; 5°. par une troisième, placée sur l'autre bord de la première, de mêmes dimensions que la seconde, mais que l'on imagine prolongée jusqu'au bord extérieur de la roue ; 6°. enfin, par une quatrième qui joint l'extrémité de ce prolongement, avec le bord de la seconde. Ce volume calculé exactement, d'après toutes les règles de la stéréométrie, donne $c = 0{,}06824$ m. cub. (Pour avoir la capacité entière d'un auget, c'est-à-dire, toute l'eau qu'il peut contenir, il faut ajouter un prisme triangulaire égal à 0,0277 m. cub.)

D'après la construction de la roue, on a $d' = 0{,}3882$ m. $d = 0{,}366$, $l = 1{,}082$, $p = 0{,}3248$, $Q' = 0{,}0633$ m. cub. ; ce qui donne $q = 0{,}009685$ mèt. cub., et $x = 44° \; 13'$.

Ainsi, la moyenne entre le commencement et la fin du versement sera de 37° 54° : le sinus verse (b) de cet arc, dans un cercle où le rayon est de 5,468 mèt. est 2,107 mèt.

D'après cela $D' = 9{,}746$ m. (1). La disposition

(1) J'observerai que les valeurs extrêmes de D' ne diffèrant pas de $\frac{1}{50}$. On peut, dans la pratique, regarder cette quantité comme constante ; la moyenne de ces valeurs (9,68 m.) sera les 0,89 du diamètre $2R$, ou les 0,85, à-peu-près les $\frac{6}{7}$, du *vrai* diamètre (11,37 m.) de la roue.

de

de la machine donne $h = 0{,}2$ (1) ; ainsi, $\sqrt{2g(D'+h)}$ ou $V = 13{,}97$ m. Mettant ces valeurs dans l'expression de Q, on aura

$$Q = 0{,}0659 \text{ mèt. cub.}$$

C'est d'une manière semblable que nous avons calculé, pour chacune de nos expériences, les quantités d'eau indiquées dans la colonne VII du tableau général (page 231).

Quantité d'eau donnée par l'expérience.

58. Le moyen le plus simple peut-être et le plus exact que nous eussions de connaître la dépense, en eau motrice, faite par la roue dans chacune de nos expériences, était de rassembler l'eau dans un réservoir, de l'y entretenir constamment au même niveau, et de l'en faire sortir par un pertuis dont les dimensions seraient déterminées, et dont la hauteur serait petite par rapport à celle du fluide dans le réservoir. A cet effet, M. Duchesne fit dresser et et réparer la vanne qui devait fermer et régler l'ouverture du pertuis : il laissa l'eau s'élever dans le large canal (presque horizontal) qui la conduit à la machine, jusqu'à une hauteur de 0,3 à 0,4 mèt. : de cette manière, elle y était entièrement stagnante, jusqu'à une distance de plus de cent pas. Ainsi, elle ne sortait de cette espèce de réservoir, lorsqu'on levait un peu la vanne, qu'en vertu de sa seule pression, ce

(2) De nouveaux renseignemens que M. Duchesne m'a envoyés donnent à a une valeur un peu plus grande, et à b une valeur un peu plus petite ; ainsi la somme $a + b$ reste la même. Quant à h, ils le portent à 0,5 m au lieu de 0,2 : ce qui au reste ne donne pas, dans l'expérience n°. 7 une différence de $\frac{1}{40}$ dans la valeur de V, et de $\frac{1}{200}$ dans celle de Q.

qui nous fournissait un moyen de déterminer sa vitesse au passage du pertuis ; et comme les dimensions de celui-ci nous étaient exactement connues, en multipliant la surface de l'ouverture par la vitesse, nous avions la quantité d'eau écoulée.

L'ouverture était un rectangle, ayant 1,299 m. de longueur ; la hauteur était variable, et nous la réglions à l'aide d'une vanne : nous l'avons fait varier à volonté depuis 0,014 jusqu'à 0,054 mèt.

Quant à la vitesse de l'eau, nous rappelerons que lorsqu'un fluide sort d'un réservoir par une ouverture placée au-dessous du niveau, sa vitesse est due à la hauteur comprise entre ce niveau et l'ouverture (1) : ainsi, la vitesse d'un filet quelconque du fluide sortant du pertuis sera $\sqrt{2gh'}$, h' étant la distance verticale entre le niveau et le filet. En appelant h la hauteur de l'eau derrière la vanne, c'est-à-dire, le plus grand de h', et o la largeur de l'ouverture du pertuis, ou la quantité dont on a levé la vanne, $h-\frac{1}{2}o$ sera la hauteur moyenne, et lorsque o sera petit par rapport à h (qu'il n'en sera que la 20e. et même la 15e. partie), on peut sans erreur sensible prendre $\sqrt{2g(h-\frac{1}{2}o)}$ pour vitesse moyenne : en la multipliant par la surface de l'ouverture, nous aurons $1,299 \times o \times \sqrt{2g(h-\frac{1}{2}o)}$, pour la quantité d'eau dépensée en 1".

(1) Quoique pour les démonstrations théoriques de cette proposition, on soit obligé de supposer l'ouverture infiniment petite, cependant l'expérience a fait voir qu'elle est rigoureusement applicable aux cas qui nous occupent. *Bossut, Traité d'hydrodynamique*, tom. 1, p. 288 *et passim.*

Cette quantité doit être diminuée de l'effet produit par la contraction de la veine. Lorsqu'un fluide sort par une paroi mince, le coefficient relatif à cette diminution est 0,62 (1). Mais il devient 0,82, si on adapte, à l'ouverture, un petit tuyau additionnel (2). La partie supérieure du pertuis me paraît devoir être comprise dans le premier cas ; mais la partie inférieure, où l'eau glisse, en quelque sorte, sur le madrier qui forme le seuil de l'ouverture, se rapporte au second : en prenant une moyenne, nous aurons 0,72 pour le coefficient relatif à la contraction de la veine. Ainsi, la quantité d'eau dépensée sera

$$0,72.\ 1,299.\ o\sqrt{2g}\sqrt{h-\tfrac{1}{2}o}$$

ou

$$4,142 \times o\sqrt{h-\tfrac{1}{2}o}.$$

Quoique le coefficient 0,72 ait été déterminé d'après les plus grandes vraissemblances, on ne peut se dissimuler que sa détermination n'est pas rigoureuse ; au reste, toutes les fois qu'il ne s'agira que de comparer les dépenses affectées de la contraction de la veine fluide, peu importe sa valeur.

Dans le cas où o excédera 0,02 mèt., nous ferons usage de la formule suivante, dans laquelle la vitesse moyenne est rigoureusement exacte :

$$0,72.\ \tfrac{2}{3}.\ 1,299\sqrt{2g}\left\{h^{\frac{3}{2}}-(h-o)^{\frac{3}{2}}\right\} \quad (3)$$

qui se réduit à

$$2,762\left\{h^{\frac{3}{2}}-(h-o)^{\frac{3}{2}}\right\}.$$

(1) *Bossut*, tom. 11, chap. 11. *Prony, Archit. hydr.* §. 834.

(2) *Bossut*, chap. 111. *Prony*, §. 840.

(3) Voyez *Prony*, §. 804.

C'est d'après ces formules que nous avons calculé les quantités d'eau indiquées dans la colonne VI du Tableau général de nos expériences.

Je donne les valeurs de h et de o, qui ont servi à nos déterminations, afin que si quelqu'un désirait employer des formules différentes, il eût les données nécessaires.

Expériences du 5 septembre.

N°. des exp.	Valeur de h	Valeur de o
	mètres.	mètres.
1.	0,3406.	0,0135
2.	0,3406.	0,0203
3.	0,3553.	0,0135
4.	0,3553.	0,0203
5.	0,3681.	0,0135
6.	0,3586.	0,0203
7.	0,3316.	0,0271
8.	0,3384.	0,0181
9.	0,2955.	0,0466
10.		
11.	0,2572.	0,0474
12.	0,2572.	0,0541

Epériences du 19 novembre.

1.	0,2933.	0,0090
2.	0,2910.	0,0113
3.	0,2887.	0,0135
4.	0,2865.	0,0158
5.	0,2842.	0,0181
6.	0,2797.	0,0203
7.	0,2621.	0,0271

3. *Comparaison entre les résultats de l'expérience et ceux de la théorie.*

59. Nous avons rendu compte, dans le cours de ce Mémoire des 12 expériences que nous avons faites, M. Duchesne et moi, le 5 septembre (1806). Il serait superflu de répéter ce qui a été déja dit à ce sujet : je dirai seulement un mot sur le calcul des vitesses. On a donné, n°. 12, le nombre de tours que la roue faisait en une minute (ou 60″) : nous en conclurons l'expression ordinaire de la vitesse, c'est-à-dire, l'espace parcouru en 1″, par l'extrémité du rayon R; en multipliant le nombre de tours indiqué, par la longueur ($2\pi R$) de la circonférence, et en divisant par 60″. Expériences.

Le 19 novembre, M. Duchesne entreprit une nouvelle suite d'expériences, dont on a parlé n°. 13. Il avait principalement pour objet d'estimer, à l'aide du dynamomètre, la charge de ses machines; mais il profita de cette occa- occasion pour examiner le rapport qu'il y avait entre la quantité d'eau motrice dépensée et l'effet produit. Le moyen le plus simple de le connaître, et celui qui nécessitait le moins de réductions de calcul, était de faire continuellement porter à la machine la même charge, et de faire varier la quantité d'eau motrice; le rapport entre cette eau et la vitesse produite, était le rapport cherché.

Afin d'être bien sûr que la machine portait toujours le même poids, on résolut de la faire aller, sans accrocher aucune pompe aux tirans, et lui faire porter 7 pistons, dont le poids était de 30 myr. On augmenta graduelle-

ment l'eau motrice ; et dans 7 expériences, on eut tous les degrés de vitesse intermédiaires entre 2 et 4,5 mètres; termes extrêmes que l'on n'atteint jamais dans la pratique.

La charge de 30 myr., ou plutôt de 32 en l'augmentant d'un quatorzième à cause du frottement, réduite à l'extrémité du rayon R, en multipliant par $\frac{2r}{\pi R}$ (n°. 30), est de 2,72 myr.; et comme ce poids n'agit que pendant un demi-tour de la roue, nous en prendrons la moitié; qui, ajoutée à 4,01 myr. provenant des frottemens de la machine, donne 5,4 myr. Ainsi, dans les 7 expériences, la charge était équivalente à un poids de 5,4 myr. adapté à l'extrémité R du même rayon, et par conséquent au même point que celui où la puissance était appliquée. Il faut augmenter cette charge d'un autre poids équivalent à la résistance provenant de l'inertie de l'attirail et des 7 pistons : ce poids varie dans chacune des expériences, et à l'aide de la formule donnée au n°. 38, on trouve qu'il est exprimé par $0{,}0377v^2$ myriagr. C'est d'après cette méthode que nous avons calculé les résistances des sept expériences du 19 novembre, données dans la colonne III du Tableau suivant :

TABLEAU GÉNÉRAL

Des expériences faites à Poullaouen, *sur la quantité d'eau dépensée par une roue hydraulique.*

Expériences du 5 septembre.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
N°. des exp.	Poids élevé.	Résist. vaincue.	Vitesse.	Effet prod.	Eau depensée		
	$\frac{1}{2}P$	F	v	Fv	D'après l'exp.	D'ap. la form. A	D'ap. la form. B.
	myr.	myr.	mèt.	myr.	mèt. cub.	mèt. cub.	mèt. cub.
1. .	0. .	4,3.	3,44.	14,6.	0,0324.	0,0272.	0 0259
2. .	0. .	4,6.	4,58.	21,1.	0,0483.	0,0487.	0,0485
3. .	0. .	5,0.	3,44.	17.2.	0,0331.	0,0309.	0,0300
4. .	0. .	5,3.	4 58.	24,3.	0,0494.	0,0550.	0,0546
5. .	4,36.	9,0.	2,45.	22,1.	0,0337.	0,0334.	0,0316
6. .	7,9.	12,7.	2,60.	33,0.	0,0496.	0,0513.	0,0486
7. .	11,6.	16,7.	2,56.	42,8.	0,0633.	0,0659.	0,0624
8. .	11,6.	16,5.	2,05.	33,8.	0,0430.	0,0475.	0,0440
9. .	25,4.	31,5.	2,18.	68,7.	0 0882.	0,1007.	0,0946
11. .	23,3.	29,3.	2,29.	67,1.	0,0948.	0,1003.	0,0944
12. .	23,3.	29,4.	2,50.	73,5.	0,1075.	0,1142.	0,1079

Expérience du 19 novembre.

1. .	1,3.	5,5.	1,99.	10,9.	0,0201.	0,0152.	0,0142
2. .	1,3.	5,6.	2,29.	12,8.	0,0250.	0,0188.	0,0187
3. .	1,3.	5,7.	2,81.	16,0.	0,0298.	0,0257.	0,0277
4. .	1,3.	5,8.	3,17.	18,4.	0,0345.	0,0315.	0,0305
5. .	1,3.	5,9.	3,59.	21,2.	0,0392.	0,0392.	0,0380
6. .	1,3.	6,0.	3.93.	23,6.	0,0437.	0,0466.	0,0455
7. .	1,3.	6,2.	4,51.	27,9.	0,0560.	0,0620.	0,0617

Explication du tableau.

60. La première colonne de ce Tableau indique le n°. des expériences que nous avons faites. — Il s'est glissé une erreur manifeste dans la note que nous avons prise de l'expérience n°. 10 : la charge étant exactement la même, mais les vitesses différant de plus d'un quart, nos notes donnent la même quantité d'eau motrice à moins de deux millièmes près; ainsi, nous supprimons ce qui est relatif à cette expérience. Dans celle n°. 9, les pompes ne *tiraient plein* qu'à un $\frac{1}{36}$ près; et dans celles n°. 11 et 12 à $\frac{1}{5}$ près : leurs charges ont été diminuées dans ce rapport.

La seconde colonne indique la charge P, réellement élevée par la machine : on l'a réduite à la circonférence de la roue, en la multipliant par $\frac{2r}{\pi R}$, ainsi que nous l'avons expliqué n°. 30.

La troisième exprime la résistance vaincue par la force motrice : cette résistance se compose, 1°. de la charge indiquée dans la colonne précédente ; 2°. des frottemens auxquels elle donne lieu, et qui sont le quatorzième de sa valeur; 3°. des frottemens provenant du poids de la machine, et qui exigent une augmentation de force égale à 4,01 myr. ; 5°. de l'inertie de l'appareil qui est donnée par l'expression $0{,}027v^2$ myr. ; 6°. de l'inertie de la charge que l'on détermine ainsi qu'il a été dit n°s. 38 et 53. Cette résistance représente la force de la machine en mouvement (abstraction faite de la vitesse) : nous l'avons appelée F.

La quatrième colonne donne les vitesses, v, de la roue, c'est-à-dire, de l'extrémité du rayon de la circonférence à laquelle nous avons supposé que la puissance et la résistance étaient tangentiellement adaptées. Il est égal à celui de la roue, moins les $\frac{1}{3}$ de la profondeur des augets.

La cinquième donne l'effet réel de la machine, qui n'est autre chose que le produit, Fv, de la résistance ou poids F par la vitesse v. On aurait *l'effet utile*, en multipliant cette même vitesse par les poids indiqués colonne II (soustraction faite du poids des pistons).

Les quantités d'eau indiquées colonne VI sont le résultat de l'observation, et nous les avons eues par les méthodes indiquées n°. 58.

Celles de la colonne VII ont été données par la formule

$$Q = \frac{Fv}{\pi D' \left(1 - \frac{v}{V}\right)^2} \cdot\cdot (A).$$

Enfin, celles qu'on voit dans la colonne VIII, ont été indiquées par la formule

$$Q = \frac{0{,}9\, Fv}{\pi . D' \left(1 - \frac{v}{V}\right)^{2\frac{1}{4}}} \cdot\cdot (B)$$

ainsi que nous le dirons dans peu.

Comparaison des résultats de l'expérience et de la théorie.

61. Dans la comparaison, entre les résultats de l'expérience et ceux de la théorie, nous avons principalement à examiner, 1°. jusqu'à quel point les quantités d'eau motrice données par l'observation s'accordent avec celles déduites des formules théoriques ; 2°. quel est le rapport qu'il y a entre l'effet produit et la quantité d'eau dépensée.

1°. Relativement à l'eau dépensée.

62. En parcourant les nombres de la VIIe. colonne, et les comparant à ceux de la VIe.,

nous voyons qu'en somme, ils en diffèrent peu; mais que leur accroissement se fait dans un plus grand rapport: ils sont, en général, un peu plus foibles dans les premières expériences, et un peu plus forts dans les dernières; ce qui dénote que le facteur non constant $(1 - \frac{v}{V})^2$, varie dans un trop grand rapport; car, comme la variation dépend du terme fractionnaire $\frac{v}{V}$, il est clair qu'elle sera moins forte, si l'on prend une puissance plus élevée du facteur $(1 - \frac{v}{V})^2$: mais alors le dénominateur des valeurs de Q se trouvera plus petit; ces valeurs seront trop fortes, et il faudra les affecter d'un coefficient fractionnaire. Le tâtonnement m'a fait voir que le facteur $\frac{0,9}{(1-\frac{v}{V})^{2\frac{1}{4}}}$ donnait des résultats aussi approchans qu'on pouvait le désirer pour les expériences du 5 septembre. D'après cela, j'ai calculé les nombres de la huitième colonne, par la formule

$$Q = \frac{0,9\,F\,v}{\pi.\,D^{1}\,(1-\frac{v}{V})^{2\frac{1}{4}}}$$

et l'on voit qu'ils s'accordent aussi bien qu'on peut le désirer avec ceux donnés par l'expérience.

Je répéterai à ce sujet, que les résultats de l'observation ne peuvent eux-mêmes être regardés que comme approximatifs: on n'en peut guère répondre à un 20e., et quelquefois même à un 10e. près: quoique je réglasse, avec autant de soin que je pouvais, l'ouverture de la vanne, comme je la mesurais avec un pied-de-roi ordinaire, dans une position assez gênante et assez promptement; il est souvent possible que je me sois trompé de plus d'un quart de ligne, sur une mesure qui n'était le plus fréquemment que de 6, 8, 10 lignes. La hauteur de l'eau derrière la vanne, était encore plus difficile à prendre, le fluide éprouvant une petite fluctuation, qui faisait alternativement baisser et hausser le niveau de 3, 4, et même 6 lignes. La détermination des vitesses est également susceptible de quelques erreurs, sur-tout dans les 4 premières expériences où nous déterminions, en nombres ronds, le nombre de tours que la roue faisait dans une minute: dans la suite, nous avons compté le nombre de secondes qu'elle employait à faire quatre ou cinq tours, etc. Malgré ces causes inévitables d'irrégularité, on ne peut s'empêcher de voir que les dépenses en eau motrice suivent une certaine loi; et que cette loi est, à très-peu près, celle que j'ai assignée.

J'ai été étonné de l'accord qui règne entre les résultats du calcul et ceux de nos observations, sur-tout de celles où la charge étoit un peu considérable; et ce sont celles qui offrent le plus d'intérêt, sous le rapport de l'application à la pratique. L'anomalie qu'une d'elles, la neuvième, présente doit être entièrement imputée à une erreur d'observation: en effet, dans l'expérience n°. 11, la vitesse et la charge sont à peu près les mêmes; l'effet produit ne diffère pas de $\frac{1}{40}$ dans les deux expériences: la quantité d'eau motrice devroit donc être sensiblement égale; la théorie indique même qu'elle devroit être un peu plus forte dans

l'expérience n°. 9 : cependant le Tableau la donne plus foible dans le rapport de 88 à 94. Ainsi, tout porte à croire qu'il y a ici une petite erreur d'observation, et que la quantité d'eau dépensée, dans cette expérience, a été de 0,095. m. cub.

Dans les expériences où la machine ne portoit point de charge, ou plutôt dans celles où elle n'a produit aucun *effet utile*, l'accord est moins satisfaisant, sur-tout dans les petites vitesses. Mais nous avons dit que ces cas intéressaient moins la pratique; et on n'en peut tirer aucune induction contre la théorie, vu que dans ce cas (des petites vitesses), la roue ne se meut que d'un mouvement très-inégal, et n'est plus dans les mêmes circonstances que lorsque son mouvement est sensiblement uniforme.

2°. Sur le rapport entre l'effet et l'eau dépensée.

63. Rappelons le résultat de la théorie, exposé n°. 55. L'équation

$$Q = \frac{Fv}{\pi D' \left(1 - \frac{v}{V}\right)^2}$$

nous indique que la quantité d'eau dépensée, Q, est en raison directe de l'effet produit Fv; en raison inverse d'une quantité, D', dépendant principalement de la grandeur du diamètre, et finalement en raison inverse du carré du facteur $\left(1 - \frac{v}{V}\right)$.

Dans la même roue et dans les vitesses moyennes, D' étant à peu près constant, la quantité d'eau dépensée sera proportionnelle à

$$\frac{Fv}{\left(1 - \frac{v}{V}\right)^2}$$

ou, en développant en série, à

$$F\left(v + 2\frac{v^2}{V} + 3\frac{v^3}{V^2} + 4\frac{v^4}{V^3} + \text{etc.}\right),$$

ce qui montre que la résistance F restant la même, la quantité d'eau dépensée croîtra dans un plus grand rapport que la vitesse v.

Voyons actuellement le résultat de l'expérience sur ce même rapport, et en général la corrélation qui existe entre l'effet produit et la quantité d'eau dépensée. Afin de la montrer, nous allons exposer, dans le Tableau suivant, la série des quantités d'eau indiquées dans la colonne VI; ainsi que celle des effets produits, et nous verrons si elles augmentent dans le même rapport : pour rendre la comparaison plus facile, je réduis toutes les séries à avoir l'unité pour premier terme.

Je distinguerai ici les expériences dans lesquelles la machine ne portoit aucune charge, c'est-à-dire, où il n'y avoit pas d'effet utile réellement produit, d'avec celles dans lesquelles il y en avoit. Je donnerai pour celle-ci, 1°. la série des quantités d'eau dépensées Q; 2°. celles des effets produits Fv, c'est-à-dire, des résistances F (col. III) multipliées par les vitesses v (col. IV); 3°. celle du produit de ces mêmes résistances par le carré des mêmes vitesses. Je me bornerai aux deux premières séries pour les autres expériences.

Expériences du 19 novembre.

N°. des exp.	Série des Q	Série des Fv	Série des Fv^2
1.	1,00.	1,00.	
2.	1,24.	1,17.	
3.	1,48.	1,45.	
4.	1,72.	1,69.	
5.	1,95.	1,95.	
6.	2,17.	2,16.	
7.	2,78.	2,56.	

Expériences du 5 septembre.

1.	1,00.	1,00.	
2.	1,49.	1,51.	
3.	1,02.	1,18.	
4.	1,52.	1,66.	
5.	1,00.	1,00.	1,00
6.	1,48.	1,49.	1,59
7.	1,88.	1,94.	2,02
8.	1,28.	1,53.	1,28
9.	2,62.	3,11.	2,76
11.	2,81.	3.04.	2,84
12.	3,13.	3,33.	3,39

L'on voit, par ce Tableau de comparaison, que dans les expériences où la machine n'avoit point charge, sur-tout dans celles du 19 novembre, l'effet produit a été sensiblement proportionnel à la quantité d'eau motrice; mais que dans celles où la machine étoit chargée, cette même quantité suivoit plutôt le rapport des résistances multipliées par le carré des vitesses : c'est-à-dire, que la résistance étant la même, l'eau motrice croissait

dans un plus grand rapport que celui de la première puissance de la vitesse. Résultat conforme à celui de la théorie.

J'ai cherché, par une suite de tâtonnemens, quelle était, dans nos expériences, la puissance x entière au fractionnaire, et le coefficient α qu'il fallait prendre, pour obtenir une expression analytique de Q, assez exacte pour la pratique; et de cette forme $Q = \alpha F v^x$. Mais, outre que mes expériences n'étaient pas assez multipliées pour me donner des résultats généralement applicables, de nouvelles occupations m'ayant forcé d'interrompre ce travail, et empêché de mettre la dernière main à ce Mémoire, je ne rendrai pas compte de mes recherches.

64. Je me bornerai à observer que la quantité d'eau nécessaire pour produire un effet quelconque Fv, est donnée, avec une exactitude suffisante pour la pratique, par l'équation Conclusion.

$$Q = \frac{Fv}{\Pi D' \left(1 - \frac{v}{V}\right)^2}$$

ou mieux encore, pour les machines ordinaires des mines

$$Q = \frac{0,9\, Fv}{\Pi D' \left(1 - \frac{v}{V}\right)^{2\frac{1}{4}}}$$

dans lesquelles

Q = quantité d'eau cherchée.
F = somme des résistances vaincues.
v = vitesse de la roue.
Π = poids d'un cube d'eau ayant l'unité de mesure pour côté (100 myr. dans le système métrique).
$D' = 2R - (a + b)$.
$V = \sqrt{2g(D' + h)}$.

R = rayon de la roue (moins les $\frac{2}{3}$ tiers de la profondeur des augets).

a = différence de niveau entre la sommité de la roue et le point où elle reçoit l'eau.

b = différence de niveau entre le bas de la roue et le point où l'eau quitte les augets.

h = différence de niveau entre le point d'où l'eau tombe et celui où elle atteint la roue.

g = action de la gravité. = 9,8088 met.

Quant à la valeur de F, elle est donnée par la formule

$$F = S\,\frac{\sin.(c+d)}{\sin.\left\{(a+b)-(c+d)\right\}}$$

$$+\frac{2r^2v^2}{3\pi R^3 g}\left\{\frac{(1,5\,M+E)E}{3\,M+E}+\frac{(1,5\,M+E+G)(E+G)}{3\,M+E+G}\right\}$$

dans laquelle

$S = \sqrt{L^2+2\,LP'\sin.a+P'^2}$,

$L = \sqrt{N^2+4\,T^2}$,

N = poids de la roue.

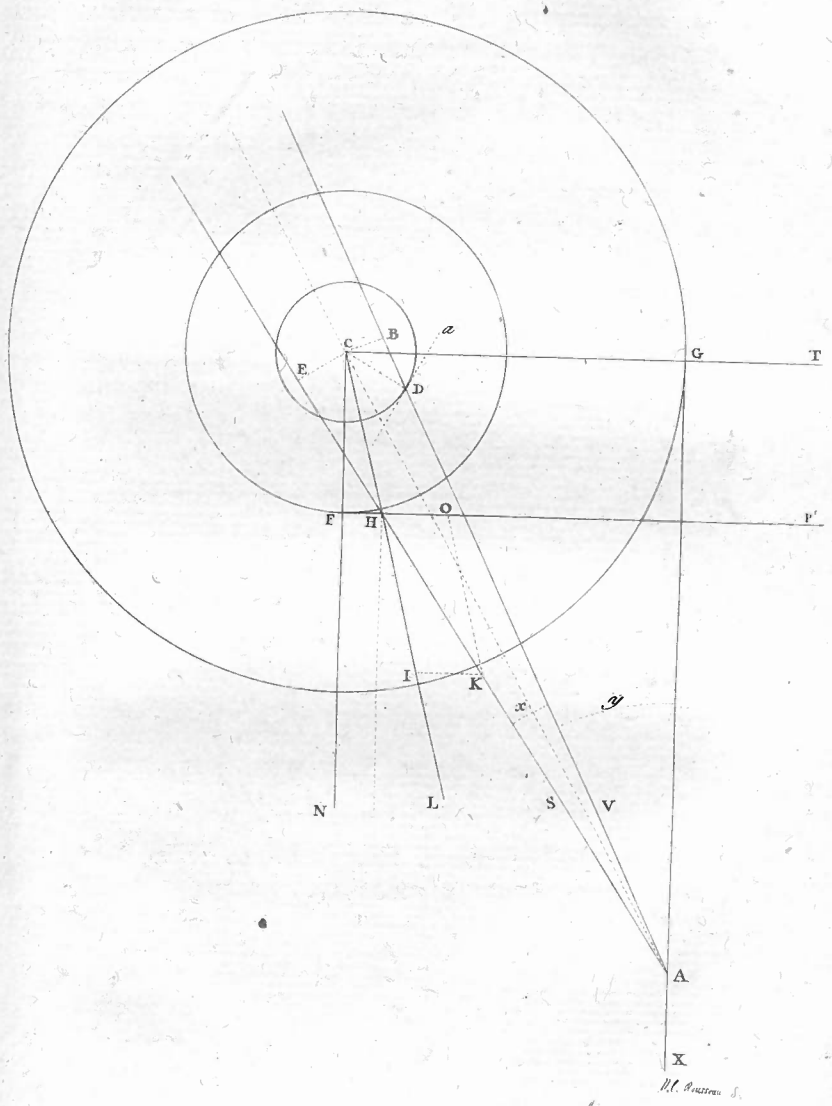
T = poids de chacun des deux tirans verticaux.

$P' = \frac{1}{2}P(1+\varphi)$.

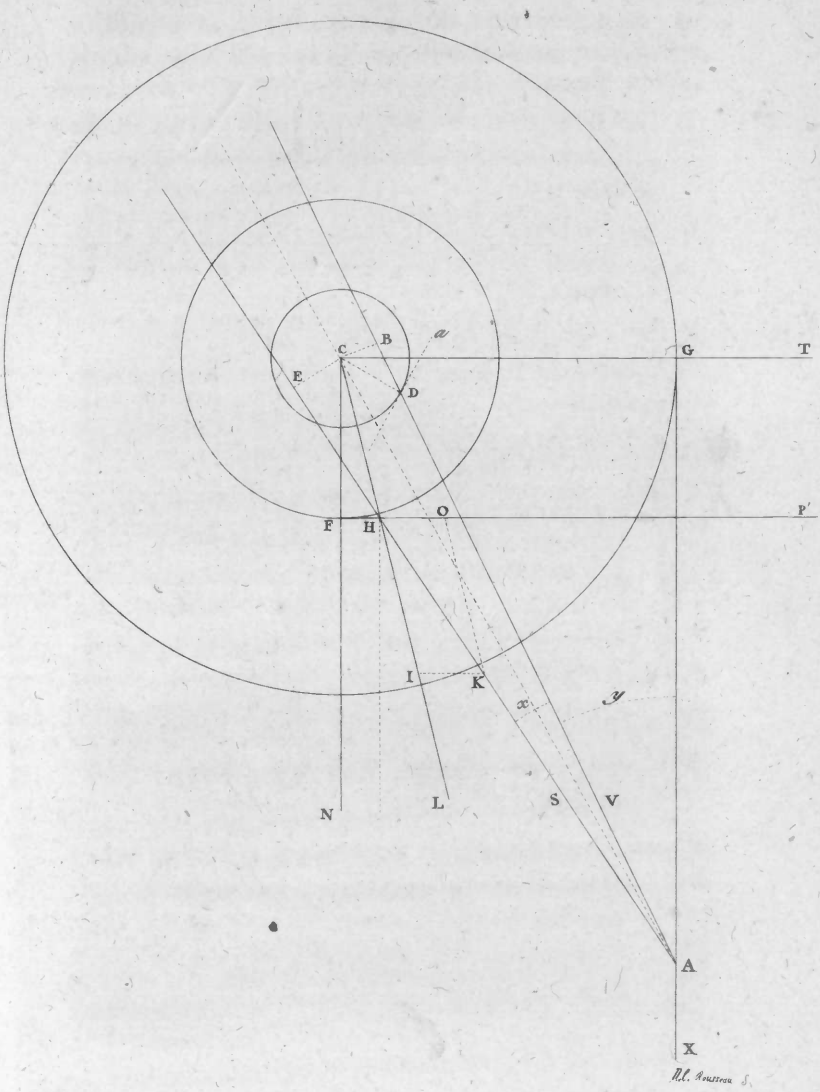
P = charge de la machine, ou poids porté par un tirant.

φ = nombre qui exprime de combien P doit être augmenté à raison des frottemens, provenant

MACHINES HYDRAULIQUES.



MACHINES HYDRAULIQUES.



provenant de la pression qu'il occasionne sur les diverses parties de l'attirail, depuis le point où ce poids est adapté, jusqu'aux tourillons de la roue exclusivement.

$$\text{Tang. } a = \frac{2T}{N}.$$

$$\text{Sin. } b = \frac{P'}{S} \text{ coss. } a.$$

$$\text{Tang. } c = \frac{\delta \text{ sin. } (a+b)}{R + \delta \text{ coss. } (a+b)}.$$

$$\text{Sin. } d = \frac{\text{sin. } c. \, r' \text{ coss. } e}{\delta}.$$

$$\delta = \frac{P'}{S} \cdot \frac{2r}{\pi}.$$

e = angle du frottement.

r = rayon du cercle décrit par la manivelle.

r' = rayon du tourillon de la roue.

π = rap. du diam. à la circ. = 3,1416.

M = moment d'inertie de la roue, rapporté à l'extrémité de la manivelle.

E = masse de la machine (la roue exceptée) à mouvoir rapportée au même point que M, d'après la théorie des momens d'inertie.

b = masse de l'eau à mouvoir, rapportée au même point, d'après la même théorie.

Le développement et l'application de ces deux formules fondamentales de la dynamique des machines hydrauliques mues par le poids de l'eau, et telles qu'on les emploie dans les mines, a été développé dans le cours de ce Mémoire.

NOTE

Sur la valeur du coefficient des formules données par M. de la Place, *pour la détermination des hauteurs à l'aide du baromètre.*

Par M. Daubuisson (1).

Détermination des coefficiens.

M. de la Place a établi, qu'en regardant la pesanteur comme une force constante, une hauteur, x, était donnée par la formule

$$x = C(1 + 0{,}002\,(t + t'))\left\{\log. H - \log. h\left(1 + \frac{T - T'}{5412}\right)\right\},$$

et, qu'en ayant égard à la diminution de la pesanteur à mesure qu'on s'élève, elle l'était (sous le 50°. grade de latitude) par

$$x = C'\,(1 + 0{,}002\,(t + t'))$$

$$\left\{\left(1 + \frac{x}{a}\right)\left(\log. H - \log. h\left(1 + \frac{T - T'}{5412}\right)\right) + \frac{x}{a}\,0{,}868589\right\}:$$

dans lesquelles, H et h expriment les élévations du baromètre au bas et au haut de la hauteur à déterminer; t, t', T, T' les températures de l'air et du baromètre aux deux stations; a le rayon de la terre; et C et C' deux coefficiens constans, qu'on doit déterminer par

(1) Voyez le développement de ces formules dans le tome 19 de ce Journal.

l'expérience. (Le second C' est réduit au niveau de la mer.)

Des observations de M. Ramond, faites avec un soin particulier sur plusieurs montagnes, notamment sur le pic du midi, dont on connaissait la hauteur x, ayant donné les valeurs de H, h, T, T', t, t'; tout a été connu dans les deux formules, à l'exception de C et de C': d'après cela, on a conclu

$$C = 18393 \text{ mèt.}$$

et

$$C' = 18336.$$

Formules.

En appelant

D, la différence des logarithmes (logarith. H $- \log. h\left(1 + \frac{T - T'}{5412}\right)$);

τ, le facteur $(1 + 0{,}002\,(t + t'))$ relatif à la température,

m, le module des log. tabulaires $(0{,}4342945)$;

la première formule devient

$$x = C\,\tau\,D = 18393\,\tau\,D \ldots (A),$$

et la seconde, en dégageant x

$$x = \frac{C'\,\tau\,D}{1 - \frac{C'\,\tau}{a}(D + 2m)} = \frac{18336\,\tau\,D}{1 - \frac{18336\,\tau}{a}(D + 2m)} \ldots (B),$$

ou, à très-peu près

$$x = 18336\,\tau\,D\,\{1 + 0{,}00288\,\tau\,(D + 2m)\}.$$

M. de la Place, il est vrai, n'a donné que cette dernière (B) dans sa *Mécanique céleste*: la première (A) a été publiée par M. Ramond;

mais elle a été déduite des principes établis dans *l'Exposition du systême du monde*, et a été revue par l'illustre auteur de ce sublime ouvrage.

Méprise de quelques savans.

Quelques savans, ayant vraisemblablement perdu de vue la manière dont ces coefficiens avaient été déterminés, ont cru que 18336 m., qui est celui de la formule dans laquelle on a égard à la variation de la pesanteur, était également celui des formules, où la pesanteur est considérée comme constante et partout égale à ce qu'elle est au niveau de la mer : ils ont, en conséquence, regardé le facteur complexe $\{1+0{,}00288\tau.(D+2m.)\}$ comme n'exprimant que l'effet de la diminution de la pesanteur à mesure qu'on s'élève; et ils ont donné pour formule, dans les cas où l'on ne tiendrait pas compte de cette diminution,

$$x = 18336\,\tau\,D$$

au lieu de

$$x = 18393\,\tau\,D.$$

Ce qui, comme on le voit par la simple comparaison des coefficiens, donne des erreurs de plus de 5 mèt. sur des hauteurs de 1800 m. : erreurs bien au-dessus de celles inévitables dans la pratique, et qui, en atténuant le mérite des formules de M. de la Place, font attribuer, à la variation de la pesanteur, des effets beaucoup plus grands que ceux qu'elle est réellement en état de produire.

Estimation de l'erreur commise en regardant la pesanteur constante.

J'ai trouvé, par le calcul que je vais indiquer, que *l'erreur que l'on commet, dans la mesure d'une hauteur, en regardant la pesanteur prise au niveau de la mer comme constante, est,*

à très-peu-près, à cette hauteur, comme cette même hauteur est au rayon de la terre. En effet, soit P le poids d'une colonne de matière incompressible, et dont les molécules sont soumises à l'action de la pesanteur regardée comme constante; P' celui d'une pareille colonne, mais dont les molécules sont soumises à la pesanteur variable; x leur hauteur commune, g la pesanteur au niveau de la mer; g' celle en x. On aura (les densités et les bases des colonnes étant égales)

$$P : P' :: \int g\,dx : \int g'\,dx.$$

Puisque la pesanteur diminue en raison inverse du carré des distances au centre de la terre, on a

$$g : g' :: (a+x)^2 : a^2$$

ou, à cause de $\frac{x^2}{a^2}$ extrêmement petit,

$$g' = g\frac{a^2}{a^2+2ax} = g\frac{1}{1+\frac{2x}{a}} = g\left(1-\frac{2x}{a}\right).$$

Mettant cette valeur de g', dans la proportion ci-dessus; intégrant et réduisant, je trouve

$$P : P' :: x : x - \frac{x^2}{a}.$$

Les poids, ou densités moyennes, de deux colonnes d'air, qui seraient dans le même cas, que celles désignées par P et P', doivent, *à très-peu de chose près*, suivre le même rapport; et comme, en général, les hauteurs de deux colonnes d'air du même poids, c'est-à-dire indiquées par le même abaissement du baromètre, sont en raison inverse de leur densité moyenne, si x représente une hauteur déter-

minée dans la supposition que la pesanteur est constante et partout égale à g, $x + \frac{x^2}{a}$ (1) représentera la hauteur correspondante au même abaissement du mercure, en ayant égard à la diminution de la pesanteur. Ainsi la différence $\left(\frac{x^2}{a}\right)$, ou l'erreur provenant de la supposition, sera, comme nous l'avons annoncé, le quatrième de la proportion $a : x : x : \frac{x^2}{a}$.

Je remarquerai que cette différence est la moitié de celle qui existe entre la pesanteur au niveau de la mer, et celle au haut de la colonne; puisque ces deux pesanteurs sont entr'elles comme

$$(a + x)^2 : a^2 \text{ ou } x + \frac{2x^2}{a} : x.$$

Un simple aperçu faisait voir que cela devait à-peu-près être ainsi.

Il suit de ce que nous venons de dire que les plus grandes hauteurs qui existent sur le globe (le Chimboraço) n'étant pas la millième partie du rayon terrestre; l'erreur que l'on commettrait dans leur mesure, en regardant la pesanteur comme ayant partout la même intensité qu'au niveau de la mer, ne serait pas d'un millième. Pour une hauteur de 1800 m., elle sera de 5 décimètres et non de 5 mèt.

Le coefficient 18393 m. n'est pas, il est vrai, tout-à-fait celui qu'on doit prendre, lorsqu'on suppose la pesanteur toujours égale à ce qu'elle

(1) Tous les termes qui renferment $\left(\frac{x}{a}\right)^2$ pouvant être négligés sans qu'il en résulte aucune erreur, nous transformons le rapport $x - \frac{x^2}{a} : x$ en $x : x + \frac{x^2}{a}$.

est au niveau de la mer : ayant été déterminé de manière à donner exactement une hauteur de près de 3000 m. au-dessus de l'Océan (celle du pic du midi); il est affecté de l'action de la pesanteur telle qu'elle se trouve aux hauteurs de 14 à 1500 m. Mais par cela même, il convient encore mieux à la formule $x = C.\tau.D$, lorsqu'on l'emploie pour avoir la hauteur des montagnes : il est en partie corrigé de l'erreur provenant de la supposition que la pesanteur est une force constante; et je me suis assuré, par le calcul, qu'en le faisant servir à la mesure de toutes les hauteurs, depuis le niveau de la mer jusqu'à 4000 mèt. d'élévation, les valeurs de x qu'il indiquait ne différaient pas de 4 décimètres, des hauteurs véritables, c'est-à-dire, de celles conclues de la formule (B). Ainsi, c'est à ce coefficient qu'il faut se fixer lorsqu'on veut regarder la pesanteur comme constante.

Vrai coefficient de la formule (A) réduit au niveau de la mer.

Pour déterminer celui qu'il faudrait employer, en supposant partout à la pesanteur la même intensité de force qu'au niveau de la mer, j'ai fait usage des deux formules (A) et (B) de M. de la Place. J'ai pris deux stations; l'une au niveau de la mer, où le baromètre était supposé se tenir à 0,763 m., et l'autre en un point où cet instrument était à 0,762 m.; la température étant, à l'une et à l'autre, de 15°. : j'ai trouvé, par la formule (B), que la hauteur x, ou différence de niveau entre les deux stations, était de 11,09834 m. J'ai pris ensuite la formule (A)

$$x = C..D$$

qui est rigoureusement applicable à ce cas;

puisqu'à la petite hauteur de 11 m., la pesanteur n'a pas sensiblement varié, du moins assez pour affecter d'une unité le 6e. chiffre du coefficient, et qu'il faut se borner aux 5 premiers. Mettant dans cette formule, à la place de x, la valeur trouvée par la formule (B), on a C, ou coefficient au niveau de la mer, égal à

18384,8 ou 18385 mèt.

D'après ce que nous avons dit plus haut sur l'effet de la diminution de la pesanteur, on peut, à peu de chose près, établir pour formule générale

$$x = 18385\ \tau\ D\left(1 + \frac{18385\ \tau\ D}{a}\right)$$

ou

$$x = 18385\ \tau\ D\ (1 + 0{,}00289\ \tau\ D)\ (1).$$

Le facteur complexe exprime ici l'effet de la diminution de la pesanteur, à partir du niveau de la mer : on le négligerait, si on voulait regarder la pesanteur comme constante.

(1) Les résultats de cette formule ne diffèrent pas d'un dix millième de ceux de la formule (B). Différence qu'on peut estimer nulle dans la pratique.

ERRATUM.

Page 199, *lig.* 2, $\frac{Q'nr^{v}}{r}$; *lisez* $\frac{Q'nr^{v}\pi}{2r}$; expression susceptible d'une détermination plus rigoureuse.

JOURNAL DES MINES.

N°. 124. AVRIL 1807.

RECHERCHES

SUR DIFFÉRENS PRODUITS VOLCANIQUES,

Par M. P. Louis Cordier, Ingénieur des Mines.

Etant sur le point de publier la description de plusieurs contrées volcaniques, je me suis aperçu que nos connaissances générales sur les matières rejetées par les feux souterrains, étaient incomplètes à plusieurs égards. Je me suis dès-lors occupé de remplir les lacunes. Quelques-unes de mes recherches ne sont pas encore terminées ; mais les autres m'ont conduit à des résultats satisfaisans : je vais rendre compte de ces dernières, en suivant tout simplement l'ordre dans lequel elles ont été faites.

§. I.

Des sables ferrugineux volcaniques.

Ces sables proviennent du lavage des terrains volcaniques : on les trouve dans le lit des ruisseaux et des rivières, au bord des lacs et sur

les rivages de la mer, voisins des volcans. Certaines plages en offrent des amas assez considérables pour qu'on ait été tenté d'en faire un objet de spéculation, et de les traiter comme les mines de fer ordinaire.

Il est rare de rencontrer ces sables parfaitement purs : ils sont communément mêlés avec les détritus des laves, et sur-tout avec des grains amorphes ou cristallisés de feldspath, de pyroxène, de mica, d'amphibole, de grenat noir et d'amphigène, auxquels se joignent par fois le corindon, le zircon, le spinel et le titane scilicéo-calcaire (1). On sépare facilement le sable ferrugineux à l'aide du barreau aimanté. Il se présente alors avec les propriétés suivantes.

Les grains sont communément très-fins, leur diamètre atteint rarement 4 ou 5 millimètres ; la plupart ont une figure anguleuse irrégulière ; les autres affectent constamment la forme d'un octaèdre régulier ou émarginé.

Leur couleur est noire, ainsi que celle de leur poussière : ils sont parfaitement opaques ; leur surface offre l'éclat métallique passant à l'éclat vitreux ; quelquefois elle est terne, ou salie par des particules terreuses adhérentes.

Ils ne rayent pas le verre, et cèdent facilement à la percussion.

(1) On ne sera pas étonné de voir figurer cette dernière substance parmi les détritus volcaniques, si on se rappelle que j'ai annoncé sa présence dans les laves du Mont-d'Or, il y a près de quatre ans. J'ai prouvé d'ailleurs dans un Mémoire adressé l'année dernière à la Société philomatique, que la séméline de M. Fleuriau de Bellevue, n'était qu'une variété du titane siliceo-calcaire.

Leur cassure est nette, ordinairement brillante, et parfaitement conchoïde : on n'y aperçoit aucun indice de structure lamelleuse.

Ils sont tous fortement attirables : quelques-uns jouissent même de la polarité.

La pesanteur spécifique du sable ferrugineux du Puy, s'est trouvée de 4,890. Celui de Ténériffe a donné 4,623, et celui de Niedermennich, près Andernach, 4,590.

Au chalumeau, les grains sont infusibles sans addition. Avec le borax, on obtient un émail noir, dont les très-petits fragmens sont d'un vert-noirâtre et demi-transparens.

On peut ajouter comme une dernière propriété assez remarquable, que le sable ferrugineux volcanique ne paraît pas susceptible de se décomposer spontanément.

On a confondu jusqu'à présent le sable magnétique des volcans avec le fer oxydulé. Il en diffère cependant, 1°. par une pesanteur spécifique moins considérable ; 2°. par une dureté plus grande ; 3°. et par l'éclat de sa cassure qui s'approche beaucoup de l'éclat vitreux. Ces différences s'appuient, comme on le verra ci-après, des résultats de l'analyse chimique.

On pourrait également confondre le même sable magnétique, avec le fer oligiste des volcans (1). Mais d'abord il est extrêmement rare de trouver cette dernière substance sous la

(1) Tous les minéralogistes connaissent les recherches cristallographiques extrêmement intéressantes, à l'aide desquelles M. Haüy a fixé, d'une manière rigoureuse, la véritable place que le fer sublimé des volcans devait tenir dans

forme arénacée ; ensuite la couleur rouge que prend sa poussière, suffirait pour la faire distinguer à l'instant.

J'ai choisi pour l'analyse, les variétés de sable volcanique attirable dont la pesanteur spécifique a été citée ci-dessus. Il est indispensable de rapporter quelques circonstances de leurs gissemens particuliers.

Le sable ferrugineux de Ténériffe a été recueilli sur la côte orientale près de Guimar : il y forme des bancs considérables. Les grains sont très-petits, brillans, et presque tous cristallisés. Ils sont mêlés avec des grains de feldspath translucide, de pyroxène noir ou vert, et de péridot d'un vert jaunâtre.

Le sable du Puy se rencontre au milieu des produits volcaniques les plus récens du département de la Haute-Loire : il est roulé par les ruisseaux qui coulent au pied d'un ancien cratère, qu'on nomme le mont *Amis* (1). Les grains sont assez gros, leur surface est terne, et leur

la méthode. Ce beau travail n'avait sûrement pas besoin d'être sanctionné par l'analyse ; mais voici ce que j'ai trouvé : le fer sublimé de Volvic est, ainsi que les deux variétés produites par l'avant-dernière éruption, composé d'oxyde de fer pur, au même état d'oxydation que le fer oligiste de l'île d'Elbe et de Framont. Je donne ceci comme un nouvel exemple de cette importante vérité, savoir que les résultats de la cristallographie devancent souvent ceux de la chimie.

(1) Ce cratère est dépouillé de végétation ; sa masse présente un énorme tas de scories rouges, en fragmens contournés, incohérens, qui se froissent et s'éboulent sous les pas. Ces scories renferment des zircons semblables à ceux qui accompagnent le sable magnétique.

forme rarement régulière. D'ailleurs ils sont dispersés dans un gravier composé de différentes variétés de lave basaltique, de feldspath, de pyroxène, de zircon, de péridot, et quelquefois de corindon bleu.

Le sable de Niedermennich a été ramassé au milieu des déjections pulvérulentes qui sont au Sud-Ouest d'Andernach sur la rive gauche du Rhin (1). Les grains sont assez fins, à surface terne, et presque tous régulièrement terminés. Ils sont accompagnés de détritus ponceux, de feldspath limpide, de pyroxène noir, de péri-

(1) Ces déjections s'étendent jusqu'au pied de deux magnifiques cratères, le *Bellenberg* et le *Hochsimmern*, dont personne n'a encore publié la description. L'existence de ces cratères est cependant un fait important, et je ne conçois pas comment elle a pu échapper à Forber, à Collini, et à plusieurs autres savans minéralogistes qui ont écrit sur cette contrée. Il est vrai que les deux montagnes sont éloignées des routes qu'on pratique ordinairement. Quoi qu'il en soit, voici l'esquisse de leur description.

Le Bellenberg et le Hochsimmern sont parfaitement isolés, et dominent tout le plateau volcanique environnant. Leur distance de l'Abbaye de *Lack* est d'un myriamètre S-O. Leur forme est exactement celle d'un cône tronqué un peu obliquement. Leur base peut avoir entre deux et trois kilomètres de contour. Leur hauteur excède 200 mètres. Ils se terminent tous deux par une coupe très-échancrée d'un côté. Leur composition n'offre absolument que des scories rouges ordinaires, en fragmens contournés, boursouflés, et déchirans au toucher.

Si j'insiste au reste sur ces détails, c'est que je connais les préjugés de plusieurs minéralogistes du Nord, qui toutes les fois qu'on parle de volcans éteints, imaginent toujours qu'on s'est mépris, et qu'on donne ce nom à de simples lambeaux basaltiques, semblables à ceux de leur pays.

dot d'un vert-jaunâtre et de titane-scilicéo-calcaire d'un jaune de miel.

Les trois variétés de sable magnétique ont été soumises à quelques épreuves préliminaires. On a reconnu qu'il fallait les traiter par la méthode suivante : je vais la décrire d'une manière générale, afin d'éviter les répétitions : elle ne diffère pas beaucoup, au reste, de celle qui a été employée par mon collègue et ami Collet Descostils dans l'analyse du sable de Saint-Quay.

Le sable a été d'abord pulvérisé grossièrement, lavé, séché et passé au barreau aimanté, afin de séparer toutes les particules hétérogènes adhérentes : il a été ensuite réduit en poudre fine. On a opéré sur cinq grammes, qui traités par l'acide muriatique, se sont entièrement dissous.

Après avoir évaporé la dissolution à siccité, on y a ajouté la quantité d'eau nécessaire pour dissoudre les sels, on a évaporé de nouveau, puis ajouté une nouvelle quantité d'eau et ainsi de suite à plusieurs reprises. Après cela, la dissolution concentrée a été abandonnée à elle-même pendant plusieurs jours : elle a laissé déposer une poudre d'un blanc jaunâtre. On a décanté. La liqueur a été de nouveau évaporée à siccité et traitée de la manière précédente, jusqu'à ce qu'on se soit aperçu qu'elle ne précipitait plus rien.

Les dépôts ont été successivement séchés et lavés avec de l'eau distillée. Il n'est pas inutile de dire que les eaux de lavage ont été réunies et traitées avec la liqueur pendant le cours de l'opération. On a enfin rassemblé les dépôts ; ils

ont été chauffés au rouge et pesés ; leur couleur avait pris une teinte orangée. Pour s'assurer de leur nature, on les a fondus avec du carbonate de potasse, et mis ensuite digérer dans l'acide muriatique. La dissolution s'est opérée sans résidu et en dégageant un peu d'acide muriatique oxygéné. Essayée par les réactifs, la liqueur a donné un précipité vert avec le prussiate de soude, un précipité d'un rouge orangé, par l'alkool gallique, enfin par l'ammoniaque un précipité blanc semblable à de l'empois.

La première dissolution muriatique a été ensuite reprise et mêlée d'ammoniaque en excès. Il s'est formé un précipité très-abondant, qui a été recueilli sur le filtre. La liqueur ammoniacale essayée, n'a fourni qu'une très-petite quantité d'oxyde de fer, dont il a été tenu compte.

Le précipité par l'alkali volatil, a été rougi, pesé, et traité par la voie sèche avec une quantité suffisante de potasse caustique. La masse bien fondue, a été lessivée. On s'est assuré de la pureté et du poids de cet oxyde, en l'examinant à part.

La lessive alkaline avait une belle couleur verte due à un peu d'oxyde de manganèse. Cet oxyde a été précipité par l'ébullition ; ensuite rougi et pesé.

On a employé l'acide nitrique pour saturer la lessive alkaline concentrée ; il s'est formé d'abord de très-légers flocons blancs qu'une plus grande quantité d'acide a redissous. La liqueur a été divisée en deux parties égales. L'une a été essayée par le nitrate de plomb pour

chercher l'oxyde de chrome ; le sable du Puy s'est trouvé seul en contenir quelques atomes. L'autre portion a été mêlée de carbonate de soude, ce qui a fait reparaître le précipité floconneux, qui était de l'alumine.

Voici les proportions des principes constituans reconnus par ces épreuves.

	Sable de Niedermennich.	de Ténériffe.	du Puy.
Oxyde de fer.	79,0.	79,2.	82,0.
Oxyde de titane.	15,9.	14,8.	12,6.
Ox. de manganèse.	2,6.	1,6.	4,5.
Alumine.	1,0.	0,8.	0,6
Acide chromique.		un atome.	
	98,5.	96,4.	99,7

L'analogie de ces résultats est frappante ; mais avant d'en tirer une induction générale, j'ai jugé convenable d'éprouver un plus grand nombre de sables ferrugineux volcaniques. La présence du fer dans ces sables étant suffisamment attestée par leur propriété magnétique ; l'alumine et le manganèse devant s'y trouver en très-petite quantité, il a suffi d'y chercher l'oxyde de titane. On a examiné à cet effet les variétés suivantes, savoir :

1°. Deux variétés recueillies à Ténériffe, et différentes par leur gissement de celle qui a été analysée. L'une provient d'un torrent qui coule au milieu des déjections scoriformes qui environnent la ville de la Laguna : elle est mêlée de pyroxènes noirs, de péridot vert-jaunâtre et de zircons d'un brun rougeâtre. L'autre a été prise au pied du cône qui termine le pic. On

trouve avec du feldspath limpide, du pyroxène noir, et quelques grains d'amphibole, de péridot, et de titane-scilicéo-calcaire.

2°. Trois variétés venant des volcans éteints de la rive gauche du Rhin : elles ne diffèrent de celle qui a été soumise à l'analyse que par le volume des grains et la localité. Elles contiennent également du feldspath limpide, du pyroxène noir, et du titane-scilicéo-calcaire.

3°. Une variété ramassée au Cap de Gattes en Espagne, dans le torrent de San-Pedro. Celle-ci est produite par le lavage d'une brêche volcanique ancienne, qui est en partie formée de scories rouges et noires, bien conservées.

4°. Six variétés provenant des volcans éteints de l'intérieur de la France. Voici les localités : *a* la base septentrionale du cratère de Louchaudière au Puy-de-Dôme : *b* la base occidentale du cratère de la Nugère : *c* le lit supérieur de la Dogne au Mont-D'or : *d* le lit du ruisseau qui coule à la cascade de l'Ecureuil dans la même contrée : *e* le ruisseau de la vallée de Fontanges au Cantal : *f* enfin la base des cratères qui environnent le lac du Bouchet dans la Haute-Loire. Les sables ferrugineux de ces différens endroits sont accompagnés de détritus de laves, de pyroxène noir, de feldspath limpide, et quelquefois aussi de péridot, de mica, et d'amphibole.

5°. Huit variétés recueillies au milieu des terrains volcaniques des États Romains ; en voici le détail : *a* le sable magnétique pris entre Albano et Rome est avec des amphigènes blancs demi-transparens, des pyroxènes noirs et des

fragmens de laves poreuses : *b* celui de Frascati est mêlé de grenats noirs, de pyroxènes de la même couleur, de feldspath limpide, de scories et de quelques corindons bleus : *c* celui qu'on trouve entre Frascati et Albano, ne présente aucun minéral étranger, que des pyroxènes verts, demi-transparens et cristallisés : *d* celui du lac Albano offre un semblable mélange, tantôt à gros grains et tantôt à petits grains : *e* on trouve également deux sortes de sable magnétique différentes par le volume des grains, au lac Bolsena ; mais elles sont indistinctement mêlées de pyroxène noir ou vert, de péridot jaunâtre et de feldspath blanc : *f* enfin le sable ferrugineux de Gensano près du lac Nemi, est accompagné de pyroxène, de feldspath, de mica brun, et de ponces grises. C'est à un très-habile observateur des volcans, M. Besson, que je dois la connaissance des six dernières variétés : j'ai ramassé moi-même toutes les précédentes.

6°. Deux variétés du Vésuve. La première couvre les plages du golphe de Naples, près de Pausilippe ; elle contient des pyroxènes noirs ou verts, du feldspath limpide et quelques péridots. La seconde est enlevée par les eaux pluviales aux déjections pulvérulentes qui sont au pied du Vésuve du côté de la Somma. Ces variétés m'ont été remises par M. Besson, ainsi que les suivantes.

7°. Une variété venant d'Ischia, l'une des îles Ponces.

8°. Une autre de Léonedo dans le Vicentin. Celle-ci accompagne les zircons découverts par Arduino, dans un aggrégat volcanique très-ancien.

9°. Une variété de St.-Pierre de la Martinique. Elle m'a été donnée par M. de Lametherie, qui la tenait lui-même de M. Fleuriau de Bellevue. Ce sable couvre une plage qui est bordée de laves en partie scorifiées.

10°. Enfin deux variétés qui appartiennent à l'Etna. Ces dernières ont été recueillies par Dolomieu : elles m'ont remises par M. de Drée. L'une se trouve dans le lit du torrent d'eau qui sortit de la bouche de l'Etna en 1755 ; le sable magnétique est disséminé en petite quantité et en parties très-fines au milieu d'un gravier à base de scorie noire ; l'autre est due au lavage des scories lapillaires qui couvrent la haute plaine de Nicolosi. Ces scories ont été rejetées par l'éruption qui a élevé le Monte-Rosso en 1669. Elles sont noires et vitreuses ; on y aperçoit quelques grains de pyroxènes noirs et des cristaux de feldspath d'un gris sale.

En résumant ces détails, on voit que ce sont dix contrées volcaniques très-distantes les unes des autres, qui ont fourni les matériaux dont on s'est proposé l'épreuve. Or tel a été le résultat, que sur 27 variétés de sables attirables dont on a simplement fait l'essai, il ne s'en est trouvé aucune qui ne contînt de l'oxyde de titane. La proportion de ce métal s'est montrée peu variable, puisqu'elle n'a pas excédé les limites de 11 à 16 p. °/°. Une donnée aussi constante ne laisse pas de doute sur l'identité des autres principes composans, elle s'accorde d'ailleurs avec les analogies qu'on peut établir sous le triple rapport d'origine, de gissement et de propriétés minéralogiques.

On peut donc avancer comme une conclusion

générale des expériences précédentes, *que les sables métalliques attirables des volcans sont tous de la même nature, et composés presqu'en totalité d'oxyde de titane et d'oxyde de fer.*

Cette combinaison naturelle, si remarquable par son origine et comme je le démontrerai bientôt, par le rôle quelle joue dans les matières rejetées par les feux souterrains, réclame une place dans les méthodes minéralogiques, ainsi qu'une dénomination spécifique particulière. Je la désignerai sous le nom de *fer titané* dans la suite de ces Mémoires.

ESSAI

Du Minerai de plomb de Montjean, *près de Vizille.*

Fait à la Fonderie impériale d'Allemont en Oisans; par M. Héricart de Thury, Ingénieur des Mines.

Le 19 juillet 1806, le sieur Coppier de Maille et compagnie envoyèrent à la fonderie d'Allemont, à l'effet d'y faire un essai en grand, 446 mgm. de minerai de plomb sulfuré argentifère, provenant des rebuts du triage des minerais de Montjean.

A Nature du minerai.

A l'examen de ce minerai, je le reconnus composé, 1°. de gangue quartzeuse; 2°. de fer spathique peu abondant; 3°. de fer oxydé; 4°. de plomb sulfuré argentifère et antimonifère; 5°. de cuivre gris argentifère; 6°. de zinc sulfuré; et 7°. de plomb arsenié, provenant de la décomposition de ce minerai.

B Essais du minerai.

1°. Un essai fait en janvier dernier m'avait donné 68 de plomb pour 100 de minerai trié et lavé, et 28 grammes d'argent par mgm. de plomb.

2°. L'essai de cuivre gris argentifère, également trié et lavé, m'avait donné 25 de plomb et 18 de cuivre pour 100. Le plomb d'œuvre obtenu contenait 33 grammes d'argent par mgm.

3°. Enfin l'essai du minerai, pris dans les rebuts du triage, donnait 52 de plomb pour 100, et 26 grammes d'argent par mgm. de plomb obtenu.

C Bocardage. Les 446 mgm. de minerai apportés à la fonderie furent bocardés à sec. Le bocard de la fonderie ne servant communément que pour les minerais des Chalanches, qui ne supportent aucun lavage.

D Lavage. La fabrique d'Allemont n'étant point dans l'usage de laver ses minerais, ainsi que je viens de le dire, et n'ayant par conséquent aucun lavoir, on fut obligé de construire une table allemande.

Le minerai de Montjean ayant été lavé avec soin, dans la première quinzaine du mois d'août, les 446 mgm. furent réduits à 360, d'où il suit qu'au lavage, il perdit un peu plus de 20 pour 100.

E Grillage. Ces 360 mgm. de schlich furent grillés dans les anciens fourneaux de grillage, de forme rectangulaire et à découvert. On leur donna trois feux successifs. Le premier fut poussé un peu trop vivement, et on trouva en l'abattant environ 12 kilogr. de plomb qui avaient coulé dans l'opération.

Le second fut plus ménagé que le premier; mais comme on le reconnut trop faible et insuffisant, on procéda au troisième grillage, auquel on apporta le plus grand soin. Après ce troisième feu, le minerai se trouva assez bien grillé; on le pesa, et on trouva qu'il avait perdu 7 pour 100, et qu'ainsi il était réduit à 333 mgm.

F Fourneau écossais. Les fourneaux de la fonderie se trouvant trop grands pour l'essai projeté, et consommant d'ailleurs une trop grande quantité de combustible, on fit construire un fourneau écossais,

au lieu et place de l'un des anciens hauts fourneaux.

On se servit pour sa construction, à défaut de plaques de fonte et de briques réfractaires, de grandes dalles de gneis ou roche micacée, employée communément pour la bâtisse et les réparations des fourneaux d'Allemont. Ces pierres, lorsqu'elles sont pures, résistent parfaitement au feu; mais lorsqu'elles contiennent quelques veines de quartz, elles éclatent, se fendillent et se vitrifient avec boursoufflement.

Le fourneau écossais construit pour la fonte, de forme rectangulaire et prismatique, avait 0,58 cent. de longueur, 0,42 cent. de largeur, et 0,62 cent. de profondeur ou hauteur, au-dessous de la trémie ou évasement du gueulard, qui avait 0,31 cent. de profondeur; ainsi, la hauteur totale était de 0,93 cent. La tuyère était à 0,12 cent. du fond ou de la solle. Le vide du ringard, au-devant du fourneau, avait 0,08 cent. de hauteur sur 0,50 cent de largeur, celle de la caisse. La table ou la solle se prolongeait en avant de 0,25 cent. pour faciliter la manœuvre de l'intérieur, la sortie de la matte et celle des crasses ou scories.

Comme la solle de ce fourneau était placée au-dessus de la caisse du bassin de fusion de l'ancien haut fourneau, et qu'ainsi elle se trouvait élevée de 0,75 cent. de hauteur, au-dessus du sol de la fonderie, on construisit de chaque côté, trois marches de 0,25 cent. de hauteur.

Au-dessous de la rigole de la coulée qui fut creusée de 0,03 cent. environ de profondeur dans la table de la solle, était le bassin de réception.

Enfin au-dessus du fourneau et du bassin on établit un grand manteau de cheminée, les recouvrant l'un et l'autre. Sa largeur était de 2 mèt. 58 cent. et sa profondeur de 1 mèt. 82 cent.

La caisse du fourneau fut construite de quatre grandes dalles de gneis, et une cinquième de 0,70 cent. de largeur, sur 0,80 cent. de longueur en formait la solle.

Quoique le chauffage ait été ménagé avec le plus grand soin, et que les pierres eussent été bien choisies, on eut cependant le désagrément de voir éclater celle du devant, pendant le chauffage. Malgré cet accident, elle se soutint parfaitement durant tout le tems de l'opération, au moyen de l'armure de fer dont elle se trouvait garnie.

G

Fonte du minerai.

Le 21 octobre à sept heures du matin, le fourneau fut chauffé pour la fonte d'essai qui devait avoir lieu sur 496 kilogr. de minerai grillé, environ dix quintaux poids de marc.

A huit heures on donna le vent et on commença à charger, la première charge fut de deux petites conques du poids de sept kilogr. chacune et d'un tiers de van de charbon ou de 8 kilogr.

1°. La fonte s'annonça parfaitement, et la fusion se manifestant au bout de huit minutes, on jeta la seconde charge à huit heures 20′ : elle était comme la première de 14 kilogr.

On continua les charges de 20 en 20 minutes, en les forçant peu-à-peu en minerai ; ainsi les troisième et quatrième furent de 15 kilogr. chacune, les cinquième et sixième de 21 kilogr. chaque, ou de trois petites conques, avec quelques

ques pelles de mattes et de scories déjà obtenues ; enfin les septième et huitième furent de 22 kilogr. chacune, et de débris de mattes et de scories.

A 10 heures 40′, ayant passé en huit chargemens 144 kilogr. de minerai et quatre vans ou 90 kilogr. de charbon, y compris celui du chauffage, le bassin de réception se trouva plein. On ôta le vent et on procéda à la coulée, qui fut de cinq barres ou de quarante huit kilogr. de plomb.

2°. Après la coulée le fourneau fut nettoyé ; on s'aperçut que la table ou la solle avait éclatée et qu'elle était fendue ; néanmoins, comme le plomb et la matte en avaient rempli tous les vides et les fêlures, lorsqu'on eut enlevé toutes les crasses, on procéda à un nouveau chargement, qui commença à onze heures 10′. Il ne fut d'abord que de deux petites conques de minerai et d'une de débris de scories et de mattes. Le fourneau les ayant promptement passés, on lui rendit les trois conques de minerai dès le second chargement, ajoutant à chacun de ceux qui le suivirent, une conque de mattes environ. Les chargemens avaient lieu à 25′ environ d'intervalle.

A trois heures 45′ et après onze chargemens, comprenant 178 kilogr. de minerai et le reste en mattes, contre 85 kilogr. de charbon, on fit une seconde coulée ; elle donna six barres de plomb pesant soixante-neuf kilogr.

3°. Le fourneau soutenant bien ses fonctions, on continua ses chargemens de trois conques de minerai, y ajoutant chaque fois deux conques de mattes environ.

A sept heures 30′ tout le minerai se trouva épuisé. Depuis la seconde coulée, on avait passé, en onze chargemens, 174 kilogr. de minerai avec 85 kilogr. de charbon. Le bassin de réception était plein, on coula et on obtint six barres de plomb ou 68 kilogr.

4°. Le fourneau était fortement encroûté, on jugea à propos de le mettre bas pour enlever les mattes adhérentes à ses parois, et à la solle. Cette opération qui fut pénible et difficile dura 45′, au bout desquelles on repassa toutes les mattes concassées, en quatre chargemens avec 45 kilogr. ou environ deux vans de charbon.

A neuf heures 10′ enfin le fourneau ne rendant plus de plomb, mais simplement des scories et des matières vitrifiées, on le laissa tomber et on coula le plomb qui se trouvait dans le bassin, il donna une barre et demie ou vingt-sept kilog.

Ainsi dans les quatre coulées, les 496 kilogr. de minerai de Montjean, fondus avec environ cinq charges de charbon, ont produit :

Numéros des coulées.	Plomb d'œuvre obtenu.	Quantité de minerai fondu.	Quantité de charbon.
1°. .	48 kilog. .	144 kilog. .	90 kilog.
2°. .	69. . . .	178. . . .	85
3°. .	68. . . .	174. . . .	85
4°. .	27. . . .	Repassage des mattes. . .	45
Totaux.	212. . . .	496. . . .	305

Ces 212 kilogr. de plomb obtenu de la fonte des 496 myriagrammes, reviennent à 43 pour 100, mais en considérant l'état de la solle, celui de la pierre de devant du fourneau, et la quantité de plomb qui s'est infiltrée dans leurs fentes et fêlures, nous avons estimé, avec autant de vraisemblance que de probabilité, que le minerai aurait dû produire au moins 48 pour 100, résultat qui ne s'éloigne pas absolument de celui obtenu dans l'essai *B*, n°. 3.

H Essais et richesse en argent.

1°. Les échantillons d'essais pris sur les quatre coulées ayant été fondus et réunis pour en faire un seul essai, et reconnaître la richesse moyenne en argent des 212 kilogr. de plomb d'œuvre, nous avons trouvé 270 grammes pour 100 kilogr. ainsi les 212 kilogr. de plomb, obtenus du minerai de Montjean, contenaient en tout 572 gr. d'argent.

2°. Les 12 kilogr. de plomb obtenus dans la fusion du premier grillage furent réunis en un culot, et à l'essai nous trouvâmes, avec surprise, qu'il était plus riche que le plomb de la fonte. Il contenait 320 grammes pour 100 kilogr. ou 38 grammes d'argent pour les 12 kilogr. de plomb.

Observations.

I. Le minerai de Montjean, tel qu'il avait été apporté à la fonderie, avait donné 26 grammes d'argent par myriagramme, dans l'essai *B*, n°. 3; celui du plomb d'œuvre obtenu dans la fonte a donné 27 grammes d'argent par myriagrammes de plomb ou 270 grammes par 100 kilogr. D'où il suit que loin d'éprouver aucune perte d'argent dans l'opération, il paraît qu'elle a au-

contraire été encore plus exacte que l'essai du laboratoire.

II. La quantité de plomb obtenue dans cette fonte diffère de celle indiquée par le même essai (*B* n°. 3), puisqu'au lieu de 52 de plomb pour 100, nous n'avons obtenu que 43 ; mais à cet égard, j'observe, 1°. que le minerai n'avait pu être parfaitement lavé, et qu'il contenait encore une assez grande quantité des gangues diverses auxquelles il était associé ; 2°. que la différence ne peut être due en grande partie qu'au plomb infiltré dans les fentes et fêlures des dalles de gneis composant le fourneau, puisque après l'opération, on en a retiré plus de 3 kilogr. et qu'il en est resté davantage, qu'on n'aurait pu recueillir qu'en abattant ou démolissant le fourneau ; et 3°. que le minerai apporté à la fonderie était le rebut des triages faits par la compagnie Coppier de Maille, qui avait vendu aux potiers tout ce qui paraissait pouvoir leur convenir.

III. Enfin, d'après le succès de la fonte, on peut présumer, avec assez de probabilité, que si le fourneau avait été construit en bons matériaux et le minerai un peu moins ingrat, on aurait obtenu à très-peu de différence, le même résultat que dans les essais du laboratoire.

DESCRIPTION

*De la Manufacture de Porphyre d'*Elfredalen *en Suède.*

Par T. C. Bruun-Neergaard, Danois.

La manufacture de porphyre d'Elfredalen est un grand bienfait pour les contrées où elle a été établie. Les habitans de cette commune sont pauvres ; les bois, qui faisaient autrefois une grande partie de leur richesse, sont aujourd'hui presque anéantis par le peu de soin qu'on en a pris ; en semant le blé, en plantant la pomme de terre, les habitans ne savent pas si des gelées prématurées ne les empêcheront pas de faire la récolte, et ne les forceront pas de se nourrir la moitié de l'année de pain fait avec l'écorce du sapin.

Cette manufacture est située dans la commune d'Elfredalen, à vingt-huit lieues au nord des mines de Fahlun. Le prevôt Erick Nasman fut le premier qui trouva le porphyre ; découverte qui au fait n'était pas bien difficile, puisque toutes les montagnes ne sont composées que de cette matière. Si nous avons des défauts que nos ancêtres n'avaient pas, au moins nous sommes meilleurs observateurs qu'eux ; nous cherchons à connaître et à tirer parti des objets qui nous entourent.

D'après la description que nous en donne ce prevôt, il paraît que la carrière de *Klittberget*

a été la première exploitée. L'Ecole des Mines la fit examiner en 1731. Tilas et Cronstedt en font mention dans leurs ouvrages. On se contente quelquefois d'avoir fait une découverte, et l'on oublie d'en faire usage. Tel fut le sort des carrières de porphyre d'Elfredalen. La famine qui régna dans ces contrées en 1772 et 1773, donna lieu au patriote Comte de Bjelke, de penser que le porphyre pouvait présenter des moyens pour adoucir le sort des malheureux habitans. On y fit à cet effet un voyage en 1785; et le Major Nordval fit tourner et polir un vase de cette matière.

Ce porphyre est d'un beau rouge foncé, avec des taches blanches plus ou moins grandes; si je ne me trompe pas, c'est le porphyre à base de feld-spath du célèbre Werner; il est plus dur que le porphyre antique, et prend un plus beau poli. On en exploite trois carrières.

1. *Blyberg*, à trois lieues et demie de la manufacture, n'est qu'à une demi-lieue de la grande route. Cette carrière a vingt à vingt-quatre pieds de hauteur. On en a extrait les plus grands blocs, comme celui pour le piedestal de la statue pédestre de Gustave III, qui a douze pieds de haut. L'extraction et la première taille de chaque pied cube coûte environ 15 fr.

Il est extraordinaire de voir que les morceaux extérieurs de ce porphyre ont moins de fentes que les parties intérieures. Ce fait est contraire aux observations qu'on a faites dans les carrières de marbre et autres.

2. *Ranaserne;* cette carrière n'est plus exploitée.

3. *Klittberget;* qui donne la plus belle matière, mais qui n'a pas encore pu fournir d'autres pièces que pour de petits ouvrages.

Les montagnes sont composées en haut d'une grande couche de porphyre, après laquelle en suit une d'une brèche porphyrique composée de morceaux de porphyre et de jaspe; en bas est une couche de pétro-silex qui, au commencement, est d'un grain fin qui devient ensuite plus gros.

On a fait quelques plaques de tables et quelques vases d'une grande masse étrangère qu'on y a trouvé isolée, et qui est d'un granite gris avec des taches de fer: on a trouvé aussi des cailloux roulés d'un porphyre verdâtre, dont on a pu faire quelques petits ouvrages.

Le Comte de Bjelcke fonda en 1788 cette manufacture, qu'on partagea en quinze cents actions à 30 francs; on y a fait trois fois des supplémens. On a diminué le nombre des actions, qui n'est maintenant que de cinq cent soixante-dix-neuf. La somme des avances monte actuellement à 100,000 francs. M. Hagstrom, qui avait fait à *Woxna-Bruke*, en petit, un modèle d'une machine pour tailler et polir le porphyre, fut nommé directeur de ce nouvel établissement.

Les bâtimens destinés à travailler le porphyre se trouvent autour de la maison du directeur.

1. *L'ancienne maison pour polir*, qu'on a érigée il y a environ seize ans, est composée de deux étages. Tout est mis en mouvement par une roue hydraulique et des rouages ordinaires. Le frottement, qui est si nuisible dans les autres machines, est ici employé avec grand avantage, par le moyen de divers rouleaux. Au

premier étage, on sèche et nettoie l'émeril, et huit différens ateliers y sont établis pour forer, tourner et polir. Au second étage, on fait seize ouvrages différens. Il y a un banc pour polir, huit chaises à polir, deux tours simples et deux doubles. Quoique ces machines pour polir aient été employées depuis très-long-tems, elles n'ont été assujéties à aucune réparation importante. On admire en voyant l'ensemble des opérations, qu'elles s'exécutent avec aussi peu de bruit et d'appareil.

Plus bas, sont placées deux maisons pour le sciage des pierres. Dans chaque bâtiment, il y a une roue hydraulique ; le mouvement de chaque roue sert à débiter deux blocs de porphyre à la fois. Dans le premier bâtiment, les blocs sont divisés en douze plaques, à l'aide de onze lames d'acier. Dans le second, on emploie quatorze lames pour tirer quinze plaques. Les lames doivent être d'un acier faiblement trempé. Le sciage va nuit et jour, et se fait par un sable grossier qui contient beaucoup de parties porphyriques. Plus il y a de plaques à scier à la fois, plus le travail va lentement. Quand il n'y en a que quatre à cinq, à peine peut-on scier la dix-huitième partie d'un pouce en vingt-quatre heures.

2. *La nouvelle maison pour polir*, est plus grande et plus commode que l'ancienne. Elle est formée sur les mêmes principes ; mais tous les ouvrages humains sont susceptibles d'amélioration.

Au premier étage : 1. Deux ateliers pour des urnes, composés chacun d'une machine à ferrer, d'un chariot à polir et de deux tours. Deux garçons et deux apprentifs peuvent y faire neuf travaux. 2. Deux ateliers pour faire des vases; deux machines à forer et deux tours; deux garçons et deux apprentifs peuvent conduire huit ouvrages. 3. Un atelier pour forer de grands et de petits objets. Une personne seule peut administrer tout. 4. Une machine pour polir des plaques. 5. Une autre pour moudre l'émeril.

Au second étage, on fabrique de petites urnes, des vases pour servir le beurre, des mortiers, etc. : voici les détails des ateliers : 1. Trois ateliers composés chacun d'une machine à forer et d'un double tour ; six personnes y font neuf ouvrages. 2. Trois autres ateliers ; chacun a sa machine à forer et un simple tour ; trois personnes produisent six ouvrages. 3. Les machines pour polir des petites rondelles cylindriques et des socles ; elles consistent dans deux *fusées* perpendiculaires sur une plaque de plomb horizontale. Ici un garçon et un apprentif qui ont en même-tems l'inspection. 4. Une machine pour polir sur les angles. 5. Les ateliers pour polir et pour faire des facettes ; on y fait des sallières, des pommes de cannes, et on leur donne le dernier poli. Sous les toits une machine pour polir des petites rondelles et d'autres objets pareils. Dix-huit pièces sont mises en mouvement d'une fois. Dans la maison entière, trente à quarante ouvrages sont faits dans ce moment par treize personnes. Si un jour le débit, ce qui serait à désirer, nécessitait de mettre tout en mouvement, vingt-deux personnes pourraient faire soixante ouvrages.

En voyant comment l'une des machines peut être arrêtée et mise en mouvement, sans que cela influe sur celui des machines voisines, on ne peut s'empêcher d'admirer les inventions mécaniques comme les plus beaux ouvrages de l'homme, et de savoir gré à ceux qui s'occupent de cette science si utile à leurs semblables.

On se sert de l'émeril pour le poli grossier et pour le poli fin du rouge d'Angleterre.

Une urne est composée de cinq différentes pièces qui sont réunies avec de la cire d'Espagne. On travaillait, quand j'y étais en 1803, à un monument pour le Comte de Bade, et à un autre pour le Comte de Moerner.

Il faut vingt-cinq fois plus de tems pour scier le porphyre de ce pays que pour scier le marbre ordinaire.

La grande maison à polir, qui a été construite pour le piédestal de Gustave III, sert à présent pour polir de grandes plaques.

A une lieue de la manufacture, il y a deux autres chantiers de sciage; on y peut scier seize plaques.

Hagstrom pense à une nouvelle machine à polir, par le moyen de laquelle on pourra d'une fois, et avec moins de dépense, polir les plaques des deux côtés.

J'ai vu les ouvriers qui travaillent à tailler le porphyre qui venait des carrières, se servir de lunettes pour que la poussière fine n'endommageât pas leur vue.

L'eau qui met tout en mouvement vient de plusieurs lacs, et se rassemble dans un étang qui est tout près de la manufacture. Cet étang a six cents pieds de long sur quatre mille de large. On a placé une grande digue en pierre à l'endroit où l'on fait écouler l'eau pour mettre les machines en mouvement.

Il y a environ cinquante ouvriers, dont la plus grande partie travaillent à la pièce et peuvent gagner par jour depuis 2 jusqu'à 3 livres. Dans l'année 1801, on a fait des ouvrages pour environ 16,000 francs. Le dépôt général de cette manufacture est à Stockholm.

Tout cet établissement n'est dû qu'aux soins de M. Hagstrom; ce grand mécanicien a fait bâtir le tout par des gens qui ne connaissaient pas l'art de bâtir; il leur a lui-même enseigné la manière de travailler le porphyre. Sa récompense n'est encore que médiocre; il est satisfait d'avoir adouci le sort de quelques malheureux: il faut espérer qu'elle sera plus grande lorsque ses beaux ouvrages seront plus connus dans les autres parties de l'Europe, quand la paix générale, après laquelle toutes les nations civilisées soupirent, permettra de les exporter.

Rien n'est peut-être plus malsain que le pain qu'on y mange, fait avec l'écorce du bois; Hagstrom a vainement cherché à faire manger aux habitans la mousse d'Islande qui croît abondamment dans le pays; ils disent qu'elle a un bon goût, mais se trouvent encore honteux d'en manger. Cet ami de l'humanité a découvert un moyen d'ôter l'amertume de cette plante si

nourrissante ; ce manger mérite d'être connu ; il pourrait être utile aux Montagnards, dans les tems de famine. La manière est simple : on met la mousse dans une lessive de cendre qui en prend une couleur rougeâtre ; l'amertume se passe ; on la lave dans l'eau fraîche, et en la faisant cuire on en fait un mets nourrissant.

Lu à la Société Philomatique le 17 mai 1806.

NOUVELLES OBSERVATIONS

SUR LE FER SPATHIQUE,

Par M. Collet Descostils, Ingénieur des Mines.

Lues à la Classe des Sciences de l'Institut (1).

Au mois de janvier dernier, j'eus l'honneur de présenter à la Classe un Mémoire, dans lequel, après avoir prouvé que le fer spathique varie beaucoup dans les proportions de ses principes, j'expliquais par ces différences de compositions celles qu'il offre dans son traitement métallurgique. La résistance qu'il présente quelquefois à la fusion avait été le principal objet de mes recherches, et j'avais été conduit à en attribuer la cause à la magnésie qu'il contient souvent en grande quantité. En effet, je m'étais convaincu par des expériences plusieurs fois répétées, que lorsqu'on expose à l'action de la chaleur, dans un creuset brasqué de charbon en poudre, un fer spathique contenant de la magnésie, cette terre ne se vitrifie point et s'oppose par cette raison à la réunion des globules de fonte. Ces faits indiquent clairement d'où provient l'engorgement des fourneaux où l'on traite cette espèce de minerai.

En examinant les procédés usités pour enlever aux espèces réfractaires leur infusibilité,

(1) Le 22 décembre 1806.

procédés qui consistent principalement en une exposition à l'air et à la pluie, soit avant, soit après le grillage, j'avais conjecturé qu'ils n'avaient d'autre effet que de séparer la magnésie. Dans le premier cas j'expliquais la séparation de cette substance par sa dissolution à l'état de carbonate dans l'eau des pluies, dont l'action peut être favorisée par la plus grande oxydation des métaux, qui détermine la séparation de l'acide carbonique; ce dernier réagit alors sur le carbonate de magnésie et le rend plus soluble. Dans le second cas je l'attribuais à l'action du sulfate de fer provenant des pyrites qui accompagnent presque toujours le fer spathique dans ses filons. Ce sel me semblait devoir être décomposé par la magnésie et le sulfate magnésien dissout dans l'eau des pluies ou des arrosages.

Le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui au jugement de la Classe, a pour objet de prouver ces explications que j'avais présentées comme de simples conjectures, et de faire connaître quelques résultats que m'ont offert mes expériences.

Le changement opéré dans les minerais spathiques réfractaires par leur exposition à l'air et à la pluie, sans grillage préalable, ne pouvait être apprécié d'une manière exacte, qu'à l'aide d'analyses comparatives de la même mine, prise avant et après cette exposition. Je n'ai pu me procurer d'échantillons de cette espèce, parce que cette pratique est peu usitée en France. J'ai cru pouvoir y suppléer par deux échantillons provenant du même filon, dont

l'un n'était point altéré, et l'autre était passé à l'état de mine douce. Je les ai analysés par une méthode qui ne peut laisser aucun doute sur l'exacte séparation des substances terreuses d'avec les oxydes métalliques (1). La différence de composition de ces deux minerais consistait en ce que l'échantillon non altéré contenait 4 pour 100 de magnésie, et que les métaux étaient à l'état de carbonate, tandis que la mine décomposée ne contenait plus de magnésie ni d'acide carbonique, et que les métaux étaient à leur maximum d'oxydation. Les analyses de cinq autres échantillons de mine douce ou décomposée, provenant de divers lieux, m'ont tous présenté le même résultat, et l'on peut en conclure généralement que la séparation de la

---

(1) Cette méthode consiste à dissoudre la mine dans l'acide muriatique, à séparer ensuite les métaux par l'hydrosulfure d'ammoniaque. On fait griller le précipité. (Il est nécessaire de brûler en même tems le filtre, sauf à déduire le poids des cendres). On fait redissoudre le résidu dans l'acide nitro-muriatique, et on sépare ensuite le fer du manganèse par le carbonate de potasse.

La liqueur d'où l'on a précipité les métaux est ensuite évaporée à siccité, et le résidu chauffé dans un creuset de platine jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs. Quand ce résidu est froid on y verse quelques gouttes d'eau, et ensuite de l'acide sulfurique; on fait évaporer de nouveau à siccité, et on pèse le résidu qui est composé des sulfates de magnésie et de chaux. On le redissout dans de l'eau aiguisée d'un peu d'acide sulfurique; on sépare par l'évaporation le sulfate de chaux, et après l'avoir fait calciner, on déduit le poids de ce qui reste du poids, du premier résidu. On déduit ensuite les proportions des deux terres de celles de leurs sulfates.

magnésie est complète lorsque la décompoition est entière (2).

Il ne reste donc aucun doute sur la nature du changement opéré sur les fers spathiques dans l'intérieur des filons par l'action de l'air et de l'eau. Il est evident que le même changement doit s'opérer dans les mines extraites longtems exposées à l'air et à la pluie, et produire par conséquent une plus grande fusibilité dans ce minerai (3).

(2) La chaux y est toujours en proportion un peu plus forte que dans les mines non altérées, ce qui provient de ce que sa quantité est restée la même, tandis que plusieurs principes se sont séparés. J'ai de plus observé dans toutes les dissolutions muriatiques des mines douces une gelée siliceuse qui semble indiquer une combinaison de cette terre avec l'oxyde de fer. Ce fait est d'autant plus remarquable, que les mines non altérées ne m'ont jamais rien présenté de semblable.

(3) J'ai attribué cette altération à la seule action de l'eau sur le carbonate de magnésie ; mais il se peut que le sulfate de fer y contribue aussi. M. le Maire, ingénieur des mines, m'ayant fait part qu'il avait observé à Pesey, sur des tas de schlamm, des efflorescences de sulfate de magnésie dont il attribuait la formation à la réaction du sulfate de fer sur le spath magnésien qui constitue en grande partie la gangue du minerai, j'ai cherché à obtenir un résultat analogue, en jetant dans une dissolution de sulfate de fer, du fer spathique très-magnésien réduit en poudre fine. J'ai gardé le mélange pendant quelques jours, en ayant soin de le remuer souvent. La liqueur examinée ensuite, m'a effectivement présenté du sulfate de magnésie. Il serait donc possible que le sulfate de fer fût une des causes de la décomposition du fer spathique. Je ne crois pourtant pas qu'on doive lui accorder une grande influence, car les pyrites ne sont pas également disséminées dans les filons, et cependant les mines sont ordinairement décomposées d'une manière uniforme. On trouve d'ailleurs assez souvent au milieu des mines douces, des pyrites qui ont conservé tout leur brillant métallique.

Pour

Pour prouver que l'exposition du minerai réfractaire à l'air et à la pluie après le grillage, a pour effet de séparer la magnésie par le moyen du sulfate de fer qui se forme, il me suffira d'énoncer le résultat de l'analyse des eaux de lavage d'un minerai grillé, recouvert d'efflorescences blanches, et qui a été recueilli à Allevard pendant l'été dernier par M. Berthier, Ingénieur des mines. Ces eaux n'ont pas présenté une quantité sensible de fer ; elles ne contenoient que du sulfate de magnésie et du sulfate de chaux : ce dernier formait le tiers en poids du résidu de l'évaporation. On conçoit que ces proportions ne peuvent être constantes, et par conséquent que des efflorescences qui recouvriraient des tas anciens de minerai grillé, n'annonceraient pas certainement qu'il fût originairement de nature réfractaire, puisqu'elles pourraient n'être composées que de sulfate de chaux.

On obtient facilement en petit un résultat analogue, en laissant pendant quelques jours du fer spathique magnésien grillé dans une dissolution de sulfate de fer ; mais j'ai trouvé que pour que cette expérience réussisse, il est nécessaire que la chaleur du grillage n'ait point été trop forte, car dans ce cas-là magnésie ne peut plus être attaquée par le sulfate de fer. Il y aurait moins d'inconvénient à ce qu'il restât dans le minerai une portion d'acide carbonique, car la mine qui n'a subi aucune altération, abandonne au moins en partie sa magnésie au sulfate de fer.

Il est, ce me semble, suffisamment prouvé, par ce que je viens de rapporter, que l'exposi-

plus facile à pratiquer dans les usines, et qui donne des notions suffisamment exactes, est l'essai par la voie sèche sans addition de fondant (7).

Si le résultat est une masse grisâtre terreuse, friable, parsemée d'une multitude de petits globules de fonte, on peut être assuré que le minerai est très-magnésien ou de nature réfractaire.

Si au contraire on trouve un bouton bien

(7) Je crois devoir décrire ici la manière dont je procède à cet essai. Je remplis un creuset d'un décilitre environ de capacité avec du charbon en poudre humecté d'eau gommée. Il faut que cette brasque soit mise par petites portions, et comprimée chaque fois jusqu'à ce qu'elle ne cède point à la plus forte pression du doigt. Je pratique ensuite dans la brasque une cavité bien arrondie vers le fond, et qui s'étende jusqu'à plus de moitié de la profondeur, en laissant une petite épaisseur de brasque sur les parois du creuset. J'introduis ensuite dans cette cavité dix grammes de la mine que je veux essayer, après l'avoir préalablement pulvérisée et humectée d'huile de manière à en faire une pâte un peu molle. Je remplis le creuset de poussière de charbon, et après avoir luté avec de la terre glaise le couvercle sur le creuset, en ayant soin de laisser une petite ouverture pour le dégagement des gaz, je pose le creuset sur une brique ronde, et je le fixe avec de la terre glaise. J'introduis ensuite le tout dans la forge, et je la remplis de charbons allumés. J'attends pour donner le vent que le creuset soit bien rouge. Lorsqu'il est en cet état, je commence à souffler doucement, et je continue ainsi pendant trois quarts-d'heure. J'augmente ensuite et je continue pendant une demi-heure. Dans les derniers instans j'augmente le feu jusqu'à ce que le creuset commence à donner des indices de fusion. On arrête alors, et après avoir laissé refroidir le creuset, on le casse pour examiner le résultat de l'opération.

Lorsqu'on n'a pas de forge d'essai, on peut employer une forge de maréchal, en entourant le creuset avec quelques rangs de briques, en laissant tout autour du creuset un

fondu avec des scories brunes et peu abondantes, le minerai est fusible et contient peu de manganèse. Si les scories sont vertes, elles annoncent la présence du manganèse, et plus elles sont abondantes dans ce cas, plus la proportion de ce métal est forte. Il faut cependant observer qu'une chaleur trop long-tems continuée en réduit une grande partie qui se réunit à la fonte.

Les autres conséquences que l'on peut déduire de ces analyses, sont les suivantes.

La perte par le grillage varie de 31 à 37 pour 100 pour les mines non altérées. Les mines douces ou décomposées perdent au plus 14, et ce n'est que de l'eau. Cette dernière espèce de mine prend un peu de dureté par la calcination.

Les quantités de magnésie et d'oxyde de manganèse sont très-variables; elles s'élèvent quelquefois pour l'un ou pour l'autre de ces deux principes aux $\frac{12}{100}$ de la mine crue, et souvent elles sont presque nulles; mais il paraît qu'une très-forte proportion de l'un de ces principes exclut une forte proportion de l'autre, sans pourtant que de l'absence de l'un des deux on puisse conclure la présence de l'autre, de sorte que la quantité d'oxyde de fer s'élève toujours au moins à 50 pour 100 de la mine crue, en le supposant à l'état d'oxyde rouge, c'est-à-dire,

espace de 1 décimètre environ pour le charbon. Il faut que le mur de briques s'élève un peu au-dessus du creuset.

Les creusets doivent pouvoir résister à un degré de feu un peu vif. Ceux que j'emploie habituellement sont fabriqués à Cône par M. Russinger. Ceux de Hesse sont aussi très-bons pour cet usage.

tion à l'air, soit avant, soit après le grillage, et dont l'effet bien reconnu est de rendre plus fusibles les fers spathiques réfractaires, a pour résultat la séparation de la magnésie, et que c'est à cette séparation qu'est due l'augmentation de fusibilité de ces minerais (4).

Mais pour donner encore à ces conséquences un nouveau degré de certitude, j'ai fait quelques mélanges de mines fusibles avec de la magnésie, et je me suis convaincu que 15 parties de magnésie ajoutées à 100 parties de mine de fer de l'île d'Elbe bien pulvérisée (le tout mélangé très-exactement et humecté d'huile),

(4) Il est cependant une pratique usitée à Allevard qui semble contredire cette conclusion. Cette pratique consiste à ajouter à la charge, lorsque le fourneau va mal, une certaine quantité de fer spathique magnésien. Si cette addition avait effectivement pour but de faciliter la fusion des parties terreuses du minerai, elle serait une preuve incontestable de la fausseté de mon opinion; mais elle peut avoir des effets très-différens. Ainsi on peut croire, par exemple, qu'elle a pour objet d'empêcher la production de la fonte blanche. Au fourneau d'Allevard on cherche à obtenir de la fonte grise. La quantité de charbon qui se consomme dans ce fourneau est trop considérable pour qu'on puisse soupçonner que c'est à sa trop faible proportion qu'est due la production de la fonte blanche. (Voyez à cet égard les détails donnés par M. Schreiber, et qui se trouvent dans le premier volume de *Dietrich*, p. 121). Mais le minerai contient souvent une très-forte proportion de manganèse, et je me suis assuré par quelques expériences, qu'une forte proportion de ce métal dans un minerai de fer, rend toujours blanche la fonte qui en résulte, quoiqu'on expose long-tems cette fonte à un degré de feu violent au milieu d'une brasque de charbon. Le fer seul, au contraire, donne bientôt une fonte très-brune. (Ce résultat est d'ailleurs conforme aux Observations de M. Stunkel. V. *Journal des Mines*, vol. 16, p. 173). Si ce minerai manganésifère est seul, il donne nécessairement de la fonte blanche. Le minerai magnésien que l'on emploie est très-pauvre en manganèse; en diminuant la proportion de ce métal dans le mélange, et en favorisant la combinaison du fer avec le charbon, par la résistance que la magnésie apporte à la fusion, il peut faire repasser la fonte à l'état de fonte grise.

Je ne présente point, au reste, cette explication comme certaine, mais je la crois suffisamment probable pour faire penser que l'addition des minerais magnésiens peut avoir un tout autre objet que celui de faciliter la fusion; ce n'est, au reste, que par l'observation des circonstances qui précèdent et suivent cette addition, que l'on peut juger avec certitude de l'effet qu'elle produit, et ces circonstances n'ont point encore été observées avec assez de soin, pour qu'on puisse attribuer à la magnésie une propriété toute contraire à celle qu'elle manifeste dans des cas analogues.

suffisaient pour rendre cette dernière réfractaire. Le résultat que j'ai obtenu ne pouvait être distingué de ceux que m'avaient présenté des fers spathiques magnésiens.

J'ai fait comparativement l'essai de la mine d'Elbe, ou pour mieux dire, du même cristal sans le griller ni le pulvériser, et sans aucune autre addition que la poussière de charbon dans laquelle il était enveloppé; j'ai toujours obtenu un bouton de fonte parfaitement réuni, sans employer un coup de feu plus considérable que celui qui est nécessaire pour un essai de fer avec addition de borax (5).

(5) Ce dernier fait prouve que la cohésion n'influe pas sensiblement sur la fusibilité des mines de fer, si la cohésion peut être estimée par la dureté de la mine et par la résistance qu'elle oppose à l'action des acides; car il n'en est aucune qui possède ces deux qualités à un degré aussi éminent que les cristaux de fer de l'île d'Elbe; seulement la fusion des gros fragmens doit exiger plus de tems, mais non pas un degré de feu plus fort que celle des petits.

dans l'état où il se trouve après le grillage. Souvent sa proportion augmente beaucoup, et alors la magnésie et le manganèse diminuent dans la même raison; cette remarque est surtout appliquable aux fers spathiques des Pyrénées, et explique la facilité et l'avantage que l'on éprouve à en extraire le fer par la méthode catalane. Mais cette assertion exige quelques développemens, et je terminerai ce Mémoire en rappelant en peu de mots, comment dans ce travail le minerai passe à l'état de fer malléable.

La méthode catalane consiste à réduire l'oxyde de fer par le contact des charbons, à l'aide d'une chaleur douce, et quand la plus grande partie du fer est à l'état ductile, à vitrifier, par un coup de feu vif, les parties terreuses (ordinairement de la silice), l'oxyde de manganèse et l'oxyde de fer non réduit (8). Cette vitrification décape les surfaces des molécules de fer: cet effet, joint à la chaleur forte qu'elles éprouvent, facilite leur réunion, et l'on peut bientôt étirer le massé.

On conçoit que l'espèce de cémentation désoxydante que l'on fait subir à la mine dans le commencement de l'opération, doit avoir un effet d'autant plus rapide, qu'elle contient

(8) Dans cette circonstance le métal coule quelquefois lui-même, et la partie fondue peut être étirée en barres. Cette portion doit nécessairement être très-aciéreuse, et est souvent en effet d'excellent acier. (Voy. *Lapeyrouse*, p. 191). Cette observation aurait pu conduire à fabriquer de l'acier fondu dans ces contrées, et il est étonnant qu'on n'y ait pas encore songé.

moins de parties terreuses, et qu'il existe moins d'union entre elles et les parties métalliques. Si ces terres sont susceptibles d'entrer en vitrification, il est inutile de rien ajouter au minerai, mais si, comme à Baigorry (9), par exemple où la mine crue contient $\frac{4}{100}$ de magnésie, elles ne se vitrifient pas seules, on est obligé d'ajouter un fondant, qui s'insinuant dans le massé, et entraînant dans sa fusion tout ce qui n'est pas fer ductile, facilite la réunion de ce métal.

Les scories contiennent toujours une assez forte proportion d'oxyde de fer, par conséquent la perte en métal doit être d'autant plus considérable, que les parties terreuses sont plus abondantes dans le minerai; les mines pauvres ne peuvent donc être traitées avec avantage par la méthode catalane; au contraire, les mines spathiques décomposées et les mines pures comme celles de l'île d'Elbe, doivent être et sont en effet les plus propres à être traitées par ce procédé. Il est facile de concevoir, d'après cela, les causes de tous les résultats des expériences tentées par Dietrich et M. Vergnies, sur des mines terreuses de divers lieux, et particulièrement sur celles du Berry.

La réduction (10) à l'état parfaitement ductile

(9) Cette mine, qui ne contient que $\frac{4}{100}$ de magnésie avant d'être grillée, est regardée comme difficile à traiter, quoiqu'on l'expose quelque tems à l'air avant de l'employer; on conçoit, d'après cela, qu'il doit être impossible de traiter par la méthode catalane certaines mines spathiques des Alpes, qui contiennent jusqu'à 12 et 14 pour 100 de magnésie.

(10) Cette facile réduction explique la préférence que l'on donne dans quelques forges aux fontes blanches pour la fabrication du fer. Ces fontes doivent probablement leur couleur seulement au degré d'oxydation.

N°. 5. (*Alpes*).

Fer spathique de pierre plate près Vizilles.

Comme il était mélangé de quartz je n'ai pas pris sa pesanteur spécifique.

Couleur blonde.

A peine translucide.

Cristallisation très-nette.

Lames moyennes et planes.

Perte au feu.	37
Oxyde rouge de fer.	50
Oxyde brun de manganèse.	0,2
Magnésie.	10
Chaux.	0,8
	98,0
Perte.	2

N°. 6. (*Alpes*).

Fer spathique d'Allevard recueilli par M. Berthier.

P. S. . . . . .

Couleur grise jaunâtre.

Opaque.

Cristallisation très-confuse. (*Rives*).

Perte au feu.	35
Oxyde rouge de fer.	57
Oxyde de manganèse.	1,5
Magnésie.	5,5
Trace de chaux.	
	99,0
Perte.	1
	100

N°. 7. (*Alpes*).

Fer spathique de Sainte-Agnès, département de l'Isère.

P. S. . . . . 3,733.

Couleur brune.

Opaque.

Cristallisation assez nette, lames moyennes et un peu bombées.

Perte au feu.	34
Oxyde rouge de fer.	59
Oxyde brun de manganèse.	1,5
Magnésie.	5,6
Trace de chaux.	
	100,1
Excédent.	0,1

N°. 8. (*Alpes*).

Fer spathique d'Allevard.

P. S. . . . . 3,82.

Couleur grisâtre.

Opaque.

Cristallisation un peu confuse.

Les lames assez grandes et un peu contournées.

Perte au feu.	34,5
Fragmens de quartz.	1
Magnésie.	2,8
Oxyde rouge de fer.	52
Oxyde brun de manganèse.	12
Chaux, une trace.	
	102,3

N°. 2.

Fer spathique de Saxe du cabinet de M. Lelievre.

P. S. . . . . 3,6.

Couleur blonde très-claire.
Translucide.
Cristallisation très-nette.
Lames grandes et très-planes.

Perte au feu.	37
Oxyde rouge de fer.	52
Oxyde brun de manganèse. . .	0,2
Magnésie.	12,6
Trace de chaux.	
	101,8
Excédent.	1,8

Cette erreur provient probablement de ce qu'ayant compris sous la dénomination de mines de fer blanches des spaths calcaires ferrifères, il aura examiné la nature de la terre fournie par ces derniers, sans même pousser cet examen aussi loin qu'il eût été nécessaire; car il n'en existe, je crois, aucun de cette espèce qui ne contienne une assez forte proportion de magnésie. M. Berthier et M. Bergman ont publié chacun une analyse de spaths calcaires de cette espèce. Ils en ont tous deux retiré de la chaux, de la magnésie, du fer et du manganèse.

J'en ai aussi analysé un qui provenait des mines d'Allevard et qui m'a présenté le résultat suivant :

Perte au feu.	43
Chaux.	26,5
Magnésie.	11,5
Oxyde rouge de fer.	15,5
Oxide brun de manganèse. . .	2,25
	98,75

N°. 3. (*Alpes*).

Fer spathique d'Allevard recueilli par M. Berthier.

P. S. . . . . 3,656.

Couleur blonde.
Légèrement translucide.
Cristallisation assez nette.
Lames de moyenne grandeur et assez planes.

Perte au feu.	36,5
Fragmens de quartz.	2
Oxyde rouge de fer.	49
Oxyde brun de manganèse. . .	0,5
Magnésie.	11
Trace de chaux.	
	99,0
Perte.	1

N°. 4. (*Alpes*).

Fer spathique de la montagne de la Citre, près Grenoble, de la Collection du Conseil des Mines, sous le n°. $\frac{840}{1}$.

P. S. . . . . 3,715.

Couleur rougeâtre foncée.
Opaque.
Cristallisation un peu confuse.
Lames moyennes et planes.

Perte au feu.	37,5
Oxyde rouge de fer.	50
Oxyde brun de manganèse. . .	1
Magnésie.	11
Chaux.	0,5
	100,0

par la cémentation (11), à une chaleur modérée, n'est point une supposition déduite de l'observation des pratiques métallurgiques, c'est un résultat d'expériences directes que l'on peut répéter facilement. M. Mushet est le premier, je crois, qui les ait tentées, et il a opéré sur des quantités considérables. (V. *Annales des Arts et Manufactures*, tome XI, p. 232). J'ai obtenu des résultats semblables sur de très-petites masses, c'est-à-dire, sur des cristaux de fer de l'île d'Elbe du poids de 15 à 20 grammes, ce qui au reste a quelque ressemblance avec la méthode catalane, car dans ce procédé la mine est réduite en fragmens de la grosseur d'une noix.

Résumé.

Il résulte des faits contenus dans ce Mémoire, que c'est à la séparation de la magnésie, ainsi que je l'avais conjecturé, que l'on doit attribuer les avantages de l'exposition du minerai réfractaire à l'air, soit avant, soit après le grillage.

Que c'est à la présence de la magnésie, en proportion même assez faible, que l'on doit attribuer la difficulté que l'on éprouve à traiter

(11) On conçoit qu'en prolongement la cémentation et en augmentant la chaleur on convertirait le fer en acier; c'est aussi ce qui arrive quelquefois. Comme le charbon qui brûle difficilement exige pour sa combustion un plus haut degré de chaleur, il doit déterminer la production de l'acier: par la raison contraire celui qui brûle avec facilité doit être plus propre à la production du fer doux; et cela est confirmé par l'expérience.

par la méthode catalane certaines espèces de mines de fer spathique.

Enfin, qu'il n'y a aucun rapport entre la variation des caractères minéralogiques du fer spathique et celle des proportions de ses principes, et que par conséquent l'essai en petit, sans addition de fondant, est le seul moyen de connaître ses propriétés métallurgiques.

Résultats des Analyses de fer spathique mentionnées dans ce Mémoire.

N°. 1er.

Fer spathique envoyé par Bergman à M. Guyton (12).

P. S. prise par M. Guyton. . . . . 3,693.

Couleur jaune brunâtre.
A peine translucide.
Cristallisation un peu confuse.

Fragmens de quartz.	2,58
Oxyde rouge de fer.	48,45
Oxyde brun de manganèse. . .	1,80
Chaux.	0,52
Magnésie.	1,98
	55,33

Nota. La perte a été considérable sur les principes métalliques.

(12) On voit par le résultat de cette analyse que Bergman s'était trompé en annonçant que les parties terreuses qu'il avait obtenues des fers spathiques n'étaient que de la chaux.

N°. 9.

Fer spathique de Nassau-Siegen, du cabinet de M. Guyton.

P. S. . . . . 3,715.

Couleur rouge piquetée de blanc.

A peine translucide.

Cristallisation assez nette, les lames moyennes et un peu bombées.

Perte au feu.	34,5
Fragmens de quartz.	3
Oxyde rouge de fer.	50,1
Oxyde brun de manganèse. . .	7,3
Magnésie.	3,2
Chaux, une trace.	
	98,1
Perte.	1,9

N°. 10.

Fer spathique de Bendorf, du cabinet de M. Brongniart.

P. S. . . . . 3,767.

Couleur brune.

Opaque.

Cristallisation assez nette, les lames moyennes et un peu bombées.

Perte au feu.	36
Fragmens de quartz.	1
Oxyde rouge de fer.	49
Oyde brun de manganèse. . .	9
Magnésie.	3,1
Chaux.	0,4
	98,5
Perte.	1,5
	100,0

N°. 11.

N°. 11. (*Pyrénées*).

Fer spathique de Baigory, traité à la forge catalane, et regardé comme réfractaire; remis par le directeur de la forge.

P. S. . . . . 3,761.

Couleur grise jaunâtre.

Un peu translucide.

Cristallisation assez nette, les lames moyennes et planes.

Perte au feu.	37
Oxyde rouge de fer.	66
Oxyde brun de manganèse. . .	1,5
Magnésie.	4
Trace de chaux.	
	102,5
Excédent. . . .	2,5

N°. 12. (*Pyrénées*).

Fer spathique de Baigorry, du même filon que le précédent, et regardé aussi comme réfractaire.

P. S. . . . . 3,828.

Couleur blonde un peu foncée et très-brillante, comme certaines blendes.

Translucide dans les lames minces.

Cristallisation très-confuse, les lames extrêmement petites.

Perte au feu.	34
Silice.	1
Oxyde rouge de fer.	61,5
Oxyde brun de manganèse. . .	0,5
Magnésie.	3,8
Trace de chaux.	
	100,8
Excédent.	0,8

N°. 13. (*Pyrénées*).

Fer spathique de la Saraoute, commune de Saurat, Département de l'Arriège; de la Collection du Conseil, sous le n°. $\frac{400}{189}$.

P. S. . . . . 3,9.

Couleur brune foncée.

Opaque.

Lames grandes, très-planes et très-brillantes dans la cassure fraîche.

Perte au feu.	31
Oxyde rouge de fer.	65
Oxyde brun de manganèse. . .	2
Magnésie.	1,8
Trace de chaux.	
	99,8
Perte.	0,2

N°. 14. (*Pyrénées*).

Fer spathique de la partie orientale du mont Canigou (Pyrénées orientales), de la Bouche dite des Canals; collection du Conseil, n°. $\frac{299}{11.1}$.

P. S. 3,77

Couleur grise.

Presque opaque.

Cristallisation assez nette, lames moyennes, planes et brillantes dans la cassure fraîche.

Perte au feu.	34,5
Oxyde rouge de fer.	60
Oxyde brun de manganèse. . .	4,5
Magnésie.	1,5
Trace de chaux.	
	100,5
Excédent.	0,5

N°. 15. (*Alpes*).

Fer spathique du filon de la montagne du Crotz, Département de l'Isère; de la Collection du Conseil, sous le n°. $\frac{140}{3}$, *pris au mur.*

P. S. 3,632

Couleur brune foncée.

Opaque.

Cristallisation assez nette, lames moyennes et un peu bombées.

Perte au feu.	33
Oxyde rouge de fer.	57
Oxyde brun de manganèse. . .	6
Magnésie.	4
Trace de chaux.	
	100

N°. 16. (*Alpes. Mine douce*).

Fer spathique décomposé, du même filon que le précédent, mais pris au toit, très-facile à traiter à la catalane; de la Collection du Conseil, sous le n°. $\frac{841}{14}$.

Couleur brune foncée.

Opaque.

Cristallisation peu sensible; on n'aperçoit que de légers chatoiemens.

Perte au feu.	14
Silice gélatineuse.	1
Oxyde rouge de fer.	84
Oxyde brun de manganèse. . .	1
Magnésie.	0
Trace de chaux.	
	100

N°. 17. (*Pyrénées. Mine douce*).

Fer spathique décomposé de la montagne de Rancié; du cabinet de M. Lelièvre.

Couleur noire.
Opaque.
Cristallisation encore très-visible et les lames petites. *Grain de gabache.*

Perte au feu.	8,5
Silice gélatineuse.	2,5
Oyde rouge de fer.	80
Oxyde brun de manganèse.	6
Magnésie une trace.	
Chaux.	0,5
	97,5
Perte.	2,5

N°. 18. (*Mine douce*).

Fer spathique décomposé de Biscaye; du cabinet de M. Lelièvre.

P. S. . . . . 4,027.

Couleur rouge de sanguine.
Opaque.
Cristallisation très-peu sensible.

Perte au feu.	7
Silice.	3
Oxyde rouge de fer.	86
Oxyde brun de manganèse.	2
	98
Perte.	2

N°. 19. (*Alpes. Mine douce*).

Fer spathique décomposé, du département de l'Isère, filon du Sabot, commune de Sainte-Agnès; de la Collection du Conseil, sous le n°. $\frac{141}{16}$

Cette mine est très-facile à pulvériser par la plus faible pression; la cristallisation n'est plus sensible que par la forme extérieure qui est conservée. Sa poussière est jaune d'ocre.

Perte au feu.	13
Silice gélatineuse.	1,5
Oxyde rouge de fer.	81
Oxyde brun de manganèse.	2
Chaux environ.	1
Une trace de magnésie.	
	98,5
Perte.	1,5

N°. 20. (*Mine douce*).

Fer spathique décomposé, de Carinthie; du cabinet de M. Lelièvre.

Couleur brune.
Facile à pulvériser.

Perte au feu et perte.	21
Oxyde rouge de fer.	72
Oxyde brun de manganèse.	6
Chaux.	1
Magnésie, une trace.	
	100

N°. 21. (*Mine douce.*)

Fer spathique décomposé, de Sibérie; du cabinet de M. Lelièvre.

Couleur brune.
Poussière jaune d'ocre.

Perte au feu.	13
Silice gélatineuse.	2
Oxyde rouge de fer.	82
Oxyde brun de manganèse.	1
Chaux.	1
Trace de magnésie.	
	99
Perte.	1
	100

Corrections à faire dans mon premier Mémoire, Journal des Mines, *tome* 18.

Page 222, *ligne* 10, *effacez* : et avant le sulfate de fer.
—— 225, *ligne* 5 de la note, *effacez* : ferait boursouffler les laitiers et.
—— 228, *supprimez la note.*
—— 230, *ligne* 15, au lieu de M. Stengel, *lisez* : M. Stunkel.

SUR LES SULFATES DE CHAUX, DE BARYTE ET DE PLOMB.

Par M. Berthier, Ingénieur des Mines.

Il y a de si grandes différences dans les proportions des principes constituans assignés au sulfate de baryte, par les chimistes qui s'en sont occupés, qu'il est difficile de faire un choix, et impossible de regarder la moyenne de leurs résultats comme un terme suffisamment approximatif.

Il y avait plus d'accord sur la composition du sulfate de chaux, lorsque, il y a quelques années (V. *Journal des Mines*, n°. 77), on annonça que l'analyse de Bergmann était erronée, et que les proportions de chaux et d'acide sulfurique qu'il avait trouvées, différaient extrêmement des véritables.

Je ne sache pas qu'on se soit occupé de rechercher avec précision la quantité d'acide sulfurique contenue dans le sulfate de plomb.

Cependant il est important de connaître la vraie composition de ces sels, qui sont d'un usage fréquent en Docimasie, et qui influent sur les résultats d'un grand nombre d'analyses.

Ayant eu occasion de faire un travail sur des substances salines, dans lesquelles il était nécessaire de doser l'acide sulfurique avec le plus d'exactitude possible, je me suis vu forcé de commencer par analyser les sulfates de chaux et de baryte que je ne pouvais me dispenser d'em-

ployer. Je me suis occupé en même-tems du sulfate de plomb, de manière que tous les résultats pussent se vérifier mutuellement.

Comme les expériences que j'ai faites, et répétées plusieurs fois, concordent entre elles d'une manière remarquable, je vais les exposer succinctement. On jugera le degré de confiance qu'on doit leur accorder. J'ai toujours tâché de me servir des moyens les plus simples, et surtout des plus directs, ceux qui supposent le moins de faits possibles.

Sulfate de chaux artificiel.

1. J'ai fait calciner graduellement, long-tems et très-fortement, 50 grammes de spath d'Islande, d'une limpidité parfaite, réduit en poudre fine, et j'ai eu 28^{g} de chaux blanche, qui ne contenait ni manganèse, ni fer, ni magnésie. Je l'ai partagée en lots de 2^{g} que j'ai pesés sur-le-champ. J'en ai délayé une portion dans l'eau, et j'ai versé dessus de l'acide muriatique concentré; il ne s'est développé d'effervescence sensible à aucune époque de la dissolution : par conséquent la chaux ne pouvait retenir que très-peu d'acide carbonique. Elle m'a servi dans toutes les expériences suivantes.

2. 5^{g} ont été délayés dans un creuset de platine, avec une petite quantité d'eau, puis sursaturés d'acide sulfurique pur. J'ai fait évaporer l'excès d'acide avec toutes les précautions convenables et calciner le résidu. Ayant pesé le creuset avec le sel, j'ai trouvé, en déduisant son poids, que je connaissais d'avance 11^{g},8 de sulfate de chaux. En le supposant parfaitement anhydre, il serait composé de 0,425 de chaux et 0,575 d'acide sulfurique. Il n'est pas certain qu'il soit possible d'amener par la calcination

le sulfate de chaux à ne contenir absolument point d'eau. Cependant si l'on fait attention à la facilité avec laquelle celle-ci se dégage (4), on en conclura qu'il est infiniment probable qu'il n'en reste que très-peu, s'il en reste. En outre, on verra, par les expériences que je vais décrire, que si l'acide sulfurique n'est pas anhydre dans les trois sulfates que j'ai analysés, il y est au même état de concentration. Cette concordance paraît assez singulière, et rend encore plus probable la supposition que je fais qu'il ne reste point d'eau dans les sels quand ils ont été fortement calcinés.

3. J'ai fait dissoudre 5^{g} de chaux dans l'acide muriatique, ajouté du sulfate d'ammoniaque en excès, évaporé à siccité et fortement calciné. J'ai eu 11^{g},76 de sulfate de chaux, ce qui suppose qu'il contient 0,426 de chaux et 0,574 d'acide. Dans ces deux expériences, la perte se portant toute entière sur le sulfate, il en résulte que la proportion de chaux peut être un peu exagérée, et celle de l'acide diminuée, et d'autant plus qu'on supposera la chaux moins bien calcinée.

4. 5^{g} de chaux ayant été dissouts dans l'acide muriatique, on a mêlé du sulfate de soude à la liqueur neutralisée par évaporation. Le sulfate de chaux qui s'est précipité a été recueilli sur un filtre, et lavé, séché sur du papier à une douce chaleur, il pesait 9^{g},6, chauffé dans une capsule de porcelaine, il a perdu 1^{g},0, et il s'est réduit à 7^{g},8 par la calcination dans le creuset de platine. Ainsi ce sel perd les premières portions de son eau de cristallisation à la plus faible chaleur. L'expérience (5) en

fournit une nouvelle preuve. La liqueur ayant été évaporée jusqu'à pellicule cristalline, a encore fourni 3g,8 de sulfate calciné avec le filtre, en total 11g,6 pour 5g de chaux, ou 43 de chaux et 57 d'acide pour 100 de sulfate. Même remarque que pour l'expérience (3). De plus, une petite portion de sulfate de chaux a pu être décomposée par le papier du filtre.

Composition du sulfate de baryte déduite de celle du sulfate de chaux.

Plusieurs sulfates de chaux anhydres et non anhydres, m'ayant donné par l'analyse des résultats très-peu différens des précédens, j'ai cherché à m'en servir pour déterminer la composition des sulfates de baryte et de plomb.

Sulfate de chaux laminaire.

5. J'ai pris du sulfate de chaux laminaire, incolore, et parfaitement transparent, provenant du filon de Pezey. Je l'ai réduit en poussière fine, et j'en ai fait calciner 10g; ils ont perdu 2g,15. J'ai essayé de même plusieurs autres espèces de gypse, entre autres celui des environs de Moutiers, opaque, d'un blanc de neige, et qui se divise en cubes, etc., et la calcination leur a toujours fait perdre 21 à 22 centièmes de leur poids. Il ne se dégage absolument que de l'eau. Pour m'en assurer, j'ai, d'après l'invitation de M. Gillet-Laumont, Membre du Conseil, distillé dans une très-petite cornue, du sulfate de chaux cristallisé, très-pur, et recueilli le produit dans un ballon; il équivalait à peu près aux 21 centièmes du sulfate, et consistait en eau limpide et incolore, qui ne contenait ni acide ni alkali, et ne se troublait point par le muriate de baryte et les autres réactifs. Elle était seulement souillée d'une substance empyreumatique qui s'est dissipée à l'air assez promptement. Dès les pre-

mières impressions de la chaleur, le dôme de la cornue se tapisse de gouttelettes d'eau, et vers la fin de l'opération, le feu ayant été activé jusqu'au point de ramollir le verre, le dégagement du liquide devint insensible.

6. 10g du sulfate de chaux de Pezey ont été mis en ébullition avec du carbonate d'ammoniaque très-pur, après avoir fait évaporer l'excès du carbonate, j'ai lavé avec beaucoup d'eau et décanté. Le carbonate de chaux formé, et qui dominait dans le résidu, a été séparé par l'acide acéteux, et le reste traité de nouveau par le carbonate d'ammoniaque; sa décomposition a été complète.

J'ai partagé en deux parties égales la dissolution acéteuse réunies. J'ai précipité l'une d'elles par le muriate de baryte, pour apprécier l'acide sulfurique qu'elle devait contenir, et qui provenait du sulfate de chaux que l'acide acéteux avait dissout; j'ai eu 0g,27 de sulfate de baryte. La seconde partie a été évaporée à siccité; le résidu calciné dans le creuset de platine, a donné 1g,7 de chaux caustique, qui s'est dissoute dans l'acide muriatique sans effervescence sensible, et en répandant une odeur très-marquée d'hydrogène sulfuré, due à environ 0g,05 de soufre, produit par le sulfate de chaux que les substances combustibles, dont l'acide acéteux est formé, avait décomposé. C'est donc 1g,65 de chaux pure.

La dissolution contenant l'acide sulfurique a été aussi partagée en deux portions égales. La première, essayée par l'oxalate d'ammoniaque, ne s'est point troublée. J'ai précipité la seconde par le muriate de baryte, après avoir ajouté un

léger excès d'acide nitrique ; elle m'a donné 6g,45 de sulfate de baryte calciné. (J'ai toujours brûlé les filtres séparément pour ne décomposer que le moins possible de sulfate).

100 de sulfate de chaux donnent donc 21,5 d'eau, 33 de chaux, et par conséquent 45,5 d'acide sulfurique, qui correspondent à 135,5 de sulfate de baryte. On en conclut que cent parties de ce dernier sel sont composées de 33,7 d'acide et 66,3 de baryte.

Sulfate de chaux anhydre de Pezey.

7. Le sulfate de chaux anhydre violet du filon de Pezey, analysé de la même manière, m'a donné 0,03 d'eau, 0,01 de résidu non dissout, composé d'oxyde de fer et de sulfate de chaux (1), 0,38 de chaux et 17 de sulfate de baryte qui, d'après cela, doit contenir 0,34 d'acide et 0,66 de baryte.

Sulfate de chaux des bâtimens de graduation.

8. J'ai fait dissoudre dans suffisante quantité d'eau 2g,5 du sulfate de chaux qui se dépose sur les bâtimens de graduation de la saline de Moutiers, et que je savais être très-pur. J'ai précipité la liqueur par l'oxalate d'ammoniaque : elle m'a donné 2g,05 d'oxalate de chaux qui, calcinés, se sont réduits à 0g,82 de chaux vive.

Oxalate de chaux.

Pour savoir si l'oxalate de chaux était facile à décomposer complètement par la chaleur, j'ai fait dissoudre 2g de chaux vive dans l'acide muriatique, et j'ai mêlé de l'oxalate d'ammoniaque à la dissolution neutre. Le précipité, lavé et séché dans un têt de porcelaine, pesait 5g,2, et il a reproduit, à moins de un centième près, la chaux que j'avais employée, sans qu'il soit nécessaire de chauffer aussi fortement et aussi long-tems que pour calciner le spath calcaire. L'oxalate de chaux contient à peu près 0,39 de chaux.

(1) J'ai cherché de plusieurs manières la nature de la substance colorante ; je n'y ai rien trouvé autre chose que de l'oxyde de fer à la dose de 0,005 au plus.

10g du sulfate des bâtimens de graduation ont perdu 2g,2 au feu.

5g ont été dissouts dans l'eau distillée, et l'acide sulfurique précipité par le muriate de baryte. Ils ont donné 6g,68 de sulfate de baryte calciné avec les précautions convenables ; d'où il résulte que 100 de sulfate renferment 33,9 d'acide sulfurique et 66,1 de baryte, et 100 de sulfate de chaux, 22 d'eau, 32,8 de chaux, et 45,2 d'acide.

Sulfate de chaux artificiel.

9. J'ai répété l'expérience (5) sur le sulfate de chaux que j'avais formé de toutes pièces. J'ai précipité la chaux de sa dissolution acéteuse saturée d'ammoniaque, par l'oxalate d'ammoniaque, et j'ai toujours eu à très-peu près les mêmes résultats.

Ayant ainsi déduit les proportions du sulfate de baryte, de celles du sulfate de chaux, ou plutôt de certaines doses calculées d'acide sulfurique, j'ai cherché à les vérifier en employant des quantités connues de baryte pure.

Muriate de baryte.

10. J'ai précipité une dissolution de 10g de muriate de baryte, pur et cristallisé, par du sulfate d'ammoniaque, et j'ai eu 9g,33 de sulfate de baryte. La liqueur surnageante a été évaporée à siccité et le résidu calciné ; il s'est

vaporisé en entier, ainsi il ne retenait point de baryte.

Pour apprécier la base contenue dans le muriate, j'ai fait calciner 10g. de celui-ci; ils ont perdu 1g.,5. J'en ai précipité 5g. par le nitrate d'argent; j'ai eu, terme moyen de plusieurs expériences, 5g.,9 de muriate d'argent. En admettant que ce sel contienne 0,20 d'acide muriatique, il y en aurait 0,236 dans le muriate de baryte, et par conséquent 0,614 de baryte. Le sulfate de baryte serait donc composé de 65,5 de baryte, et 34,5 d'acide sulfurique.

Or, ce sont les proportions que l'on a adoptées pour les muriates de baryte et d'argent. Si elles ne sont pas rigoureusement exactes, l'erreur ne peut être que très-faible; car elle dépend de la quantité d'acide muriatique contenu dans le muriate d'argent, et on connaît celle-ci à 2 ou 3 centièmes près. On sait que 100 de muriate d'argent produisent 75 au plus de métal. J'ai vérifié ce résultat un grand nombre de fois, en fondant du muriate avec de la potasse du commerce. J'ai plusieurs fois aussi cherché combien les scories retenaient d'argent, et je n'en ai jamais trouvé qu'une quantité très-petite, équivalente au plus à un demi-centième. Il ne reste donc d'incertitude que sur la proportion d'oxygène qui ne doit pas surpasser beaucoup 5 centièmes.

L'expérience suivante, plus directe, est indépendante de toute supposition.

Sulfate de baryte artificiel.

11. J'ai pris 5g. de baryte caustique nouvellement calcinée et très-pure (elle était légèrement colorée par trois ou quatre millièmes d'oxyde de fer), je l'ai laissée digérer 48 heures dans un flacon plein d'eau distillée et bouchée à l'émeril. Elle s'est dissoute presqu'en totalité. Il est resté seulement 0g.,1 de carbonate de baryte. Ainsi la dissolution contenait 4g.,9 de baryte. Je l'ai précipitée par le sulfate d'ammoniaque, et j'ai eu 7g.3 de sulfate de baryte. La liqueur surnageante ayant été évaporée à siccité, j'ai fait calciner le résidu, afin de m'assurer qu'il ne contenait plus que des sels ammoniacaux. Il s'est entièrement dissipé.

La même opération répétée trois fois, en ayant toujours soin de séparer le carbonate de baryte, qui dans une expérience s'est élevé à 4 décigrammes, m'a donné pour proportion moyenne du sulfate de baryte, 0,33 d'acide et 0,67 de baryte.

Composition du sulfate de plomb déduite de celle du sulfate de chaux.

12. 10g. du sulfate de chaux laminaire de Pesey, ayant été décomposés comme il a été dit (6), et l'acide sulfurique précipité par le nitrate de plomb, avec les mêmes précautions, j'ai eu 17g.,3 de sulfate de plomb calciné au creuset de platine (avec le filtre brûlé séparément), ce qui suppose 0,263 d'acide dans ce sel.

Sulfate de baryte.

13. 5g. de sulfate de baryte ont été calcinés avec du carbonate de potasse pur, lavé à l'eau et à l'acide nitrique alternativement, jusqu'à décomposition complète. La dissolution aqueuse, contenant l'acide sulfurique, sursaturée d'acide nitrique, a été tenue en ébullition pour chasser l'acide carbonique, et précipitée

par le nitrate de plomb, elle a fourni 6g,36 de sulfate de plomb. Cette expérience donne 0,26 d'acide sulfurique dans le sulfate de plomb si on en admet 0,33 dans celui de baryte.

14. J'ai agité du sulfate de plomb très-pur (celui qui provenait des expériences 15 et 16) avec une dissolution concentrée de carbonate de potasse saturé. La décomposition a eu lieu à froid, et s'est très-promptement achevée par la chaleur. En opérant comme je l'ai dit (13), et précipitant l'acide sulfurique par le nitrate de cette terre, j'ai eu dans une expérience 8g de sulfate, et dans une autre 7g,7, terme moyen 7g,85, qui donne 0,259 d'acide pour le sulfate de plomb.

Sulfate de plomb artificiel.

15. J'ai pris du plomb pauvre d'orfèvre, réduits en petits copeaux, et j'en ai fait dissoudre 10g dans de l'acide nitrique pur et affaibli. La liqueur parfaitement limpide, incolore et sans dépôt, précipitée par le sulfate d'ammoniaque, a donné 14g,5 de sulfate calciné. La dissolution filtrée a été rapprochée jusqu'à cristallisation. Elle a pris une légère teinte bleue par un excès d'ammoniaque, ce qui annonce une trace de cuivre. Mais l'hydrosulfure alkalin n'y a occasionné qu'un précipité inappréciable. Ainsi le plomb employé était très-pur, et il avait été complètement précipité par le sulfate d'ammoniaque. La même opération m'a donné plusieurs fois le même résultat.

16. Une dissolution nitrique de 15g du même plomb, a été précipitée par l'acide sulfurique pur

pur employé sans excès. Le sulfate de plomb qui s'est déposé a été lavé par décantation, et calciné ensuite dans le creuset de platine. Il pesait 21g,7 à 21g,8; ce qui donne 144,8 à 145,2 de sulfate pour 100 de plomb, terme moyen 145; d'où on conclut que 100 de sulfate contiennent 69 de métal, et comme on a déjà trouvé 26 d'acide, il reste 5 pour l'oxygène uni au plomb. Il suit de là que l'oxyde de plomb est à 0,068 d'oxygène dans le sulfate. Ce résultat approchant extrêmement de celui de M. Vauquelin, qui a prouvé que cet oxyde contenait 0,07 d'oxygène, rend d'autant plus probable la proportion d'oxyde que j'indique dans le sulfate de plomb, et par suite celle du sulfate de baryte, etc.

Conclusion.

17. Il résulte des expériences que je viens de décrire, 1°. que le gypse pur ordinaire, quelle que soit sa division mécanique, renferme 21 à 22 centièmes d'eau pure; 2°. que le sulfate de chaux anhydre naturel ou artificiel, et le sulfate non anhydre calciné, contiennent les mêmes proportions de chaux et d'acide sulfurique, savoir: 0,42 à 0,43 de chaux, et 0,58 à 0,57 d'acide, à très-peu près, telles que Bergmann les avait déterminées; 3°. que le sulfate de baryte est composé de 0,33 d'acide sulfurique au moins, et 0,67 de baryte au plus; 4°. que les proportions moyennes de ces deux sels sont: 0,425 de chaux et 0,575 d'acide pour le sulfate de chaux, et 0,665 de baryte, 0,335 d'acide pour celui de baryte; enfin, qu'il y a dans le

sulfate de plomb pur et calciné 0,69 de métal, 0,26 d'acide sulfurique et 0,05 d'oxygène.

Mais, je le répète, je ne publie mon travail que parce que j'ai été frappé de l'accord de tous les résultats que j'ai obtenus, et qu'il m'a paru assez important pour mériter d'être vérifié.

ANALYSE

D'un Schiste des environs de Cherbourg, provenant des excavations faites dans le port Bonaparte.

Par M. Berthier, Ingénieur des Mines.

Considérée isolément, et en petites masses, cette roche a tous les caractères des primitives. Elle est d'un vert sale et possède, quoiqu'à un degré très-faible, l'onctueux et l'éclat du talc. Sa texture est schisteuse, et l'on distingue à la vue simple une multitude de petits grains de quartz cristallin disséminés entre les feuillets. Quelques-uns ont la cassure lamelleuse, et sont probablement du feld-spath : cependant, par son gisement, on doit sans incertitude regarder cette roche comme de formation intermédiaire. En effet, M. Descostils a observé qu'elle renfermait des blocs de granite, souvent très-considérables et arrondis, et qu'elle alternait avec des brèches anciennes bien caractérisées, des schistes talqueux, argileux, etc.

Il eût été impossible de séparer le quartz mélangé, même par le triage le plus soigné. D'ailleurs, la personne qui avait remis la substance au laboratoire, désirait qu'elle fût analysée dans son état d'intégrité.

On en a fondu 5g avec le double de leur poids de potasse caustique, dissout dans l'acide muriatique pur, évaporé à siccité, et séparé la silice.

La liqueur filtrée, essayée par l'acide sulfurique et l'hydrogène sulfuré, n'a donné aucun précipité. L'hydrosulfure d'ammoniaque y a formé un précipité noir. On a filtré. L'oxalate d'ammoniaque versé ensuite dans la liqueur l'a à peine troublée, et la potasse en a précipité une petite quantité de magnésie. Les sulfures ayant été redissoutes dans l'acide nitro-muriatique, on a tout précipité de nouveau par le carbonate de potasse saturé : il n'est rien resté dans la liqueur; ce qui prouve l'absence du manganèse. Enfin l'alumine et le fer ont été séparés par la potasse caustique.

Ces diverses opérations ont donné pour résultat :

Silice.	68,0
Alumine.	15,0
Oxide de fer.	5,0
Magnésie.	2,0
Chaux.	1,0 au plus.
Manganèse.	0,0
	91,0 pour 100

et par conséquent une perte de 9. On savait, à la vérité, qu'on n'avait pas recueilli toute la silice ; mais ce qu'on présumait avoir perdu était loin de pouvoir combler le déficit. En conséquence on prit 10^{g} de la substance réduite en poussière, et on la fit fortement calciner dans un creuset de platine. Elle perdit 0^{g},3 et s'agglutina faiblement. Restait encore 6 à remplir. On soupçonna la présence d'un alkali, et on entreprit sa recherche par la méthode que M. Davy a indiquée. V. *Annales de Chimie*, tom. 60, page 294.

5^{g} ont été fondus au creuset d'argent avec 10^{g} d'acide boracique. On a délayé le tout dans l'eau, et versé de l'acide muriatique en excès, évaporé presqu'à siccité, ajouté de nouveau un excès d'acide, puis filtré pour séparer la silice. La liqueur, suffisamment rapprochée, a déposé beaucoup d'acide boracique dont on s'est débarrassé. On a tout précipité ensuite par le carbonate d'ammoniaque, fait bouillir et filtré. La liqueur, rendue encore acide, et rapprochée jusqu'à pellicule, a déposé de l'acide boracique qu'on a enlevé; puis, après avoir achevé l'évaporation, on a fait calciner le résidu pour vaporiser les sels ammoniacaux. Ce qui est resté contenait encore de l'acide boracique, et quelques précautions qu'on ait prises, il a été impossible de le séparer par évaporation. C'est pourquoi, cette méthode, très-commode pour rechercher la présence des alkalis, nous paraît peu propre à en indiquer la proportion. On a versé dans la liqueur, réduite à quelques grammes, du muriate de platine qui a occasionné un précipité très-notable qu'on a reconnu être du muriate triple de platine et de potasse, comme on le dira en détaillant la troisième analyse qu'on a faite du même schiste.

Celle-ci a été entreprise dans le dessein de doser la potasse, dont la présence était certaine, et la silice qu'on n'avait point exactement.

On a tenu long-tems au rouge 10^{g} de la substance avec 5 fois son poids de baryte caustique. Le mélange étant devenu pâteux, on l'a délayé avec de l'eau et de l'acide muriatique pur. On a évaporé à siccité et recueilli la silice. Elle pesait 7^{g},45. On l'a refondue à la potasse, et dé-

layée dans l'eau et un peu d'acide sulfurique. Il y a eu un résidu du poids de $0^{g},4$ coloré en violet par le muriate d'argent. On l'a fait rougir avec du carbonate de potasse, et lavé à l'eau distillée. La liqueur contenait de l'acide sulfurique. Le résidu s'est en grande partie dissout dans l'acide muriatique ; il contenait de la baryte et de l'argent. Ainsi les $0^{g},4$ étaient composés de baryte, de muriate d'argent et d'un peu de silice. On peut donc porter celle-ci à $7^{g},1$.

La baryte a été précipitée de la dissolution muriatique par l'acide sulfurique, les terres et l'oxyde de fer par le carbonate d'ammoniaque. La liqueur filtrée ayant été évaporée à siccité, on a eu un résidu qui, calciné avec de l'acide sulfurique, s'est réduit à $0^{g},65$. On l'a redissout dans une très-petite quantité d'eau, et on a ajouté du muriate de platine concentré à sa dissolution. Il y a eu un précipité qu'on a recueilli. La liqueur surnageante, décomposée par l'hydrosulfure d'ammoniaque, filtrée et évaporée de nouveau, a donné un résidu de $0^{g},2$ composé entièrement de chaux et de magnésie. On n'y a pas trouvé la moindre trace de soude. Restait donc 0,45 de sulfate de potasse contenant environ 0,25 d'alkali. On s'est assuré que ce sulfate était à base de potasse par un moyen très-commode que M. Descostils a fait connaître, et qui sert à distinguer sur-le-champ le muriate triple de platine et de potasse de celui de platine et d'ammoniaque. Il consiste à faire bouillir de l'acide nitro-muriatique sur le précipité. Ce sel ammoniacal est décomposé, l'ammoniaque est brûlée et le platine dissout. Au contraire, celui de platine reste

intact, ou si la quantité de liquide est trop grande il se dissout, mais il reparaît en entier par l'évaporation.

Il résulte des expériences qui viennent d'être décrites que le schiste analysé contient :

Silice.	71,0
Alumine.	15,0
Fer oxydé.	5,0
Magnésie.	2,0
Chaux.	0,5 au plus.
Potasse.	2,5
Eau.	3,0
Perte.	1,6
	100,0

Il est possible que la potasse trouvée dans ce schiste provienne du feld-spath qu'on y soupçonne. Il serait intéressant de vérifier si cet alkali est inhérent à cette roche par l'analyse d'un morceau plus homogène.

NOTE

Sur les Forges du Département de l'Aude.

Extrait d'une Lettre écrite le 14 mars 1807, par M. le Préfet du Département de l'Aude, à S. E. le Ministre de l'Intérieur.

Il existe, en effet, seize forges dans le département de l'Aude, et l'on n'a pas exagéré leurs produits, lorsqu'on a porté leur fabrication moyenne annuelle a 200,000 myriagrammes de fer. J'ajouterai (c'est M. le Préfet qui parle) que la manufacture a reçu depuis peu dans ces usines une amélioration sensible. Plusieurs maîtres ont ajouté les aciéreries à leurs fourneaux; et l'un d'entre eux, M. Loup, propriétaire de la forge de Saint-Denis, a vu cette année récompenser son zèle par une médaille d'or de première classe. Les succès de M. Loup, dans la fabrication de l'acier-poule, sont d'autant plus dignes de remarque, qu'ils ont été obtenus par l'emploi exclusif des procédés indiqués dans l'instruction publiée en l'an 2 par le Comité de Salut public, et que ce maître de forge a eu le courage et le bon esprit de résister au charlatanisme de quelques ouvriers allemands, et de repousser toutes les sophistications et les prétendus secrets, qu'ils lui indiquaient comme nécessaires pour parvenir à une cémentation parfaite.

NOTE

Sur une Substance en cristaux isolés, de forme octaèdre irrégulière, des environs de Prague *en Bohême.*

Par M. Tonnellier, Garde du Cabinet de Minéralogie du Conseil des Mines.

La substance qui fait l'objet de cette Note, se voit dans la plupart des collections publiques et particulières de Vienne en Autriche, où les marchands d'objets relatifs à l'histoire naturelle de la ville de Prague l'envoient, sans aucune indication de gisement et de localité. J'ai eu dernièrement occasion de la voir dans la collection de M. Haüy, Professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle de Paris, ainsi que dans celle de M. Brochant, Ingénieur des mines, et Professeur de minéralogie à l'Ecole-Pratique de Moutiers.

La forme singulière sous laquelle cette substance se présente, dans l'état où elle nous arrive, jointe à un aspect qui a quelqu'analogie avec celui qu'offrent certaines matières fondues et corrodées, fixèrent mon attention d'une manière particulière, et firent naître en moi le désir de l'examiner de plus près. M. Haüy ayant bien voulu me confier les échantillons qu'il possède, et dont il est redevable à M. Karsten, Professeur de minéralogie à Berlin, j'ai cherché à connaître leur nature. Ils consistent en octaèdres parfaitement isolés, de près de trois centimètres de long sur deux de large pris à la base commune aux deux pyramides tétraèdres qui les composent. Je me suis assuré que ces octaèdres n'avaient rien de constant dans les valeurs de leurs angles plans et solides, non plus que dans les incidences respectives de leurs faces, toujours sillonnées par des stries ou cannelures plus ou moins profondes, dont les

directions, loin d'être régulières, ont lieu dans tous les sens sans garder aucun ordre entre elles. Les faces opposées d'un sommet à l'autre de ces octaèdres ne sont même pas parallèles. Les deux pyramides, tantôt aiguës, tantôt obtuses, droites dans quelques cristaux, obliques dans d'autres, présentent des faces hérissées de petites aspérités, semblables à celles qui recouvrent certains corps qu'une cause étrangère a corrodés et comme rongés. La collection du Conseil des Mines en offre plusieurs exemples, parmi lesquels je ne citerai qu'un morceau de chaux carbonatée sur lequel reposent des cristaux d'axinite violette, venant du bourg d'Oisans, dans le Département de l'Isère. Les lames de ce spath calcaire, de forme rhomboïdale, sont très-distinctes et brillantes, excepté aux parties qui ont été exposées à la surface du sol, et qui paraissent comme enduites d'une matière fondue qui aurait coulé et se serait ensuite figée. Les cristaux de Prague ressemblent parfaitement, quant à l'extérieur, aux parties altérées de ce spath calcaire, et l'on peut conjecturer qu'on les a mis dans de l'acide nitrique affaibli, ou dans d'autres réactifs, pour leur donner un aspect particulier qui les fit remarquer.

La forme des cristaux en question n'est point une forme naturelle, je la crois entièrement due à l'art. Ce n'est pas la première fois, pour le dire en passant, que les marchands d'objets d'histoire naturelle ont essayé de donner aux substances minérales des formes particulières, dans la vue d'en rehausser le prix aux yeux de l'amateur crédule, qui trompé par de fausses apparences, voit une chose rare où le naturaliste instruit ne voit qu'une chose très-commune. — La substance des environs de Prague est dans ce cas. Si l'on brise un de ces octaèdres de *fabrique* pour en soumettre les fragmens aux épreuves ordinaires, on y reconnaît tous les caractères de l'arragonite. C'est, 1°. la même effervescence dans l'acide nitrique, propriété qu'elle partage avec la chaux carbonatée ordinaire; 2°. la même dureté, supérieure à celle du spath calcaire, qu'elle raye fortement; 3°. la même pesanteur qui l'emporte aussi sur celle de ce dernier; 4°. la même manière d'agir sur la lumière, c'est-à-dire, montrant la double réfraction, à travers deux faces inclinées entre elles; phénomène qui devient toujours nul, lorsqu'on regarde les objets sur deux faces parallèles (1); 5°. la même manière de se comporter au feu; un petit fragment mis dans la flamme d'une bougie s'éparpille aussitôt, lance de tout côté de très-petites parcelles, tandis qu'un fragment de chaux carbonatée ordinaire, de même volume, y persiste sans éclater; 6°. le même aspect vitreux dans la cassure transversale; 7°. enfin le même éclat qui tient un peu du gras de la résine. J'ajouterai que beaucoup de morceaux d'arragonite m'ont offert à l'extérieur la couleur des cristaux dont il s'agit; celle d'un gris jaunâtre, ou pour me servir de l'expression de l'école de Werner, le jaune de vin, tantôt foncé, tantôt pâle.

Il me semble qu'il ne peut rester aucun doute sur la nature des cristaux octaèdres des environs de Prague. Ils ne nous apprennent autre chose, sinon que l'arragonite existe en Bohême, comme elle existe en France, en Espagne, en Saxe, dans le Tyrol, au pays de Salzbourg et autres lieux. Les naturalistes voyageurs qui ont accompagné le capitaine Baudin, en ont constaté l'existence dans les laves de la terre de Diemen et des îles environnantes. Plus on observera, plus on trouvera multipliés les lieux qui recèlent cette substance beaucoup moins rare dans la nature qu'on ne l'a cru jusqu'ici. Elle est excessivement répandue dans toute l'Auvergne; elle accompagne les mines de fer du Département du Tarn, ainsi que celles du Département de l'Aude. Certaines mines de fer spathique d'Allevard, dans celui de l'Isère, nous la montrent sur le même morceau à côté de la chaux corbonatée ordinaire. On la découvrira probablement dans beaucoup d'autres endroits.

Quant à l'idée que j'ai énoncée sur l'origine de ces cristaux octaèdres, que je regarde comme faits avec le couteau,

(1) M. Brongniart, dans le *Traité de Minéralogie* à l'usage des Lycées, qu'il vient de publier, en parlant de l'arragonite, dont il fait une variété de l'espèce de chaux carbonatée, sous le nom de *chaux carbonatée arragonite*, dit: « Que cette pierre a la réfraction » double, comme la chaux carbonatée spathique »: cela n'est exact qu'en ce sens, que les images vues à travers une masse transparente d'arragonite, dans un sens déterminé, paraissent doubles, ainsi que cela a lieu dans le spath d'Islande; si l'auteur eût voulu dire que la double réfraction suit les mêmes lois dans les deux substances, il se fût écarté de la vérité et de l'exactitude qu'il a mise dans ses descriptions.

elle est conforme à celle qu'en a conçue M. Estner, qui dans la deuxième partie du second volume de sa *Minéralogie*, imprimée à Vienne en 1797, termine ainsi (p. 971) ce qu'il dit des spaths calcaires : « Je dois décrire ici, ces » octaèdres artificiels de spath calcaire, qui s'exécutent à » Prague en Bohême, et qui ont été envoyés ici (à Vienne) » pour être vendus ». Ce savant les regarde comme des cristaux factices de chaux carbonatée ordinaire, puisqu'il n'a point fait connaître, dans la description qu'il en donne, les caractères saillans et bien tranchés qui mettent en contraste les deux substances.

Je viens de faire voir, que c'est à l'arragonite et non à la chaux carbonatée ordinaire, qu'il faut rapporter la substance en cristaux isolés des environs de Prague. Je n'examinerai point à fond la question qui divise de nos jours les minéralogistes et les chimistes ; savoir, si l'arragonite est une espèce (en prenant ce terme dans le sens rigoureux) distincte de la chaux carbonatée spathique, près de laquelle, en toute hypothèse, il convient de la placer dans un tableau minéralogique ; mais je ne peux m'empêcher de remarquer ici, que le caractère emprunté de la double réfraction, qui suit dans l'arragonite des lois tout-à-fait différentes de celles auxquelles elle est soumise dans le spath calcaire, joint au caractère tiré de la structure très-différente dans les deux substances, fournit un des argumens les plus forts en faveur de l'opinion, qui tendrait à séparer l'arragonite et la chaux carbonatée. Cet argument m'a paru sur-tout avoir acquis beaucoup de force depuis les belles et intéressantes expériences de M. Biot, par lesquelles ce savant a démontré qu'il existe une grande analogie entre la puissance réfractive des corps et leur composition chimique, et qu'en certains cas, une simple mesure d'angle peut être l'équivalent d'une analyse chimique.

ANNONCES

Concernant les Mines, les Sciences et les Arts.

Ephemeriden *der Berg und Hütten kunde*, (Éphémérides de l'art des Mines et Usines), *par Charles Erenbert, Baron de Moll* (1), tom. 1. Munich, 1805.

C'est le nouveau titre que le Baron de Moll, Vice-Président de l'Académie de Munich, savant aussi distingué par son esprit que par ses connaissances, vient de donner à ses *Anales de l'art des Mines et Usines ;* ouvrage périodique spécialement consacré à cet art et à la minéralogie, et qui est bien certainement un des Journaux scientifiques les mieux faits et les plus intéressans qui existent dans aucune langue.

Si jamais les auteurs de ces Journaux venaient à se disputer le prix, le Baron de Moll aurait des droits bien fondés pour y prétendre, sur-tout s'il devait être jugé d'après la loi établie par le législateur de la littérature latine.

> Omne tulit punctum, qui miscuit utile dulci,
> Lectorem delectando pariterque monendo.
>
> Hor. *Ars poet.*

Il divise chaque cahier de son Journal en deux parties : la première est destinée aux Mémoires scientifiques qui lui

(1) M. le Baron de Moll habitait autrefois le pays de Salzbourg ; il a envoyé, il y a quelques années, au Conseil des Mines, une magnifique collection des minéraux de ce pays. On peut la voir au cabinet de minéralogie du Conseil ; elle y est dans la salle n°. 1, sous des cages de verre.

sont envoyés : la seconde, qui est imprimée en plus petit caractère, et qui est d'une étendue au moins égale à la première, est consacrée aux extraits et à toutes les nouvelles littéraires qui peuvent intéresser la science et les lecteurs auxquels cet ouvrage est destiné. Cette seconde partie, fruit d'une correspondance très-étendue, est toujours fort bien faite et très-propre à piquer la curiosité du lecteur. Toutes les fois que nous avons reçu un cahier de ce Journal, il nous a été impossible de ne pas abandonner de suite le travail auquel nous étions occupés pour parcourir les articles relatifs aux nouvelles littéraires, et souvent nous nous sommes oubliés des heures entières à cette agréable lecture.

Nous avons déjà fait passer dans notre Journal divers Mémoires extraits de celui du Baron de Moll. On fera également connaître en détail les objets scientifiques que ce nouveau volume renferme ; nous allons, dans ce moment, nous borner à donner une idée de ce qu'il contient en traduisant la table des matières.

PREMIÈRE PARTIE.

I. Sur une Carrière de Basalte, près de Steinheim, par M. Léonard.

II. Sur l'emploi de la Tourbe crue, pour l'affinage du fer.

III. Fragmens orictognostiques, par Brunner.

IV. Sur les succès qu'ont eues, dans les salines de la Saxe, les dispositions faites pour y mettre à profit la chaleur du soleil ; et sur de semblables essais faits autrefois en Tyrol et en Bavière.

V. Profil (ou nivellement barométrique) des Alpes, depuis Vienne jusqu'à Trieste, et de Trieste jusqu'à Salzbourg ; extrait d'un voyage minéralogique fait par M. Karsten en 1804.

SECONDE PARTIE.

I. Extraits des Journaux. Du *Collecteur économique*, par Weber ; du *Magasin d'Histoire naturelle*, par Voigt ; de la *Bibliothèque Britannique* ; des *Entretiens utiles sur les Pays, la Nature et les Peuples* ; du *Mercure Germanique* ; des *Archives littéraires de l'Europe* ; du *Journal de Physique*, de Lametherie ; de la *Nouvelle Feuille de Berlin*, par Biester ; du *Journal pour les Fabriques, Manufactures, Commerce* ; du *Cahier économique* ; du *Journal des Mines* ; des *Annales des Arts et Manufactures*, par Orelly.

II. Correspondance. *Lettres de S. A. l'Archiduc Jean d'Autriche* (1) ; de MM. André, Beckmann, Bredetzki, Brunner, Gruner, Mohs, etc. etc. etc.

III. Nouvelles et Annonces concernant les Mines et Usines.

1. *Nécrologie.* Beier, Charpentier, Mussin-Puschkin, etc.

2. *Avancemens.* Baader, Blumhoff, etc.

3. *Bibliographie.* (Annonces de divers ouvrages allemands).

4. *Muséographie.* Sur les Cabinets de minéralogie de Cronstedt, de Jacquin, etc. Sur un échange de minéraux à Aschaffenburg. Sur des nécessaires minéralogiques.

5. *Séances académiques, et sujets de prix.* Institut national de France, Académies de Berlin, de Pétersbourg, de Copenhague, de Gottingue, de Munich, de Jena, de Lisbonne, de Leipsick, de Caen, etc. etc.

---

(1) Cette lettre, adressée au Baron de Moll par l'Archiduc même, a plus de 20 pages d'impression, et renferme des observations faites dans un voyage scientifique que ce prince fit en 1803 dans les montagnes du Tyrol.

6. Cours (sur diverses sciences). A Abo, Altdorf, Barcelonne, Berlin, Berne, etc. etc. Freiberg, Pezay (1), Paris, Montpellier, etc. etc.

7. *Voyages minéralogiques* du Prince Sapieha au Caucase; du Docteur Seetzen au mont Liban; du Conseiller des Mines Giesecke au Groënland, etc. etc.

2. *Notices minéralogiques*, sur le Nicolan de Richter; sur des Succins d'une grosseur remarquable; sur la Carte minéralogique et géologique de l'Angleterre, par Smith; nouveaux changemens faits par Werner au Système de minéralogie.

(1) A l'article *Pezay*, l'auteur parle de l'institution de l'École des Mines, à Pezay, dans le Département du Mont-Blanc, sous la direction de M. Schreiber; il indique les cours que MM. Baillet, Hassenfratz et Brochant, doivent y faire.

JOURNAL DES MINES.

N°. 125. MAI 1807.

NOTICE MINÉRALOGIQUE ET GÉOLOGIQUE

Sur quelques Substances du Département de la Loire-Inférieure, *et particulièrement des environs de Nantes.*

Par M. P. M. S. Bigot de Morogues.

Le sol des environs de Nantes, quoique presque plat et peu élevé au-dessus de la mer, doit cependant être considéré comme primitif; au moins dans l'acception jusqu'actuellement reçue par la dénomination de *roche primitive*. Toutes les masses principales sont granitiques; le *quartz*, le *feld-spath* et le *mica*, sont les substances dominantes. Chacune d'elles offre dans cette localité des variétés intéressantes, soit par rapport aux formes, soit par rapport aux substances qui les accompagnent ou qui modifient leurs propriétés; la *tourmaline* fait souvent partie des *granites* et *gneiss* de ce pays. Mais je l'ai reconnue beaucoup plus rarement que l'*amphibole* qui y forme une masse très-consi-

dérable, laquelle s'étend entre la route de Vannes et la Loire, en suivant les bords du bassin de ce fleuve pendant l'espace de plusieurs lieues. C'est dans les fissures de cette masse amphibolique, que M. Dubuisson, habile minéralogiste, a trouvé le *titane silicéo-calcaire*, la *chaux phosphatée*, l'*émeraude*, et plusieurs autres minéraux également intéressans, que M. Tonnellier a fait connaître dans le n°. 97 du *Journal des Mines*.

Je m'étendrai peu sur ces gisemens déjà connus, et qui n'ont pu m'offrir le même intérêt qu'à M. Dubuisson; les carrières que celui-ci avait décrites étant rebouchées à l'époque où je les visitai; je ne donnerai donc ici que quelques observations isolées sur les substances les plus remarquables que j'ai rapportées des environs de Nantes, et dont une grande partie m'ont été données par le savant que j'ai déjà cité.

Ayant observé, conjointement avec MM. Alluau et de Tristan, la fétidité dans les *quartz* des environs de Chanteloub, Département de la Haute-Vienne; l'aspect de ceux des environs de Nantes, me fit présumer qu'ils pourraient aussi jouir de cette propriété; en conséquence ayant remis à M. Dubuisson un des morceaux que j'avais rapporté de Chanteloub, je l'engageai à venir avec moi essayer les *quartz* de son pays: nous nous rendîmes donc sur la route de Rennes, et après quelques recherches, nous eûmes la satisfaction de trouver des quartz fétides, et même beaucoup plus que le petit échantillon que j'avais rapporté.

Nos quartz fétides des environs de Nantes,

ainsi que ceux de Chanteloub, diffèrent essentiellement de ceux de l'île d'Elbe, rapportés antérieurement par M. Lelièvre, non-seulement par leurs caractères, mais encore par leur position géologique; car ils sont adhérens au *feld-spath* et au *mica*, et même forment un des élémens du granite primitif de ces cantons.

Les environs de Nantes sont remplis de quartz fétides originaires du granite; et le plateau de la Salle-Verte n'est qu'un bloc de granite, dont tous les quartz jouissent plus ou moins de cette propriété. J'eus lieu de remarquer dans ce local, 1°. que tous les quartz n'y sont pas également fétides; 2°. que dans un même bloc de quartz, toutes les parties ne jouissent pas au même degré de cette propriété; 3°. que le feld-spath et le mica n'y participent pas; 4°. que plus le granite est à gros grains et plus le quartz est fétide; 5°. que cette propriété est plus énergique dans les granites de la superficie que dans ceux du fond des carrières; 6°. que le feld-spath cristallisé et le mica rhomboïdal accompagnent souvent le quartz fétide; et 7°. enfin que ce quartz offre quelquefois des formes régulières qui sont toujours semblables à celles du quartz hyalin.

Par ces caractères extérieurs ce quartz fétide se rapproche beaucoup du quartz hyalin; je n'en ai cependant pas trouvé d'absolument blanc ni de diaphane, mais je leur ai toujours vu jusqu'à ce moment une couleur grisâtre. Il est demi-transparent et jamais opaque; son aspect est un peu gras; il est vivement phosphorescent, lorsque dans l'obscurité, on frappe deux morceaux l'un contre l'autre. Sa cassure

est presque vitreuse, tirant plus ou moins à l'écailleuse; ses formes sont celles du quartz hyalin; et sa dureté est à peu près la même.

La pesanteur spécifique d'un morceau de quartz très-fétide se trouva de 2,639, tandis que celle d'un morceau qui avait perdu sa fétidité, et qui était rempli de fissures, qui lui donnaient une cassure légèrement écailleuse, était de 2,648. Ce qui prouve que le quartz fétide augmente de poids en perdant sa fétidité; le principe de la fétidité est donc plus léger que l'eau; cette grande légèreté, sa fugacité et son odeur, me font présumer que l'hydrogène en est au moins un des élémens les plus abondans; qu'il s'y trouve renfermé à l'état solide, soit par une affinité indéterminée, soit par la force de cohésion du quartz, et qu'il en est dégagé toutes les fois que le calorique vient augmenter l'élasticité de l'hydrogène, ou que la cohésion du quartz se trouve assez diminuée pour que l'élasticité, l'attente de l'hydrogène l'emporte sur elle.

Le quartz fétide diffère essentiellement du quartz hyalin ordinaire par l'odeur vive et désagréable qu'il répand par le choc, et souvent même par le simple frottement. Le choc sur les angles d'un fragment dégage une odeur plus sensible que celui sur le milieu d'une de ses surfaces, parce qu'il produit plus facilement de petits éclats capables de laisser échapper le principe odorant; l'odeur dégagée a quelque analogie avec celle des gaz hydrogènes sulfuré et carburé, et dans les morceaux bien fétides, elle se conserve plus d'une minute après le choc. J'observai, comme je l'ai dit, les quartz fétides sur la route de Rennes, depuis Nantes jusqu'à une lieue au-delà; quelques-uns d'entre eux peu fétides provenaient d'un filon de quartz qui se trouve dans des gneiss à couches verticales, à gauche un peu avant la barrière; le fer sulfuré se trouve dans ces mêmes gneiss; mais les échantillons de quartz les plus fétides provenaient des granites voisins de la route, dont je visitai une carrière ouverte un peu à gauche, à une lieue de Nantes; là je fis les mêmes observations qu'à la Salle-Verte; le quartz fétide s'y trouve de même faire partie du granite, mais il y est quelquefois, quoique rarement, accompagné de fer arsenical amorphe.

Sans prétendre expliquer ici la cause première de la fétidité des quartz des pays granitiques, j'observerai cependant qu'elle a dû être aussi ancienne que leur origine, et qu'à l'époque de la cristallisation des granites, le principe fétide a dû être renfermé dans tous ses élémens; probablement le tissu plus lâche du feld-spath et du mica, n'aura pu le retenir, tandis que le tissu plus serré du quartz ne lui a pas permis de s'échapper; en effet, le quartz fétide a la dureté et l'homogénéité du quartz hyalin, et le principe odorant qu'il renferme ne s'en échappe que par le choc, ou toute autre cause qui tend à désunir ses parties, comme je l'observerai en parlant des quartz aventurinés.

J'ai remarqué que les quartz exposés à l'air extérieur, dégagent plus facilement l'odeur fétide, soit que l'action de la lumière, celle de la chaleur ou quelqu'autre cause, ait rendu plus libre le principe odorant.

Un fragment de quartz grisâtre, demi-transparent et très-fétide, ayant été chauffé entre des charbons, fut retiré du feu avant d'avoir rougi. Pendant le refroidissement, il répandit une légère odeur fétide, semblable à celle qu'il dégageait auparavant par le choc; examiné après le refroidissement, il avait blanchi et perdu sa fétidité, même par le choc, et en le cassant il ne dégageait plus aucune autre odeur que celle des pierres siliceuses.

Les environs de Nantes des côtés N. et N. O., qui renferment une grande quantité de quartz fétides, soit détachés du granite, soit en faisant encore partie, sont également riches en quartz aventurinés; mais ces derniers ne se trouvent que roulés, et de couleur brune plus ou moins foncée; les plus beaux sont ordinairement les plus petits, et sont toujours les plus bruns et les plus roulés; l'intérieur est toujours moins coloré et moins aventuriné que l'extérieur; et quelquefois, sur-tout dans les gros morceaux, le centre n'est ni coloré ni aventuriné, ou l'est très-peu: ces quartz sont un peu plus fragiles, mais aussi durs que les quartz fétides.

Leur pesanteur spécifique est plus grande; une aventurine du poids de 635 grains donna pour pesanteur spécifique 2,648. Elle était d'un brun foncé opaque et sans fentes apparentes, mais bien aventurinée. Cette pesanteur n'est pas si grande que celle que M. Haüy donne au quartz hyalin, le plus pesant qui, selon lui, va jusqu'à 2,6701, Ce qui provient des nombreuses fissures du quartz aventuriné; elles est cependant un peu plus forte que celle du quartz

qui a perdu presque toute sa fétidité, ce qui est conforme à la théorie que j'ai donnée, et qui s'explique par la perte totale du principe fétide, et par l'absorption d'un peu d'oxyde de fer qui sert de principe colorant aux quartz aventurinés.

La cassure de ces quartz n'est jamais vitreuse ni lamelleuse, mais elle est toujours presque écailleuse à la superficie, et plus ou moins grenue à l'intérieur, les parties aventurinées ne sont que peu translucides sur les bords, l'intérieur l'est davantage. Ces quartz ne se trouvent jamais en place ni cristallisés; très-rarement ils adhèrent au feld-spath, mais quelquefois ils renferment des paillettes de mica: on sait qu'ils doivent leur éclat aux lamelles brillantes de quartz transparent qui, au milieu d'une surface polie et d'un beau brun opaque, réfléchissent au soleil des rayons lumineux d'un beau jaune métallique, ou couleur de feu ou vert de flamme, etc. Je ne m'étendrai pas sur l'explication de ce phénomène, dont la cause a été déterminée, relativement aux opales, par le Guide des minéralogistes français (Haüy, t. 2, p. 456); je tâcherai seulement d'expliquer l'origine de ces quartz aventurinés, d'après les observations que l'inspection des lieux, et les nombreux échantillons que j'ai récoltés m'ont mis à portée de faire.

D'où vient le quartz aventuriné? s'il a été formé en place, pourquoi ne le trouve-t-on que roulé? et pourquoi la surface est-elle très-souvent aventurinée, tandis que le centre ne l'est que très-rarement, et seulement dans les morceaux d'un petit volume? L'embarras de répondre à ces diverses questions me fit examine

davantage les divers quartz roulés qui se trouvent avec les aventurines, et je crus devoir en conclure que les uns et les autres tirent leur origine des granites environnans, et qu'ils en ont tous indistinctement fait partie, mais qu'ils ont subi plusieurs altérations, dont le quartz aventuriné forme le dernier terme, et le quartz fétide le premier; sans prétendre expliquer la cause de ces divers changemens, je vais présenter la série des passages que j'ai observée.

Au fond des carrières de granite récemment ouvertes, le quartz est un peu fétide, non que le principe odorant n'y existe à l'état de combinaison, mais il n'est pas encore développé suffisamment : dans les morceaux retirés depuis quelque tems, ou dans ceux de la superficie, la fétidité s'est développée davantage par l'action des agens extérieurs; elle diminue dans les fragmens roulés par la perte du principe odorant qui s'échappe par les fissures; par la suite le quartz s'étonnant dans toutes ses parties, devient d'un blanc presque mat, perd sa cassure vitreuse, devient plus léger et plus poreux, et n'est plus du tout fétide, et alors, par le choc, il ne fait plus ressentir que l'odeur commune à toutes les pierres siliceuses; l'intérieur des gros quartz aventurinés est souvent dans cet état; dans la suite, l'air et l'eau s'introduisant peu-à-peu par les innombrables fissures de ces quartz, oxydent le fer qui leur est combiné, et l'eau en charie peut-être même de nouveau; ils prennent alors une couleur brune plus ou moins foncée, en raison composée de la quantité du fer qu'ils contiennent, et du degré d'oxydation qu'il a pris.

Lorsque le fer oxydé brun se trouve en quantité suffisante, et que les fissures du quartz sont très-nombreuses, la lumière trop souvent réfractée et réfléchie, ne peut plus pénétrer à l'intérieur, et de presque transparent que le quartz était dans son origine, lorsqu'il faisait partie du granite, il est devenu brun et opaque; quelques lamelles cependant se trouvant plus minces ou plus parallèles à la surface polie, et renfermant de l'air entre elles et le reste du morceau de quartz, permettent à la lumière de les pénétrer, mais ne la réfléchissent que sur la surface intérieure qui lui est opposée, et après qu'elle a été arrêtée par l'enduit d'oxyde métallique qui recouvre cette même surface et remplit les fissures du quartz brun opaque, c'est de l'épaisseur de ces lamelles que dépend la couleur des reflets du quartz aventuriné; et comme elle n'est pas proportionnelle la couleur des reflets est variable. On peut consulter à ce sujet l'explication du phénomène des anneaux colorés.

Il me paraît donc évident que le brillant des quartz aventurinés des environs de Nantes, ne doit pas être attribué au mica, mais bien à des lames de quartz, ainsi que le pense Romé de l'Isle (t. 2, p. 154); mais cependant je ne crois pas comme lui, que les aventurines soient au grès ce que le marbre salin est au marbre ordinaire; car les aventurines ne sont qu'un quartz originairement compacte qui s'est fendillé, le grès est une agglutination de fragmens déjà formés; le marbre salin une cristallisation confuse, et le marbre ordinaire un dépôt consolidé.

Je remarquerai aussi que je n'ai trouvé aucun quartz aventuriné dans les roches primitives de la Basse-Bretagne, ainsi que l'indique la note 186 de la Cristallographie de Romé de l'Isle; mais que ceux que j'ai trouvés dans les environs de Nantes seulement, étaient toujours roulés, et même M. Dubuisson m'a assuré, que malgré ses recherches, il n'en avait jamais trouvé d'autres.

En parlant du quartz fétide, j'ai déjà remarqué qu'au plateau de la Salle-Verte, il est associé au mica rhomboïdal et a diverses formes de feld-spath : j'ai trouvé aussi dans la même localité, outre de beau feld-spath lamellaire, dont on peut extraire des rhomboïdes de près d'un décimètre de côté, plusieurs morceaux de feld-spath saccarroïde d'un blanc sale, et renfermant des lames d'amphibole vert brun, et quelques portions de quartz légèrement fétides, ainsi que des cristaux de feld-spath blanc lamellaire. Je n'ai point cassé ceux-ci en place, tandis que j'ai trouvé les autres formant partie du granite qui renferme le quartz fétide.

Le feld-spath grenu est d'un blanc de neige et opaque; vu à la loupe, il paraît composé de grains brillans d'un blanc éclatant et un peu transparent; il est quelquefois friable entre les doigts, et sa poussière raye faiblement le verre. D'autres fois sa cohésion et son apparence sont presque les mêmes que dans une substance que j'ai rapporté du grand Saint-Bernard, et qui est décrite par Saussure sous le n°. 999 du t. 2 de son *Voyage dans les Alpes*. Ordinairement il ressemble à un grès à grains fins, et est assez poreux pour permettre à l'humidité de le pénétrer, d'oxyder le fer contenu dans les lames d'amphibole, et de le charier dans la masse feld-spathique, qui par-là quelquefois prend une couleur jaune ocracée. Je trouvai la pesanteur spécifique d'un des morceaux les plus purs de 2,628; par l'imbibition il augmenta de 0,0075; chauffé entre des charbons au point de devenir d'un beau rose très-vif, il n'a subi aucune altération sensible, si ce n'est qu'il est devenu plus friable; chauffé seul au chalumeau ses grains se sont agglutinés, et vus à la loupe, ils avaient donné un émail blanc moins bien fondu que celui donné par le feld-spath lamelleux de la même localité; avec le borax l'un et l'autre ont donné un verre blanc; la chaleur ne communique à ce feld-spath aucune électricité, et le frottement aucune phosphorescence.

Cette variété de feld-spath, que je crois devoir désigner sous le nom de *feld-spath saccaroïde*, à cause de sa ressemblance au sucre, n'est pas décrite dans l'excellent Traité de Minéralogie de M. Haüy; car son feld-spath granuleux et son feld-spath argiliforme sont résultans de la décomposition des feld-spaths; et le dernier qui doit son infusibilité à l'absence de la potasse qu'il a perdu, ne peut plus être regardé comme un feld-spath; car un des principes reconnu essentiel au feld-spath lui manque. Dans les méthodes géologiques on doit cependant les laisser à leur suite, ainsi que l'a fait M. Haüy, à cause de son origine, et des formes qu'il conserve souvent; mais cela ne peut être dans les classifications purement chimiques. Le feld-spath granuleux décrit par M. Haüy, n'est que le passage

du feld-spath commun au kaolin, tandis que celui dont il est question ici, est d'origine aussi ancienne que les roches qui l'accompagnent, et est dû à une cristallisation confuse et précipitée, et non à un commencement d'altération; il ne peut pas non plus être confondu avec les pétrosilex de Dolomieu, ni avec les palaïopètres de Saussure, sa cassure et sa friabilité l'en séparant; quoique j'ai observé le passage de l'un à l'autre dans le pétrosilex blanc du Huelgoat (qui se trouvant en filon accompagné de quartz dans une roche schisteuse, pourrait bien ne pas être regardé comme tel par M. Brongniart), il ne peut pas non plus être confondu avec les hornsteins écailleux et conchoïdes de M. Brochant, qui ne sont que des pétrosilex; et il ne se rapproche pas davantage du feld-spath compacte de cet auteur. Je crois donc que cette intéressante variété n'avait pas encore été observée.

Les lames d'amphibole contenues dans le feld-spath saccaroïde, sont de la variété décrite par M. Haüy, sous le nom d'*actinote lamellaire*, et doivent être placées dans les horne-blendes communes de M. Brochant.

On trouve dans des carrières de granite, à l'extrémité du quartier de Nantes appelé *la Fosse*, un filon de quartz accompagné de baryte sulfatée, dont M. Dubuisson a fait extraire des morceaux assez bien cristallisés, que je ne vis que trop légèrement pour en déterminer les formes: les morceaux que ce naturaliste m'a donné, n'offrent d'ailleurs que des cristaux mal prononcés.

Au mont Gohier, au N. E. de Nantes,

M. Dubuisson me fit trouver un gneiss très-intéressant, renfermant des tourmalines aciculaires, dont aucune ne me présenta de sommet. Elles sont brunes, demi-transparentes, et n'excèdent guère la grosseur d'un crin; mais on en trouve au même lieu, dans un quartz micacé, quelques-unes qui ont jusqu'à deux millimètres de diamètre, mais celles-ci sont noires et opaques: quoique je ne pusse parvenir à les isoler de la gangue, cependant, en chauffant le morceau qui les contient, j'en obtins de légers signes d'électricité.

Un peu plus loin, sur la route de Rennes, M. Dubuisson a trouvé de la soude muriatée efflorescente sur des gneiss en décomposition qui bordent la route.

Au bord du lac de Grand-Lieu, près de Porte-Saint-Père, on trouve dans les tourbières des corps d'arbres entiers dont le bois est peu altéré.

Entre Porte-Saint-Père et Nantes, je trouvai en place, proche la commune de Bois, une substance que j'appelle *cornéenne schisteuse*; elle est opaque, excepté dans ses angles très-aigus qui sont un peu translucides; sa couleur est le blanc tirant un peu sur le brun verdâtre; sa cassure, dans un sens, est schisteuse, et présente des fragmens aussi irréguliers dans leur forme que dans leur étendue et dans leur épaisseur; dans l'autre sens la cassure est irrégulière, compacte, et très-légèrement écailleuse; l'ensemble des deux cassures est esquilleuse. Cette roche, vue à la loupe, paraît d'une pâte homogène, sans aucuns rudimens de substances étrangères, autres que l'oxyde de fer de couleur fauve qui a pénétré entre ses fissures,

Frappée sur son plat, elle repousse légèrement le marteau; elle est difficile à casser, un peu élastique et très-sonore; sa pesanteur spécifique est de 2,625; par l'expiration elle donne l'odeur argileuse; elle raye le cuivre, mais elle en reçoit une trace métallique; elle est même assez dure pour rayer facilement le verre, mais elle se laisse entamer par la lime et ne fait pas feu au briquet; réduite en poudre, sa couleur devient un peu plus claire, et elle est un peu douce au toucher. Chauffée entre des charbons, elle a donné par la chaleur de légers signes d'électricité. Ayant été rougie au feu, sa couleur est devenue brune, et sa dureté a un peu augmentée; par-là, elle est devenue attirable à l'aimant, mais l'est devenue beaucoup plus étant fortement chauffée au chalumeau, où elle donna un émail noir très-mal fondu; le borax put à peine en dissoudre, et le verre qu'il donna était blanc et transparent après le refroidissement. La substance dont elle paraît se rapprocher le plus est la cornéenne (horneblende schisteuse de Brochant); mais sa cassure, sa couleur et sa dureté l'en séparent; elle pourrait peut-être se rapprocher du klingstein ou pierre sonnante (Brochant, t. 1, p. 437). C'est à l'analyse à décider sa place minéralogique; quant à sa place géologique, elle est à côté des serpentines.

Je trouvai aussi proche de Bois beaucoup de fragmens d'une sepentine verte tachetée, qui doit être rapportée à la serpentine commune de Brochant. (Voyez *Traité de Minéralogie*, t. 1, p. 481). L'humidité lui fait dégager une très-forte odeur argileuse, et l'eau qui la mouille, quand elle est très-sèche, s'introduit dans ses pores avec un bruit remarquable; elle a aussi un certain degré d'élasticité sensible au marteau; elle est remarquable en ce qu'elle est dure au point de rayer un peu le verre; elle renferme quelques lamelles d'horneblende de même couleur qu'elle, et des noyaux de fer oxydulé légèrement attirables à l'aimant qui souvent disparaissent, et laissent à leur place des cavités remplies d'une matière pulvérulente, d'un jaune fauve, que je crois de l'oxyde de fer. Les morceaux exempts de ces cavités sont susceptibles d'un beau poli.

Par la chaleur du chalumeau cette serpentine devient plus attirable; elle prend une couleur blanche très-légèrement ocracée tirant au grisâtre, parsemée de taches de fer oxydé brun; un fragment de cette serpentine, calciné, chauffé ensuite avec le borax, s'est en partie dissous, et a donné au verre une couleur verte analogue à celle du péridot, mais plus foncée et plus brillante. La partie non dissoute est restée au milieu du verre sans changer de couleur.

On trouve, proche ce lieu, dans les carrières de serpentine du Laudat, le fer oxydulé cristallisé dur, et un asbeste dur verdâtre, qui quelquefois est fibreux dans une partie et dans l'autre, est d'un brun noir avec une cassure conchoïde, et a l'apparence extérieure d'un peschstein. Je vis un morceau de cette nature entre les mains de M. Dubuisson, qui ne l'avait pas encore examiné.

La serpentine de cette localité est souvent contournée et presque fibreuse, de telle sorte qu'il est difficile de dire si quelques échantillons

doivent être rangés avec l'asbeste vert, dur et contourné, ou avec la serpentine. C'est dans cette variété intermédiaire qu'existe le passage à un état extérieurement analogue au pechstein: ce passage insensible qui me paraît fort intéressant, mérite d'être examiné, et je l'ai déjà observé dans quelques échantillons que je crois originaires des Pyrénées; mais dans ces derniers la cassure n'était ni aussi conchoïde, ni aussi vitreuse que dans le précédent.

Quelques morceaux de serpentine de ces carrières du Laudat, renferment des filets blancs qui pourraient être de la grammatite, du moins ils ont le même aspect que quelques grammatites de Sibérie. On trouve aussi dans cette localité un talc chlorite dur, renfermant du fer oxydulé octaèdre, annoncé dans le n°. 97 du *Journal des Mines*.

Le même naturaliste a aussi trouvé dans la forêt de Verton, à deux lieues de Nantes, une substance qu'il regarde comme un pétrosilex; elle est d'un vert brun qui passe quelquefois au rouge brun; elle n'est pas sans intérêt; elle se trouve dans ce lieu par masses isolées à la superficie du sol, sans avoir encore été recherchée en place.

Il y a quelque tems qu'en creusant un puits dans l'enceinte de l'hôpital de Nantes, situé dans une des îles de la Loire, on retira une argile remplie d'empreintes de roseaux, dont une partie était convertie en fer azuré pulvérulent, d'un très-beau bleu; j'en dois quelques échantillons à la générosité de M. Dubuisson, auteur de cette découverte.

J'observerai ici que le fer se trouve minéralisé de

de couleur bleue dans des situations géologiques très-différentes; ainsi M. Dubuisson a trouvé dans un filon granitique de la carrière du Four-au-Diable, une substance d'abord bleue qui, par son exposition à l'air, devient noire, et qu'il regarde comme du fer phosphaté. On a trouvé dans les laves d'Auvergne et dans celles de l'Isle-de-France, du fer phosphaté d'un bleu foncé: dans le département du Jura, j'ai trouvé des morceaux de mines de fer en grains agglutinés par une marne coquillère de couleur bleuâtre, laquelle est rejetée par les mineurs comme donnant un fer cassant; ce qui très-probablement tient au phosphate de fer, qui paraît être son principe colorant: on sait aussi que souvent dans la tourbe et dans les argiles humides, on rencontre du fer azuré analogue à celui qui a été trouvé dans l'argile de l'hôpital de Nantes, dont il remplit les empreintes de végétaux, à la décomposition desquels il paraît dû. En réfléchissant sur des positions géologiques si différentes, je croyais devoir présumer que le fer azuré faisait deux espèces aussi distinguées par l'analyse que par l'origine. Je regardais comme fer phosphaté, 1°. celui du filon granitique du Four-au-Diable, localité où il accompagne évidemment la chaux phosphatée, et où son origine n'est pas plus difficile à expliquer, que celle de cette substance qui a déjà été très-souvent trouvée dans les pays granitiques. 2°. La chaux phosphatée ayant été trouvée aussi dans les laves, il n'est pas étonnant que le fer phosphaté s'y trouve aussi: je regardai donc encore le fer azuré qui se trouve dans les laves et basaltes, comme fer phosphaté;

ce que l'analyse de M. Fourcroy a confirmé. 3°. Enfin je regardai aussi comme tel, celui qui accompagne les mines de fer limoneuses coquillères ; ce que Bergmann et Klaproth ont confirmé, l'un en prouvant l'existence du phosphate de fer dans les mines de fer limoneuses, et l'autre en reconnaissant l'acide phosporique dans le fer azuré qu'elles contiennent. Je réunis ces trois phosphates de fer au fer phosphaté des volcans de l'Isle-de-France, et je ne les distinguai de celui de Chanteloub, que parce que ce dernier contient beaucoup de phosphate de manganèse. Mais quant au fer azuré contenu dans les tourbes ou dans l'argile de l'hôpital de Nantes, je le regardai comme d'une nature différente ; mais un examen plus approfondi me fait croire qu'on peut aussi présumer qu'il est phosphaté, quoi qu'il soit évidemment dû à la décomposition des végétaux dans lesquels les principes de l'acide prussique sont beaucoup plus abondans que le phosphore ; cette opinion m'a été démontrée, parce qu'il perd sur-le-champ sa couleur dans l'acide nitrique qui le dissout en prenant une teinte un peu fauve, et parce qu'évaporé à siccité il se redissout dans de nouvel acide nitrique, ce que ne ferait pas le prussiate de fer. L'huile lui donne une couleur presque noire ; et chauffé au chalumeau avec le borax, il donne un verre jaune de topaze, mais chauffé seul, il se fond en un émail brun presque noir, après être devenu brun au premier coup de feu, par la perte de l'eau qu'il contenait en formant probablement un phosphate d'hydrate de fer, ainsi que M. Proust le pense, relativement à beaucoup

de sels métalliques qu'il regarde avec raison comme à base d'hydrate et non d'oxyde simple. Cette combinaison de l'eau dans les phosphates de fer, explique leur couleur bleue qui les différencie réellement des phosphates d'un brun foncé ou presque noir, qui sont les seuls qui se trouvent faire partie des granites : on trouve dans les fissures de quelques basaltes, et dans les cavités des laves, un phosphate bleu pulvérulent ou lamellaire, mais celui-ci y a probablement été introduit depuis leur formation ; je crois donc qu'on doit faire trois espèces minéralogiques dans les substances où on a reconnu l'oxyde de fer et l'acide phosphorique. Je donnerai le nom de *fer phosphaté* au phosphate de fer qui est combiné au phosphate de manganèse, dans le filon de Chanteloub, et dans lequel M. Vauquelin n'a pas trouvé d'eau : et peut-être donnerai-je aussi ce nom à celui qui se trouve dans le granite du Four-au-Diable. Ce dernier phosphate est d'un brun ou bleu foncé, et devient noir par le contact de l'air ; un de ses fragmens, d'un gris presque noir, a donné une poussière d'un blanc bleuâtre (peut-être contenait-il de la chaux phosphatée bleue qui l'accompagne dans le même filon) ; chauffé au chalumeau, sa poussière est devenue d'un gris noir de même couleur que la masse ; par un degré de chaleur plus fort, elle s'est mal fondue en un émail noir, ressemblant à une scorie non boursoufflée ; chauffée avec le borax, elle s'est dissoute et a donné un verre transparent, d'un jaune foncé par la chaleur, et qui est resté de même couleur par le refroidissement. D'après l'analyse que MM. Fourcroy et Vauquelin ont

insérée dans les *Annales du Muséum*, il paraît certain que cette espèce existe dans les laves. Je crois que quand ces phosphates sont purs, leurs parties constituantes sont seulement l'acide phosphorique et l'oxyde de fer.

J'appelerai les seconds *fer phosphaté manganésifère* ou *manganèse phosphaté ferrifère*, et je mettrai dans cette espèce le fer et manganèse phosphaté de Chanteloub, qui est uniquement formé d'acide phosphorique, d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse; enfin, je donnerai le nom d'*hydrate de fer phosphaté*, ou simplement de *fer azuré*, au fer azuré qui se trouve dans les mines de fer limoneuses, dans les tourbes, et dans l'argile de l'hôpital de Nantes; et je crois que ceux-ci sont formés quand ils sont purs d'acide phosphorique, d'oxyde de fer et d'eau, ainsi que le pensent MM. Fourcroy et Vauquelin, relativement au fer azuré pulvérulent contenu dans les laves, et à l'aide de la chaleur ils deviennent fers phosphatés composés comme ceux de la première espèce; peut-être le fer bleu du filon granitique du Four-au-Diable, qui devient noir par le contact de l'air, mais qui originairement est bleu, devrait-il aussi être regardé comme hydrate de fer phosphaté? M. Dubuisson ne m'en a donné que des échantillons trop petits et trop mal caractérisés, pour qu'il m'ait été possible d'éclaircir cette difficulté. Je dirai même que les échantillons que j'en ai, m'ont toujours paru noirs et jamais bleus; ce qui me les a fait regarder comme fer phosphaté de la première espèce.

Le même savant a trouvé, dans les environs de

Nantes, plusieurs substances intéressantes qu'il serait à désirer qu'il décrivît; les plus remarquables sont premièrement un grès et une substance qu'il regarde comme chlorite dure qui, l'un et l'autre, se délitent et se cassent sous diverses formes polygones souvent régulières, qui sont l'effet d'un retrait comme dans les basaltes, et non d'une cristallisation; ce qui est prouvé par leur cassure amorphe, même dans les sens parallèles à leurs faces, et par la variété des angles, et par l'irrégularité de la plupart des fragmens. J'ai souvent rencontré cette même cassure, sur-tout la rhomboïdale, dans des schistes, des calcaires grenues, des trapes, des gneiss, et plusieurs autres roches, mais je n'ai jamais observé de constance dans les angles des divers morceaux; ce qui prouve que cet effet est indépendant des lois de la cristallisation.

La substance la plus remarquable après celle-ci, est un talc blanc pulvérulent, que M. Dubuisson a appelé *chlorite blanche*, et qui se trouve dans les fissures de quelques gneiss décomposés. Il me paraît que cette substance doit être distinguée de la chlorite, parce qu'elle en diffère tellement par ses caractères extérieurs, que l'analyse doit en différer essentiellement, sur-tout quant aux proportions d'oxyde de fer qui ne paraît pas exister en quantité sensible dans cette substance blanche, et qui, d'après M. Vauquelin, forme les 0,43 de la chlorite verte terreuse (Brochant, *Minéralogie*, t. 1, p. 409, et *Journal des Mines*, n°. 39, p. 167): cette substance, quand elle est pure, est blanche, brillante, très-douce au toucher, elle ne

happe point à la langue, et par l'expiration ne donne point l'odeur argileuse; les morceaux les plus purs sont très-friables et s'écrasent facilement dans les doigts; elle est beaucoup plus légère que la chlorite verte; au chalumeau elle ne se fond point et ne change point de couleur, seulement elle donne une lueur vive, semblable à celle que donne la chaux fluatée; chauffée plus vivement, la lueur disparaît pour reparaître de nouveau, si on la chauffe après l'avoir laissée refroidir; je n'ai pu parvenir à la fondre seule; elle ne fait que devenir rude au toucher; et chauffée avec le carbonate de soude, elle donne une fritte blanche mal fondue, mais chauffée avec le borax elle donne un verre blanc demi-transparent et bien globuleux. Je crois que cette substance intéressante mérite d'être analysée, et en attendant que sa place soit par-là déterminée dans la méthode, on pourrait peut-être l'appeler *talc phosphorescent*, à cause de la lueur qu'elle répand par la chaleur.

Cette substance me paraît due à une décomposition du mica de certains gneiss qui la produit, par une cause analogue à celle qui donne naissance au kaolin résultant de la décomposition du feld-spath: je ne l'ai pas trouvée moi-même en place, quoique M. Dubuisson, qui me l'a donnée, m'ait dit qu'elle est très-commune dans les environs de Nantes.

Après avoir rédigé cet article, j'ai lu dans le tom. 1, p. 505 du *Traité de Minéralogie* de M. Brongniart, la description du nacrite, qui me paraît par presque tous ses caractères extérieurs, se rapporter au talc blanc pulvé-

rulent phosporescent, mais il en diffère par plus d'éclat et de cohésion, et sur-tout par sa grande fusibilité; il me paraît aussi en différer par son origine, car le talc phosphorescent me paraît dû à une décomposition, tandis que le nacrite est de formation primitive.

Il est probable que la grande fusibilité de ce dernier est due au 0,17 de potasse qu'il contient, tandis que la substance blanche des environs de Nantes étant très-peu fusible, ne peut en contenir que peu ou point.

J'ai trouvé aux environs de Saint-Gervais, Département de la Vendée, une argile jaunâtre, brillante et douce au toucher, qui me paraît de même origine que le talc phosphorescent, mais elle est beaucoup plus impure; je l'ai reconnue en place comme provenant de la décomposition des gneiss voisins.

Les mines de houille de Nort et de Montrelaix offrent plusieurs choses dignes de l'attention des naturalistes. (On peut consulter à cet égard un Mémoire de M. Gillet Laumont, inséré dans le tome 28 de 1786 du *Journal de Physique*). Je n'eus pas le tems de visiter les premières, et je ne vis des secondes que la partie exploitée, la plus proche de la grande route; la houille y est d'une très-bonne qualité; le toit de la mine est un schiste noir ou gris foncé, doux au toucher, et très-souvent impressionné par des roseaux ou des fougères, dont les analogues, si ils existent, me sont inconnus; le mur est formé par un grès ou poudingue gris médiocrement dur, dont les fissures contiennent des cristaux de chaux carbonatée ferrifère, rhomboïdes, obtus et inverses,

d'autres portions de cette substance se sont groupées de formes globuleuses.

Ces formes globuleuses sont communes dans la chaux carbonatée, dans la baryte sulfatée, dans le quartz, dans le fer sulfuré, et dans beaucoup d'autres substances minérales; je crois qu'elles doivent être regardées comme les résultats d'une cristallisation précipitée, mais non confuse; leur cassure rayonnée, les formes qui souvent les recouvrent et terminent les rayons, et enfin la division mécanique de ces mêmes rayons qui en extrait toujours la forme primitive, prouvent cette assertion qui peut servir à expliquer la formation des roches primitives globuleuses : cette opinion me paraît d'autant plus probable, qu'elle m'a été donnée par M. Faujas.

Cette chaux carbonatée ferrifère est souvent blanche, transparente, et a l'aspect de la chaux carbonatée pour laquelle je l'avais prise; mais en mettant de l'acide nitrique dessus elle ne fait point effervescence; cependant pulvérisée, elle est soluble dans l'acide nitrique étendu d'eau; avant de bouillir, la dissolution est jaune verdâtre, par l'ébullition, elle devient d'un brun foncé; évaporée à siccité, le résidu déliquescent et boursoufflé, d'un brun foncé, fut lavé dans l'eau qui ne put en dissoudre qu'une partie, laquelle donna un précipité blanc abondant par l'addition du carbonate de soude.

Ces expériences, que je n'ai pu pousser plus loin, faute des instrumens et des réactifs nécessaires, me démontrèrent que les cristaux que j'avais examinés, quoiqu'ils ne fassent point effervescence à froid par l'acide nitrique

pur, étaient néanmoins formés de chaux et d'oxydes de fer unis à l'acide corbonique; ils sont donc une chaux carbonatée ferrifère, ou braunspath de M. Brochant, t. 1, p. 563, et ne peuvent point être rangés avec la mine de fer spathique, que les analyses de MM. Bucholz, Descostils et Drapier, ont démontré ne pas contenir de chaux en proportion sensible. Je crois donc devoir présumer de ces faits, que le fer carbonaté et la chaux carbonatée, cristallisent sous les mêmes formes, et qu'ils ont les mêmes formes de molécules primitives et intégrantes, ainsi que tous les composés auxquels leurs combinaisons, dans diverses proportions, peuvent donner naissance; conclusion qui n'est nullement contraire à la belle théorie de M. Haüy, et qui explique la diversité des analyses des fers spathiques, et la similitude de leurs formes avec celles de la chaux carbonatée des pays granitiques.

Cette chaux carbonatée ferrifère, chauffée au chalumeau sur un charbon ou dans la cuiller de platine, devient opaque et d'un brun foncé presque noir; alors elle est légèrement attirable et fait varier l'aiguille aimantée; chauffée avec le borax, elle donne un verre brun foncé presque noir.

La non-effervescence à froid par l'acide nitrique pur, vient ou de la plus grande cohésion de cette chaux carbonatée ferrifère, ou du peu d'affinité de l'acide nitrique pour l'oxyde de fer, ou d'un principe bitumineux huileux contenu dans ces cristaux, et peut-être enfin de ces diverses causes réunies; la localité de cette substance est très-remarquable, en ce que jus-

qu'actuellement le *braunspath* ne s'était trouvé que dans les terrains d'ancienne formation, et qu'ici il est dans un terrain de transport.

On trouve aussi dans la roche amphibolique des environs de Nantes, de la chaux sulfatée et de la chaux carbonatée remplissant quelques fissures ; j'ai peu examiné ces deux substances que je n'ai trouvées qu'en lames très-minces ; je présume cependant par analogie, que la chaux sulfatée doit être anhydre, et que la chaux carbonatée doit être divisible par la grande diagonale ; en effet, le terrain des environs de Nantes, dont il est ici question, ne peut être regardé que comme aussi primitif que les plus anciens granites de la surface du globe, et il est remarquable que dans ce genre de localité la seule chaux sulfatée qui s'y trouve est celle anhydre, tandis que la chaux sulfatée ordinaire se trouve toujours dans les terrains beaucoup plus modernes ; de même la chaux carbonatée divisible par la grande diagonale, est la seule qui se trouve dans ces mêmes localités ; l'arragonite se trouve seulement dans les pays volcaniques, ou dans les sols argileux de tritus, des montagnes primitives ; et la chaux carbonatée ordinaire ne se trouve jamais que dans les pays formés postérieurement par des ramas d'êtres organiques.

Nous trouvâmes dans les déblais de la mine plusieurs des substances décrites par M. de Laumont, entre autres un poudingue que je crus être celui dans lequel ce savant a soupçonné l'existence du jade ; il est formé de cailloux blancs quartzeux agglutinés par un ciment grisâtre micacé.

J'observai dans les décombres des anciens travaux militaires, une substance vert-pomme, à cassure écailleuse, médiocrement dure, et se laissant cependant raper au couteau ; sa poussière est très-blanche et douce au toucher. Cette substance, que je regarde comme devant faire partie des talcs de M. Haüy, chauffée au chalumeau, a pris une couleu blanche et une dureté capable de rayer le verre ; quelque portion paraissait frittée, et elle donna avec le borax un verre blanc demi-transparent.

Ce minéral renferme des fragmens arrondis de trois substances différentes, en sorte qu'il peut être considéré comme une espèce de poudingue ; l'une de ces substances, qui est en très-petits noyaux remarquables par leurs cassures vitreuses, me paraît être du quartz ; la seconde substance, en fragmens un peu plus gros, est d'un brun verdâtre peu tranché sur la couleur de la pâte ; sa cassure est céroïde ; elle est plus dure que le quartz qu'elle entame un peu, et par cette propriété et par son aspect, se rapproche beaucoup du jade, mais elle en diffère par son infusibilité, qui la rapproche des serpentines dures ; elle est infusible au chalumeau ; elle y prend une couleur grise sans perdre de sa dureté ; elle donne au verre de borax une couleur vert clair, et la partie engagée dedans et non dissoute, reste blanche un peu grisâtre.

La troisième substance est en fragmens souvent plus gros que les précédens ; elle est grise ; sa cassure est terreuse ; sa poussière est blanche et douce au toucher ; cette substance, bien plus tendre que la pâte qui la renferme, me paraît

être un composé analogue à celui que je vais décrire sous le nom de *schiste stéatiteux*.

On trouve aussi dans les décombres un schiste noir en masse, dont la poussière d'un blanc grisâtre est très-douce au toucher, et qui se rapproche par ce caractère des stéatites ; il est tendre ; sa cassure est terreuse ; il renferme quelques légères parcelles de mica ; son odeur est argileuse par l'humidité ; ses fissures naturelles sont luisantes, noires, et très-douces au toucher : chauffé entre des charbons, il décrépite sur-le-champ, se divise en lames minces et durcit un peu ; la couleur de la masse ne change pas, mais sa poussière devient presque noire.

Je trouvai aux travaux du camp qui n'ont pas encore atteint la houille, un autre schiste stéatiteux différent du précédent, en ce qu'il est un peu feuilleté, et qu'il présente dans sa cassure perpendiculaire aux couches, des bandes alternatives de couleur brun noirâtre et brun verdâtre ; il se laisse facilement entamer au couteau ; sa poussière est blanche et très-douce au toucher ; sa pesanteur spécifique est de 2,796 ; il donne par l'haleine une odeur légèrement argileuse ; sa cassure, dans le sens perpendiculaire à ses couches, est dans les fissures presque plane ou conchoïde dans les nouvelles cassures, et elle est légèrement écailleuse dans le sens des couches : chauffé légèrement entre des charbons, il se fend et décrépite vivement ; par-là il brunit et devient presque noir, mais sa poussière est jaune d'ochre ; cela le fait durcir aussi au point de rayer le verre, et alors il n'acquiert plus d'odeur par l'humidité. Chauffé fortement au chalumeau, il blanchit un peu sans se fondre ;

en y ajoutant du borax, il ne se dissout qu'en très-petite quantité, et le verre de borax resté blanc et transparent ; une portion de schiste engagée dans le verre sans être fondue, était devenue très blanche ; il me paraît en conséquence que ce schiste ne doit contenir que très-peu d'oxyde de fer, et que son principe colorant est le carbone ; l'autre schiste stéatiteux noir dont je viens de parler, me paraît dans le même cas : le premier degré de chaleur n'a fait que rapprocher les parties et dégager l'eau, et le second a suffi pour brûler et dégager le principe colorant. L'un et l'autre de ces schistes communiquent par le frottement l'électricité vitrée à la cire d'Espagne, mais si légèrement que quelquefois on serait tenté de croire qu'ils ne lui en communiquent aucune.

Dans les travaux de Montrelaix je ne trouvai que peu de stéatite blanche, et que des échantillons mal caractérisés du charbon fibreux dont a parlé M. de Laumont dans le Mémoire déjà cité.

M. Dubuisson a trouvé dans un lieu appelé *la Hunandière*, situé à quelques lieues de Nantes, un schiste contourné de couleur brun jaunâtre, un peu verdâtre, qui renferme des empreintes de crustacées, ou peut-être d'autres corps organisés, dont je ne sache pas que les analogues soient connus ; ces schistes de formation fort ancienne, méritent une attention particulière, et j'engage M. Dubuisson, qui en possède de très-beaux morceaux, à s'occuper de leur description, qui sûrement sera très-intéressante pour la géologie ; je dirai aussi à cette ocasion, qu'on trouve aux environs

d'Angers, dans les carrières d'ardoises, des empreintes d'un genre analogue, mais qui sont plates, tandis que celles de la Hunaudière sont en relief, ce qui probablement provient de la contexture différente des schistes qui les renferment. Ces derniers étant peu feuilletés, peut-être à cause de la quantité de corps organisés qui, lors de la précipitation de la matière schisteuse, s'est déposée avec elle.

A la Vigne-du-Hérault, près de Nantes, sur la route de Vannes, M. Dubuisson et moi, cherchant dans un granite, dont le feld-spath est tantôt couleur de chair, tantôt blanc, ou d'un jaune plus ou moins foncé tirant au brun, nous trouvâmes des cristaux de tourmaline bien caractérisés, dont quelques-uns des prismes sont terminés; ils sont opaques et noirs; leur cassure est moins lamelleuse que celle de l'amphibole. M. Haüy qui les a essayés, a trouvé leur électricité par la chaleur plus grande que dans les autres tourmalines, quoique leur fusibilité en verre noir, avec et sans borax, me les eût fait prendre pour des cristaux d'amphibole.

Je trouvai dans le même lieu plusieurs morceaux de granite graphique, si comme je le crois, on doit étendre cette dénomination à tous les morceaux de granite formés uniquement de feld-spath lamelleux pénétré perpendiculairement aux lames par des cristaux de quartz.

En cassant divers morceaux des granites de la Vigne-du-Hérault, je remarquai à l'intérieur une substance jaune verdâtre, dont la cassure vitreuse tire un peu au grenu; peut-être serait-ce l'émeraude? Cependant elle ne m'a paru lamelleuse que dans un sens; mais j'ai cru y

reconnaître quelques rudimens des faces d'un prisme hexaèdre.

Cette substance demi-transparente, étant fortement chauffée, devient blanche, transparente, et prend l'aspect du quartz; mais elle en diffère essentiellement, en ce qu'elle est fusible au chalumeau en émail blanc; chauffée avec le borax, il ne s'en est dissous qu'une très-petite portion qui n'a pas altéré la couleur de son verre: je n'en eu que de trop petits fragmens pour pouvoir la déterminer plus exactement.

Outre les substances ci-dessus indiquées, on trouve dans le granite de la Vigne-du-Hérault, du mica blanc et du feld-spath, dont les lames sont si petites, que les morceaux de granite dont il est la base, ont la cassure écailleuse; j'observai dans quelques-unes de ces cassures de très-petits cristaux couleur d'hyacinthe, que leur petitesse m'empêcha de déterminer et même d'essayer au chalumeau; mais je crus, à l'aide d'une forte loupe, reconnaître dans l'un deux quelques-unes des faces du zircon dioctaèdre: je n'oserai cependant pas affirmer que ce que je présume zircon, n'est pas grenat; et je ne donne cette observation que pour engager ceux qui visiteront la localité que j'ai indiquée, à faire des recherches à ce sujet.

Au bas de la Vigne-du-Hérault, du côté de la Loire, règne la bande amphibolique dans laquelle M. Dubuisson a trouvé plusieurs variétés de chaux phosphatée, de grammatite et de béril, un fer oxydé bleu qu'il soupçonne phosphaté, de la pyrite qu'il regarde comme magnétique, et qui souvent n'est qu'attirable, du fer

arsenical, du fer sulfuré, du grenat, de la chaux carbonatée, de l'épidote, du feld-spath, de la prehnite, du plomb sulfuré, de l'oxyde de manganèse, plusieurs variétés d'amphibole ou actinote; le titane silicéo-calcaire et la chaux sulfatée.

Les carrières du Four-au-Diable, du Chêne-Vert et de la Chaterie, étant en grande partie comblées, je ne pus y trouver aucun de ces minéraux, excepté la roche amphibolique dans laquelle elles sont creusées; je trouvai cependant dans les matériaux qui en provenaient, et qui avaient été conduits sur les bords de la grande route, de la pyrite magnétique qui est seulement attirable sans jouir de la polarité.

Cette pyrite, chauffée au chalumeau, laisse dégagée une odeur sulfureuse, mais non arsenicale, ce qui sert à la distinguer facilement du kupfernickel, avec lequel on serait tenté de la confondre, à cause de sa couleur; elle se trouve souvent aux environs de Nantes, disséminée dans la roche amphibolique par petites parcelles informes, jaune de bronze, jouissant souvent de l'éclat métallique, mais le perdant par l'action de l'atmosphère qui l'oxyde et la détruit très-promptement. Elle se rapporte parfaitement à la pyrite magnétique, décrite par M. Brochant, t. 2, p. 232, et elle est aussi accompagnée dans ce gisement par la pyrite martiale non magnétique.

Quoique ces carrières ne fussent plus en exploitation, j'eus cependant lieu d'être satisfait de la visite que j'y fis; car à la Chaterie, je trouvai que la roche amphibolique qui, peu d'années auparavant, était noire, brillante, très-tenace et

et très-compacte, était devenue brune, de couleur ocracée, d'un aspect terne, ayant cependant encore quelques lames un peu brillantes; mais elle avait perdu toute sa ténacité, et était friable entre les doigts dans sa superficie à un décimètre de profondeur; et tous les fragmens qui étaient restés dans la carrière, étaient réduits à l'état terreux, et se brisaient sous le pied: cette belle roche à laquelle aucuns marteaux ne pouvaient résister, et que les ouvriers avaient été obligés d'abandonner à cause de sa ténacité, trois ou quatre ans auparavant, était donc décomposée dans ce court espace de tems par la seule action de l'atmosphère, tandis que les carrières de Bois-Garreau, proche de la Chaterie, et en exploitation dans ce moment, la présentaient dans toute sa dureté, qui était telle, que les masses et les pointrôles que nous avions apportées, furent brisées, et que nous fûmes obligés de rapporter à Nantes de très-gros morceaux de roche sans avoir pu les casser dans la carrière dont la mine les avait détachés; cette prompte décomposition me paraît due non-seulement à la quantité de pyrite qui est disséminée dans toute la masse amphibolique des carrières des environs de Nantes, mais encore à l'oxydation du fer, principe colorant de cette roche, lequel en s'oxydant, ainsi que la pyrite, boursouffle la masse et désunit les parties constituantes; de telle sorte que cette roche que l'on a cru excellente pour ferrer les routes, doit être de très-peu de durée, et ne serait que d'un très-mauvais usage pour les constructions exposées aux intempéries de l'air.

Cette roche qui est fusible, en un émail noir,

avant sa décomposition, l'est encore plus après; ce qui tient probablement à la plus grande oxydation du fer; j'ai aussi observé que dans l'un et l'autre cas, elle donne avec le borax un vert qui est d'abord jaune de chrysolite quand il est encore chaud, et qui par le refroidissement devient presque blanc en conservant sa transparence.

Ce qui prouve que la pyrite n'est pas la seule cause de la décomposition de cette roche, c'est que j'ai trouvé une roche non pyriteuse formée en grande partie d'amphibole lamelleux d'un brun noirâtre, dont les nombreux cristaux sont agglutinés avec quelques portions de quartz; elle est coupée par de petits filons quartzeux, et une partie est très-micacée. Elle est fusible sans addition, en un émail presque noir et opaque; elle donne avec le borax un verre transparent, d'un blanc tirant au vert jaunâtre, et plus foncé quand il est chaud; je l'ai rapportée des environs de Nantes où je l'ai trouvée en fragmens isolés; le quartz qu'elle contient est blanc et plus ordinairement jaune; cette roche est tendre, ne fait pas feu au briquet, et se casse facilement; elle me paraît altérée, et l'amphibole commence à y entrer en décomposition; par l'expiration elle donne l'odeur argileuse d'une manière plus marquée que dans les roches amphiboliques non décomposées, mais moins fortement que dans la roche décomposée de la Chaterie.

Un peu plus loin que la Chaterie on avait ouvert des carrières sur le territoire de Bois-Garreau. M. Dubuisson et moi les visitâmes, et y trouvâmes la masse principale d'une roche

amphibolique presque noire, lamellaire et très-dure, renfermant du feld-spath violet et quelques filons très-minces de chaux carbonatée; nous y trouvâmes aussi la pyrite magnétique, quelques grenats, et une très-petite quantité d'une substance que M. Dubuisson m'a dit avoir reconnue pour de l'épidote.

J'ai été confirmé dans cette opinion par l'extraction de la forme primitive, dont les angles m'ont paru les mêmes que dans l'épidote; de même cette substance raye aussi le verre, et se fond en une scorie noire et boursoufflée; mais elle diffère de l'épidote ordinaire par sa cassure très-lamelleuse dans tous les sens parallèles aux faces de la forme primitive; par sa couleur d'un gris verdâtre très-clair, quoique peu transparente, par la couleur blanche et transparente du verre qu'elle donne avec le borax, et enfin par sa gangue qui est une roche amphibolique noire, renfermant du feld-spath violet ou blanc, et quelques parcelles de quartz; elle se présente souvent à la surface de cette roche sous l'aspect de lames d'un blanc verdâtre un peu nacré, et alors elle se rapporte à la variété de rayonnante vitreuse, d'un blanc verdâtre, passant au blanc d'argent, citée par M. Brochant, d'après Emmerling et Lenz; quelques facettes que j'ai observées me font présumer qu'en faisant des recherches dans les carrières de Bois-Garreau, on trouverait des cristaux bien formés.

Nous observâmes aussi dans cette carrière la roche amphibolique décrite par M. Brochant, sous le nom de *horneblende;* elle est en petites masses, d'un verre presque noir, lamelleuses ou striées, faisant partie de la roche amphibolique.

Dans les fissures de cette roche, nous trouvâmes un feld-spath blanc grenu, légèrement lamellaire et peu dur, renfermant souvent des cristaux de titane silicéo-calcaire, de la variété grise ditétraèdre, la seule qui ait été observée dans les environs de Nantes.

M. Brée de la Touche m'a assuré avoir trouvé le fer chromaté dans les environs de Clisson, à quatre lieues de Nantes, sur la route même, en morceaux isolés et roulés; il m'a même dit en avoir remis quelques échantillons à M. Thenart, qui s'assura de ce fait par des essais chimiques; mais comme je n'appris cette découverte qu'après que j'eus quitté Nantes, il me fut impossible d'en profiter.

J'observerai, en terminant ce Mémoire, que ne pouvant me servir du chalumeau ordinaire, j'ai employé avec avantage, dans toutes mes expériences, l'éolipyle de M. Dumoutier, en la remplissant d'esprit-de-vin (alcool), et en mettant dans la lampe de l'huile à quinquet.

DE LA HAÜYNE,

NOUVELLE SUBSTANCE MINÉRALE.

Par T. C. Bruun-Neergaard, Danois.

Lu à la Classe des Sciences de l'Institut national dans la séance du 25 mai 1807.

La substance dont je vais entretenir la Classe, a été découverte près du lac de Nemi, dans les montagnes de Latium, qui rendent les environs de Rome si pittoresques, par l'abbé Gismondi, excellent minéralogiste, élève de l'abbé Petrini, qui fit revivre la minéralogie en Italie. L'abbé Gismondi a récemment été nommé professeur de minéralogie à la Sapienza à Rome; le Pape ayant fait l'acquisition pour cette université d'une collection minéralogique très-complète, que M. Camille Cherici a faite, et très-bien arrangée. Le professeur Gismondi a déjà décrit ce fossile, qu'il nomme *latialite*, dans un Mémoire qu'il a lu en 1803, à l'académie de Lincei à Rome, mais qui n'a pas été imprimé, et qui contenait en même-tems plusieurs observations sur les environs du lac de Nemi. Ce minéralogiste m'honora de son amitié pendant le séjour, aussi agréable qu'instructif, que je viens de faire à Rome, et m'en donna à mon départ une preuve éclatante, en me communiquant son Mémoire, et en me laissant parfaitement le maître d'en faire l'usage que je jugerais convenable. Et quel emploi

plus utile puis-je en faire, Messieurs, que de m'en servir pour base de celui que j'ai l'honneur de vous présenter.

Le nom de latialite fut donné à cette substance, parce qu'on la croyait exclusive dans les montagnes du Latium; car on n'en connaissait alors que des environs de Nemi, d'Albano et de Frascati. On rejette aujourd'hui avec raison les noms de localité donnés aux substances minéralogiques: la latialite ne peut que confirmer cette opinion, parce qu'il me paraît hors de doute qu'on trouve aussi ce minéral à la Somma, et qu'on pourra vraisemblablement le trouver encore dans d'autres endroits, ainsi qu'il est arrivé déjà pour d'autres substances, quand il sera suffisamment connu et jugé digne d'attirer l'attention des minéralogistes.

L'abbé Gismondi, lui-même, connaît cette variété de la Somma, et aurait sans doute été le premier, s'il avait fait imprimer son Mémoire, à rejeter un nom qu'il n'avait adopté que provisoirement. Je propose donc qu'on remplace le nom de latialite par celui de haüyne. Personne ne peut douter un seul moment des droits que le nom de M. Haüy a d'être donné à une pierre; mais quelques-uns d'entre vous, Messieurs, pourraient m'objecter que M. Thompson a déjà donné ce nom à une substance de la Somma, dont il a fait une nouvelle espèce: je répondrais que M. Haüy même, ne la regarde pas comme telle, mais comme une simple variété de l'idocrase. Je n'ai dans ce moment d'autre désir que d'être plus heureux que M. Thompson, qui a rendu de si grands service à la lithologie des environs de Naples, et

que des observations ultérieures n'obligent pas les minéralogistes de rejeter une seconde fois un nom si cher à la science. M. Weitch, minéralogiste allemand, vient aussi de me dire que dans un Journal de ce pays on a donné à une substance le nom d'*haüit*; mais que cette substance n'est qu'un arragonite.

Quelques naturalistes ont pris la substance que j'appellerai désormais *haüyne*, pour un spath fluor, d'autres pour un spinelle; mais vous allez voir, Messieurs, qu'elle a des caractères si distincts de tous deux, que ces opinions n'auront pas même besoin d'être réfutées. Sa grande ressemblance avec la gadolinite et le lazulite, nous embarrasserait encore davantage, et nous obligerait peut-être de recourir à l'analyse pour décider qu'elle n'est ni l'un ni l'autre, et lui assigner la place qu'elle doit occuper entre les substances minérales.

Ce n'est pas seulement les observations de l'abbé Gismondi qui formeront le principal mérite de ce Mémoire: M. Vauquelin a eu pour moi la complaisance d'analyser cette substance: M. Haüy a eu celle de répéter avec moi les expériences de physique déjà faites, ce qui a donné occasion d'en faire encore de nouvelles; M. Leman m'a éclairé de ses lumières. Quant à moi, Messieurs, en vous communiquant mes observations, sur une substance que je regarde comme nouvelle, je m'estime trop heureux d'avoir pu contribuer à étendre les limites d'une science que j'aime.

Je n'ai encore vu la haüyne qu'en masse, ou plutôt en grains vitreux, anguleux, plus ou moins gros.

Caractères physiques.

Couleur. Cette pierre est d'une belle couleur bleu d'azur céleste, qui passse insensiblement au vert d'aiguemarine ou béril.

Eclat. Vitreux.

Dureté. Raye le verre; très-fragile. M. Haüy a essayé sa dureté avec moi; elle raye même sensiblement le feld-spath, et légèrement le quartz.

Cassure. Vitreuse, inégale, à fragmens anguleux.

Pesanteur spécifique. Gismondi l'a trouvée de 3,333. J'ai répété cette expérience à l'aide de la balance de Nickolson, avec M. Leman, et nous l'avons trouvée de 3,100; ce qui doit être regardé comme la même chose.

Electricité. M. Gismondi l'a trouvée électrique par communication. M. Haüy l'a trouvée de même; il a trouvé aussi qu'elle acquiert l'électricité résineuse ou négative, si on la frotte quand elle est isolée, et qu'elle n'est point électrique par la chaleur.

Caractères chimiques.

Au feu du chalumeau. M. Gismondi l'a trouvée infusible, et ne changeant pas de couleur. Avec le borax, elle devient un beau verre d'un beau jaune de topaze. M. Vauquelin l'a aussi trouvée infusible. Avec le borax, elle a changée pour lui en un beau verre d'un jaune verdâtre.

Avec les acides, nitrique, muriatique et sulfurique, elle forme, d'après M. Gismondi, une gelée parfaite. M. Vauquelin l'a soumise à l'action de l'acide muriatique; elle a formé une gelée blanche et transparente.

L'abbé Gismondi dit: « Qu'à ces caractères » on en peut joindre un autre qui, quoiqu'em- » pirique, combiné cependant avec sa couleur » bleuâtre, qui paraît essentielle à la haüyne, » peut servir à la distinguer facilement à l'œil » de tous les autres fossiles, et qui est son asso- » ciation constante avec le mica et l'*olivine* ». L'apparence verdâtre de l'augite des environs de Rome, paraît lui avoir fait commettre cette erreur légère, en prenant l'olivine pour l'augite qui, avec le mica, accompagne les morceaux que j'en possède, et les beaux échantillons que j'en ai vus dans la superbe collection de M. de Drée. Je ne sais si on ne pourrait pas y joindre l'amphigène, que j'ai presque toujours vu l'accompagner.

Il continue ainsi: « Quoique plusieurs subs- » tances forment une gelée légère, il n'y en » a que deux qui en forment une forte, c'est- » à-dire, la mésotype et la gadolinite. Il nous » reste donc à examiner si la haüyne a des ca- » ractères distinctifs pour former une nouvelle » espèce, ou si elle doit rentrer dans une de » ces substances ». Tel est le sentiment de l'abbé Gismondi; mais qu'il me soit permis d'observer que la propriété de faire une forte gelée avec les acides, n'est pas exclusive à la gadolinite et à la mésotype, comme le pense ce naturaliste italien. Le lazulite ou l'outremer est un exemple frappant du contraire; d'ail-

leurs, M. Fleuriau de Bellevue, dans son Mémoire sur la vitrification, nous a montré que beaucoup de pierres ont offert cette propriété. De ce nombre est le péridot; et M. de Drée a reconnu cette propriété dans les pierres et les laves dites *pétro-silicieuses*. Malgré ces observations, je vais continuer la comparaison que fait Gismondi entre la haüyne et la gadolinite; quant à la mésotype, je la remplacerai par le lazulite, substance avec laquelle elle a sans doute la plus grande ressemblance.

Les caractères physiques et chimiques de la haüyne et de la gadolinite, s'approchent tellement, qu'elles avaient long-tems fait présumer au professeur Gismondi que la haüyne pouvait bien n'être qu'une variété de la gadolinite.

La haüyne et la gadolinite forment gelée avec les acides; elles sont toutes les deux infusibles au chalumeau; et leur cassure et leur dureté sont, à peu de chose près, les mêmes.

Les caractères suivans les distinguent:

1. La pesanteur spécifique de la gadolinite surpasse 4,000; — par conséquent elle est beaucoup plus forte que celle de la haüyne.

2. La gadolinite est noire, et quelquefois rougeâtre. — La haüyne est d'un bleu d'azur céleste tirant sur le vert.

3. La gadolinite attire fortement l'aiguille aimantée. — La haüyne ne l'attire pas.

A ces caractères de M. Gismondi, j'ajouterai les deux suivans:

4. J'ai essayé, avec M. Haüy, ce qui n'avait pas encore été fait, l'électricité de la gadolinite; si on la frotte étant isolée, elle acquiert l'électricité vitrée ou positive. — La haüyne, dans le même cas, acquiert l'électricité résineuse ou négative.

5. La gadolinite se trouve à Ytterby, où je l'ai vue dans des filons de feld-spath, coupés par des veines de mica, dans un terrain qui n'a jamais pu être volcanisé. — La haüyne ne se trouve, jusqu'à présent, que dans des terrains volcanisés.

L'abbé Gismondi n'ayant que les trois premiers caractères distinctifs entre la gadolinite et la haüyne, il avait plus que moi, qui viens encore d'y en ajouter deux autres, besoin de la chimie, pour distinguer si elle devait former une nouvelle espèce, ou si elle ne devait faire qu'une variété de la gadolinite.

Dans les deux analyses qu'on vient de faire de la haüyne, on n'y a pas trouvé la nouvelle terre d'Ytria, que le professeur Gadolini a découverte dans la gadolinite; cette preuve seule de la chimie suffit pour mettre hors de doute que le haüyne n'est pas une variété de la gadolinite.

Le professeur Gismondi s'associa avec le célèbre docteur Morechini, professeur de chimie à la Sapiensa à Rome, (et qui fut le premier, comme vous le savez, Messieurs, qui trouva l'acide-fluorique dans l'émail des dents d'éléphant), pour faire l'analyse de la haüyne dans des momens peu favorables pour les sciences qui aiment la tranquillité. Ces savans ont obtenu des résultats assez intéressans, que je vais vous communiquer, mais qui ne sont pas assez décisifs pour le chimiste; les proportions n'y sont pas. Ils avaient gardé deux grammes pour répéter l'analyse dans des momens plus heureux. L'abbé Gismondi eut la bonté de

me les donner. J'ai eu le bonheur que M. Vauquelin a bien voulu s'occuper de cette analyse, et j'ai celui de pouvoir vous soumettre, à la Classe, en même tems les deux résultats.

MM. Morechini et Gismondi ont trouvé dans cette pierre :

Silice.
Chaux.
Magnésie.
Manganèse.
Oxyde de fer.

et ont soupçonné l'existence d'une petite quantité d'alumine.

Avant de vous communiquer les résultats de M. Vauquelin, je vous mettrai sous les yeux les expériences qui les ont précédés. Ce savant, dont le nom accompagne déjà tant d'anaylses intéressantes, m'a donné, en me les communiquant, une preuve de son attachement, qui ne fera que redoubler mon zèle pour m'en rendre digne.

Expérience 1.

« Après avoir subtilement pulvérisé deux » grammes de la haüyne, je les ai mis (c'est » toujours M. Vauquelin qui parle) avec de » l'acide muriatique étendu de moitié d'eau. » Aussitôt que ces substances ont été en con- » tact, il y a eu action, développement de » chaleur, et dissolution complète de la pierre; » mais en refroidissant, la liqueur s'est prise » en gelée blanche et transparente. M'étant » aperçu que pendant la dissolution, il se dé- » gageait une odeur de gaz-hydrogène sulfuré,

» j'ai placé sur l'ouverture du vase un mor- » ceau de papier imbibé d'acétate de plomb, » qui a été aussitôt noirci d'une manière très- » intense ; ce qui ne m'a laissé aucun doute » sur l'existence de l'hydrogène sulfuré dans » cette pierre.

Expérience 2.

» Lorsque la pierre a été parfaitement dé- » composée, j'ai délayé dans l'eau la gelée » qu'elle a formée avec l'acide muriatique, et » l'ai évaporée à siccité par une chaleur mé- » nagée. J'ai ensuite repris le résidu avec de » l'eau, et j'ai filtré.

» D'après la manière dont ce minéral me » parait avoir été attaqué, je m'attendais que » la silice restée après l'évaporation serait pure; » cependant son aspect, son toucher doux, » m'annonçaient qu'elle était encore mêlée de » quelque substance étrangère. En conséquence, » avant de la calciner, je l'ai fait bouillir avec » de l'acide muriatique, et j'ai remarqué qu'en » effet elle diminuait de volume, prenait la » forme grenue, et la demi-transparence qui » caractérise la silice pure. D'un autre côté, » l'ammoniaque mêlée à l'acide muriatique » dont je m'étais servi, a formé un précipité » blanc floconneux qu'il m'a été facile de » reconnaître pour de l'alumine. Après avoir » bien lavé la silice, je l'ai calcinée; elle pe- » sait 6 décigrammes.

Expérience 3.

» J'ai fait évaporer la dissolution muriatique » de l'expérience deuxième que j'avais em-

» ployée pour décomposer la pierre, et lors-
» qu'elle a été réduite à un petit volume, je
» l'ai laissée refroidir. Quelques instans après,
» il s'y est formé des aiguilles blanches grou-
» pées les unes avec les autres.

Expérience 4.

» Ces cristaux me paraissant être du sulfate
» de chaux, et m'étant aperçu que les autres
» sels qui les accompagnaient étaient déli-
» quescens, j'ai fait dessécher le tout, et je
» l'ai traité avec l'alcool chaud. Par ce moyen,
» je suis parvenu à séparer parfaitement les
» cristaux dont je viens de parler, des autres
» substances. Ces cristaux étaient du sulfate
» de chaux très-pur. Il y en avait 5 décigram.

Expérience 5.

» Après avoir fait évaporer l'alcool dans le-
» quel étaient les sels déliquescens, je les ai
» redissous dans l'eau, et j'y ai mêlé de l'am-
» moniaque qui y a formé un précipité blanc
» qui était de l'alumine pesant 3 décigrammes.

Expérience 6.

» Lorsque l'alumine fut précipitée et séparée
» par la filtration, je mêlai à la liqueur de
» l'oxalate d'ammoniaque, et j'obtins un pré-
» cipité d'oxalate de chaux : il pesait 18 cen-
» tigrammes ; ce qui donnera environ un dé-
» cigramme de chaux pure.

Expérience 7.

» Enfin la liqueur de laquelle la chaux avait
» été séparée, ayant été mêlée avec un peu

» d'acide nitrique, je la fis évaporer à siccité,
» et la fis ensuite calciner dans un creuset de
» platine, jusqu'au moment où elle cessa de
» répandre des vapeurs blanches. J'ai redissous
» le résidu dans l'eau, et celle-ci évaporée m'a
» fourni 38 centigrammes de nitrate de potasse
» parfaitement pure et sèche ; ce qui répond à
» environ 22 centigrammes de potasse.

» Cette pierre contient aussi du fer ; mais je
» n'ai pu en déterminer le rapport sur une si
» petite quantité de matière ; je crois qu'il n'y
» en a pas plus d'un ou deux centigrammes.

» J'ai lieu de croire qu'il y existe aussi des
» traces de cuivre ; au moins j'ai aperçu des
» effets qui l'annoncent ; mais n'ayant pas prévu
» son existence, je n'ai pu m'en assurer par-
» faitement, faute de matière pour recommen-
» cer les essais qui auraient pu confirmer cet
» aperçu.

» La haüyne est au moins composée des prin-
» cipes suivans sur deux grammes :

1. Silice.	0,60
2. Alumine.	0,30
3. Sulfate de chaux.	0,50
4. Chaux.	0,10
5. Potasse.	0,22
6. Fer oxydé.	0,02
7. Hydrogène sulfuré, quantité indéterminée.	
	1,74
Perte.	0,26
	2,00

» Il est très-vraisemblable que cette perte est
» principalement due à de l'eau ; car toutes les

» pierres qui, à ma connaissance, forment » gelée avec les acides, contiennent une quan- » tité plus ou moins grande d'eau en combi- » naison ; mais je n'ai point constaté cette » supposition par une expérience directe, parce » que j'avais la crainte de ne pouvoir attaquer » la pierre par les acides, après la calcination, » et je voulais éviter d'y introduire des alcalis.

» Ainsi, sur cent parties, cette pierre con- » tiendrait :

1. Silice.	30
2. Alumine.	15
3. Sulfate de chaux.	20,5
4. Chaux.	5
5. Potasse.	11
6. Fer oxydé.	1
7. Hydrogène sulfuré, quantité indéterminée.	
Perte.	17,5
	100,0

M. Vauquelin finit ainsi : « Le minéral avec » lequel la haüyne paraît avoir le plus d'ana- » logie, est le lazulite. Il contient, comme » celui-ci, de l'alumine, de la silice, de la » chaux, du sulfate de chaux, de l'hydrogène » sulfuré, de l'alcali et de l'eau ; mais ce n'est » pas la même espèce d'alcali qui se trouve » dans ces deux pierres ; ici c'est la potasse, et » dans le lazulite, c'est la soude. Aussi les » proportions dans lesquelles la silice, la chaux » sulfatée et la chaux se trouvent dans ces deux » pierres, sont bien différentes ».

Après avoir exposé à la Classe ces analyses, j'abuserai le moins possible des momens précieux qu'elle m'a accordés ; et je ne lui demanderai

derai plus que quelques minutes pour décrire les morceaux de cette pierre qui me sont connus, et la comparer encore avec le lazulite et quelques minéraux avec lesquels elle pourrait paraître avoir de la ressemblance, je finirai par lui assigner la place que je crois qu'elle doit occuper.

Les échantillons que j'ai vus de cette substance, sont premièrement à Rome, chez l'abbé Gismondi, dans le cabinet du collége Navareno, où j'en ai vu d'une couleur approchant de celle d'Aiguemarine, qui est de la même qualité que celle qu'on a soumise à l'analyse, et qui vient du lac de Nemi. Ce minéralogiste l'a observée en outre dans le voisinage d'Albana, à Roccadi Papa, et à Frascati. J'en ai vu dans la même collection de ces contrées de beaux morceaux d'une superbe couleur bleue foncée. Une personne qui chercha pour moi des cristaux d'augite et de mélanite dans les environs de Frascati, m'en apporta un jour un morceau sans le connaître ; je n'en ai encore vu aucun semblable ; la haüyne s'y trouve comme en rognon, entourée de mica, d'augite et de cristaux jaunâtres d'amphigène.

Les beaux morceaux de cette substance qui sont dans le cabinet de M. de Drée, viennent tous de la collection de Dolomieu, dont tous les amis de la science, ainsi que vous, ne cessent de pleurer la perte. Il n'en a fait aucune mention dans ses ouvrages ni dans ses catalogues ; preuve encore qu'il l'a regardée comme nouvelle.

Je suis redevable à la complaisance de M. de Drée des descriptions que j'en vais donner, et

qui seront encore plus détaillées dans les œuvres de Dolomieu, que ce naturaliste va publier incessamment.

1. Un morceau où la haüyne se trouve en petits grains très-nombreux dans la lave compacte pétrosiliceuse grisâtre d'Albana, dans laquelle il y a aussi de l'augite, des cristaux d'amphigène, marquant par leur grandeur, et quelques écailles de mica.

2. Un grand morceau où la haüyne est réunie avec l'augite, l'amphigène et des lames de mica. On peut dire qu'elle tapisse ici les cavités de la roche; celui-ci, qui est de Frascati, est d'un beau bleu de ciel plus foncé que celui de la lave compacte.

3. La haüyne bleue dans une roche volcanique décomposée de Frascati, dans laquelle l'amphigène a pris l'état terreux.

Puis, dans le même cabinet, trois morceaux de haüyne dans des roches, rejetés du Monte-Somma.

1. Un morceau où la haüyne est parfaitement de la même couleur vert d'aiguemarine que celle de Nemi. Elle se trouve dans une roche composée d'idocrase, d'augite et de mica en grosses lames et très-abondantes.

2. Un morceau où la haüyne est dans la même roche, excepté que le mica est en plus petites lames; elle s'y présente en veines dans une fente; elle a l'aspect luisant et mamelonneux; ce qui prouve qu'elle a fondu: elle y est en grande quantité.

3. Un morceau où la haüyne est d'une couleur bleue d'azur, et forme un petit rognon de quatre à cinq lignes de diamètre entouré de

meïonite, dans une gangue de chaux carbonatée.

Breislack, dans ses voyages physiques et lythologiques de la Campanie, prouve qu'il a connu notre haüyne; il l'appelle *lazulite*, nom que je démontrerai ne lui pas convenir. Il en cite sept variétés de la Somma dans la collection de Thompson.

Les morceaux de la haüyne de la Somma, que j'ai vu dans le cabinet de M. de Drée, et qui sont plus ou moins ressemblans aux six premiers morceaux que Breislack a décrits, sont très-rares dans le pays, et je n'en ai, pour ainsi dire, pas vu à Naples. Le septième qu'il décrit, y est plus commun, quoique toujours rare, et comme il le dit: « compacte, opaque, » à grain terreux, d'une belle couleur d'azur, » qui revêt la superficie, et remplit les fentes » d'une roche siliceuse brune, d'un grain ter- » reux et compact ». Son aspect extérieur est si différent des autres, que je ne croyais pas d'abord que c'était la même chose: l'essai que M. Leman en a fait au chalumeau, fait cependant présumer que Breislack a eu raison de placer cette substance à côté des autres. J'ai trouvé à Naples une quantité suffisante de cette dernière qualité pour la faire analyser. Je suis fâché de ne pas encore connaître le résultat de cette analyse.

Je vais en peu de mots comparer la haüyne avec le lazulite. La pesanteur spécifique de la haüyne est beaucoup plus grande que celle du lazulite. Il paraît que le lazulite se trouve dans un terrain non volcanique, et la haüyne dans un terrain volcanique. Le lazulite est fusible;

la haüyne est infusible. La haüyne contient une grande quantité de potasse, ce que les analyses du lazulite ne nous ont pas encore offert. Ces deux substances renferment de la silice, de la chaux et du sulfate de chaux; mais dans des proportions très-différentes.

On trouve des petits grains bleus, et même quelquefois de petits cristaux dans les laves et les ponces de l'abbaye de Laach près d'Andernach sur les bords du Rhin, que mon ami Cordier a des spinelles; il en faudrait une plus grande quantité pour décider s'ils en sont véritablement, ou s'ils n'appartiennent pas à la haüyne.

M. de Svedenstierna a envoyé de la Suède, à M. Haüy, une substance bleue en forme d'octaèdre, dans une gangue de chaux carbonatée; il la croit du spinelle. M. Haüy présume qu'elle ne l'est pas; elle a quelque ressemblance avec la haüyne.

Je crois qu'on peut assigner une place à la haüyne entre la gadolinite et le lazulite, et qu'on ne trouvera plus si étonnant que M. Haüy ait approché l'un de l'autre. Elles ne seront désormais que des membres de la même famille. L'infusibilité de la haüyne ne sera pas un obstacle pour la placer dans la même famille, comme M. Dolomieu a observé que le feldspath volcanisé était souvent réfractaire. Je citerai encore l'amphigène, substance infusible que M. Brongniart place entre le feldspath et le lazulite.

NOTICE

Sur les avantages que présente dans la fonte des minerais de plomb le nouveau procédé de MM. de Blumenstein.

Par M. Héricart de Thury, Ingénieur des Mines.

§. I.

Comparaison de la fonte des minerais de plomb, suivant l'ancien et le nouveau procédé usité dans la fonderie de MM. de Blumenstein à Vienne.

I.

Fonte suivant l'ancien procédé.

On a traité dans cette fonte 2000 myriagrammes, contenant, d'après nos essais, 54 de plomb pour 100 kilog.

1°. *Opération du grillage.*

Le grillage a exigé 24 jours. Il a été fait au fourneau anglais.

Il a consommé par jour 10 bennes de houille grosse, à

2 fr. la benne; les 10 bennes font 20 fr. par jour, et pour les 24 jours. . . . 480 fr.

A ce grillage ont été employés un maître fondeur et trois aides, à 2 fr. par jour, l'un dans l'autre, d'où il suit que les frais d'ouvriers, pour les 24 jours, se sont élevés à. 192

Ainsi les dépenses du grillage ont été de 672 fr. . . . . 672 672 fr.

2°. *Opération de la fonte.*

Les minerais grillés ont été passés au fourneau à manche en 18 jours.

Cette opération a consommé 600 sacs ou douzaine de charbon de bois du poids de 5 myriag. chaque, à 3 fr. 75 c. le sac, les 600 ont fait ensemble une somme de. 2250

Le service du fourneau a exigé un maître fondeur et quatre aides, divisés en deux postes, et un rouleur ou brasquet, en tout six hommes à 2 fr. l'un dans l'autre, par jour 12 fr. et pour les 18 jours. 216

Ainsi les dépenses de la fonte, proprement dite, ont été de. 2466 2466

D'où l'on voit que les frais pour fondre 2000 myriag. de minerai, suivant l'ancien procédé, sont de 3138 fr. . 3138

Observations.

2000 myriagrammes de minerai, traités à raison de 3138 francs, portent les 100 kilogrammes à 15 fr. 69 c. de frais de fusion.

Les 100 kilogrammes de minerai, suivant l'essai fait au laboratoire de la fonderie, par nous-même, contenait 54 kylogrammes de plomb. D'après l'essai, nous devions obtenir de la fonte des 20000 kilogrammes de minerais 10800 kilogrammes de plomb marchand, tandis que la fonte n'en a produit que 7625 ou 38,12 pour 100 au lieu de 54.

II.

Fonte suivant le nouveau procédé.

Ce procédé est le résultat des essais et des expériences de MM. de Blumenstein.

Le fer métallique est employé pour l'absorption du soufre. On se sert de houille dans l'opération, et on évite le grillage. On se sert d'un fourneau à réverbère à sole plate.

On a traité dans cette fonte 2000 myriagrammes de minerais, contenant 54 de plomb pour 100 kilogrammes.

Les 2000 myriagrammes ont été fondus en vingt-un jours.

Ils ont exigé 147 bennes ou hectol. de houille menue (à raison de 7 hectol. par jour). Le prix de l'hectol. étant de 1 fr., les 147 hect. sont revenus à. . . . . 147 fr.

On a employé comme fondant le quart du poids du minerai, ou 500 myriagr. de ferrailles, vieilles fontes et riblons, à raison de 1 fr. 45 c. le myriagr. : les 500 myriag. ont valu par conséquent. . 725

Le service du fourneau a exigé un maître fondeur et trois aides, à 2 fr. l'un dans l'autre, par jour 8 fr. et pour les 21 jours. 168

Ainsi, la dépense de la fonte est de 1040 fr. . . . . 1040 1040 fr.

Observations.

Les frais de fusion des 2000 myriagrammes ont été de 1040 fr. (Les 100 kilogrammes de minerai sont fondus à raison de 5 fr. 20 c.)

Les 100 kilogrammes, d'après l'essai, donnaient 54 de plomb, les 20000 kilogrammes devaient produire 10800 kilogrammes, et la fonte en a produit 10714, ou 53,57 au lieu de 54.

§. II.

Comparaison des produits, des consommations de combustibles et des frais de journée dans les deux procédés.

I.

Comparaison des produits.

Le nouveau procédé a rendu 10714 kilogrammes de plomb, à raison de 53,57 pour 100.

L'ancien procédé n'a rendu que 7625 kilogrammes, à raison de 38,12 pour 100.

La différence est donc de. . . . . 3089 kilogrammes à l'avantage du nouveau procédé.

A raison de 84 fr. les 100 kilog. de plomb marchand, les 3089 kilogrammes obtenus, donnent un bénéfice de 2594 fr. 76 c. . . . . 2594 fr. 76 c.

Ci-contre. . . . . . 2594 fr. 76 c.

II.

Comparaison de la consommation et du prix des combustibles.

Le nouveau procédé exige 147 bennes de houille menue à 1 fr. la benne.		147	
L'ancien procédé exigeait, 1°. 240 bennes de houille grosse à 2 fr. les 240.	480 fr.	2730 fr.	
2°. 600 sacs de charbon de bois à 3 fr. 75 c. le sac, les 600 sacs.	2250		
La différence est à l'avantage du nouveau procédé de 2583 fr. . .			2583

III.

Comparaison des journées et de leur prix.

Dans l'ancien procédé on comptait, 1°. pour le grillage 96 journées à 2 fr. . . .	192 fr.	408	
2°. Pour la fonte 108 journées à 2 fr. . . .	216		
Dans le nouveau procédé il n'y a que 84 journées à 2 fr. 168. . .		168	
La différence est à l'avantage du nouveau procédé de.		240	240
L'économie qui résulte du nouveau procédé est donc de 5417 fr. 76 c. .			5417 76

IV.

Prix des vieux fers employés comme agent dans le nouveau procédé.

Le nouveau procédé exige 500 myriag. de vieilles ferrailles, fontes ou riblons, à 1 fr. 45 c. le myriagramme, les 500 myriag. . .	725 fr.	

V.

Bénéfice net ou avantage du nouveau procédé.

L'économie qui provient du changement de procédé était de 5417 fr. 76 c.	5417	76 c.
Le bénéfice net, par fonte de 2000 myriagrammes, est donc de 4692 fr. 76 c. . . .	4692	76

MÉMOIRE

Sur les moyens de juger la qualité du verre, principalement du verre en table, et de distinguer celui qui sera sujet à s'altérer.

Par M. Guyton-Morveau (1).

Lorsque je proposai, il y a près de deux ans, à la Société d'appeler l'attention des physiciens et des artistes, sur la prompte altération des verres à vitre, que l'on nomme *gras* ou *taiés*, qui sont si communs dans les croisées à grands carreaux des plus beaux hôtels, et qui les rendent désagréables à la vue, en même-tems qu'elle leur ôte la transparence, je n'ignorais pas que la chimie offre à ceux qui en connaissent les principes, divers moyens de s'assurer si une composition vitreuse est, par la nature et les proportions de ses ingrédiens, en état de résister à la puissance de certains agens; mais j'espérais qu'à l'invitation de la Société, on s'attacherait à recueillir tous les faits qui peuvent répandre quelques lumières sur ce sujet; qu'après avoir parcouru et comparé les divers procédés qui pouvaient donner la solution de la question, on arriverait à en indiquer, dont l'exécution serait peu coûteuse, et à la portée

(1) Lu à la séance générale de la Société d'Encouragement, le 11 mars 1807.

de tous ceux qui auraient intérêt d'en faire l'application.

La publicité que la Société aurait donnée à ce travail, en lui décernant le prix, me semblait devoir contribuer efficacement à faire cesser un vice trop fréquent dans les produits de cette branche d'industrie, en faisant connaître aux particuliers la possibilité de juger si le verre qu'on leur livre ne perdra pas au bout de quelques mois sa transparence ; en avertissant les architectes de ne laisser employer dans les édifices dont ils dirigent la construction, que celui qui aura subi l'épreuve, en mettant le vitrier qui l'emploie dans la nécessité d'en garantir la durée, à peine d'être convaincu de négligence dans une partie essentielle de son art, ou même soupçonné de favoriser sciemment le débit de mauvaise marchandise. Un dernier résultat de cette publicité, et le plus avantageux sans doute, eût été d'intéresser les fabricans à donner au verre en table toute la solidité dont il est susceptible, quand il est composé de bonnes matières et suffisamment affiné, s'ils ne veulent courir le risque de voir déserter les magasins par lesquels ils les versent dans le commerce.

Le terme du concours ouvert sur cette question a déjà été prorogé, et la Société n'a reçu aucun Mémoire (1) ; ce qui doit paraître d'autant plus étonnant, que la solution n'exigeait que quelques expériences, dirigées d'après les principes d'une science aujourd'hui très-ré-

(1) Le concours a été fermé le 30 novembre 1806.

pandue. Si ceux qui étaient appelés à ce concours ont pu être arrêtés par la considération que, quand il y a peu de difficultés à vaincre, il y a peu de gloire à recueillir, on peut du moins leur reprocher de n'avoir pas assez senti le mérite d'être utile.

J'examinerai successivement les divers genres d'épreuves auxquelles on peut avoir recours, pour en déterminer les procédés, le degré de confiance qu'ils méritent, et les motifs de préférence.

I. La *pesanteur spécifique* est un des caractères qui font juger le plus sûrement de la nature des corps ; elle peut servir à comparer les produits d'une composition que l'on sait d'avance être à peu près la même, ou du moins formée des mêmes substances dans des proportions un peu variales. C'est dans ce sens que M. Loysel recommande avec raison cette épreuve : « Quand on a (dit-il) dans une manufac» ture deux résultats bien connus pour servir » de terme de comparaison, la simple détermi» nation des pesanteurs spécifiques suffit pour » faire apercevoir s'il est survenu quelque chan» gement dans la fabrication, et en rechercher » la cause » (1). Mais il reconnaît en même-tems que la pesanteur augmente rapidement, s'il entre de la chaux dans la composition, ce qui est le cas le plus ordinaire. On sait qu'il y a des verres blancs dont la pesanteur spécifique n'est que 2,38, et qui résistent aux acides les plus puissans, tandis que des verres noirs qui

(1) *Essai sur la Verrerie*, art. 139.

passent 2,73, se laissent attaquer. La présence des oxydes métalliques influe encore plus sensiblement sur leur densité, et ne donne pas un indice plus sûr de leur solidité. Ce moyen d'épreuve serait donc ici très-insuffisant; il suppose d'ailleurs des instrumens délicats et l'habitude de les manier.

II. L'*inspection de la cassure* n'offrira encore à l'œil le plus exercé que des conjectures hasardées. Suivant M. Duclozeau, la cassure du verre de bonne qualité est toujours ondée, et ses angles sont plus ou moins aigus. Il assure avoir confirmé par d'autres épreuves le jugement qu'il avait porté d'après ce caractère, de diverses espèces de verre à bouteilles (1). Il n'est pas impossible, sans doute, que dans les extrêmes de bonne et de mauvaise composition vitreuse, il s'en trouve dont la comparaison fasse apercevoir des différences sensibles; mais pour en faire une application générale, il faudrait que la cassure, s'opérant par des joints naturels, présentât des fragmens d'une forme constante et déterminée. C'est ce que l'on n'a point encore obtenu du verre, quoiqu'il soit bien certainement dans la condition de tous les corps homogènes qui, en passant de l'état fluide à l'état solide, engendrent des masses par l'aggrégation de molécules similaires. L'examen le plus attentif m'a convaincu qu'il y avait souvent des différences plus marquées dans la cassure d'un même verre que dans celle des verres de qualité très-inégale.

III. Le degré de *dureté* varie non-seulement

(1) *Journal de Physique*, tome 31, page 434.

dans les verres différens, mais encore dans ceux de même espèce. Les ouvriers accoutumés à manier le diamant, distinguent très-bien le verre doux à la coupe, et celui qui est aigre. Il paraîtrait donc que l'on pourrait tirer de cette observation un indice suffisant de sa bonne ou mauvaise qualité, d'autant plus que, théoriquement parlant, elle doit être à très-peu près le résultat constant d'une même composition et d'un égal affinage. Mais il est extrêmement difficile d'obtenir, même par comparaison, une estimation un peu précise de la dureté; c'est ce dont conviennent les minéralogistes qui se sont le plus appliqués à saisir ce caractère: de deux corps dont l'un est rayé par l'autre, celui qui se laisse entamer est placé dans un ordre inférieur; leur échelle n'a pas d'autre base. Or, indépendamment de ce qu'elle suppose des substances pures, une méthode d'essai uniforme, et un examen scrupuleux de l'impression, on sent qu'il ne peut y avoir aucune progression dans les différences, et qu'il doit rester bien des intervalles à remplir dans ces séries, avant qu'un corps quelconque puisse y être placé invariablement.

Les verres les plus parfaits sont rayés par un grand nombre de substances, telles que le *corindon*, la *tourmaline*, l'*émeraude*, le *cristal de roche*, le *silex*, l'*axinite*, le *feld-spath*, la *lime*, la *pointe fine d'acier*, le *verre dévitrifié*, etc., etc. Il faut donc d'abord les écarter, puisqu'ils réduiraient l'observateur à porter un jugement très-incertain sur le plus ou le moins de profondeur des traces.

L'asbeste roide, la mésotype et la gramma-

tite, m'ont paru les seules pierres capables d'opérer avec une inégalité sensible sur différens verres; la dernière sur-tout, lorsqu'on appuie un des angles obtus de ses cristaux (l'angle aigu se rompt à une trop faible pression). Dans les essais que j'en ai faits sur des verres à vitre et sur des verres en tables dont la qualité m'était connue d'avance, j'ai remarqué que ceux qui étaient altérables étaient entamés plus facilement et sillonnés plus profondément. Je dois avertir cependant que cette épreuve s'est trouvée en défaut sur divers échantillons de bonnes glaces; et ce qui doit encore rendre plus circonspect sur les conséquences à en tirer, c'est que des fragmens d'un même verre se rayent réciproquement, lorsqu'on applique l'angle vif de l'un sur la surface de l'autre (la même chose a lieu, quoique moins sensiblement, avec deux aiguilles de cristal de roche). A la vérité, les traces sont toujours plus marquées sur les verres qu'on appelle *gras*; de sorte que si l'on avait un morceau de bon verre en table, on pourrait s'en servir avec quelque avantage pour toucher l'échantillon à juger, en comparant en même tems les traces qu'il aurait faites sur lui-même. Ce serait là tout le parti à tirer de ce procédé d'épreuve.

IV. On sait que les verres qu'on appelle *gras* sont mauvais isolateurs, et même peu susceptibles de s'électriser par frottement. Il pouvait donc être de quelque intérêt d'examiner si cette propriété ne fournirait pas un moyen suffisant d'épreuve des verres à vitre, d'autant plus que leur altérabilité tient vraisemblablement aux mêmes causes, c'est-à-dire, à un excès de fondans

dans salins, ou à un affinage imparfait qui y laisse ce qu'on nomme *suin* ou *sel de verre*.

Les résultats des expériences que j'ai faites sur plus de trente verres de diverses qualités ou de différentes fabriques, ont presque toujours confirmé ces vues, lorsque j'ai pris les précautions nécessaires pour écarter les circonstances qui pouvaient avoir quelque influence. J'ai reconnu que les verres à vitre les plus communs s'électrisaient facilement, en les frottant sur un morceau de drap; que le verre dit à *boudine*, ainsi frotté, agissait fortement sur l'électromètre de Saussure; que les oxydes métalliques dans la composition des verres, tels que le flint-glass, les verres bleus, les verres verts, le verre noir, et même l'émail dur des faïenciers, ne faisaient point obstacle à cette propriété; que la glace et les bons verres de table acquéraient de même une électricité sensible, tandis que les verres blancs, qui n'avaient pu résister aux autres épreuves, se refusaient constamment à imprimer le moindre mouvement à la petite aiguille électrique.

Le physicien qui saura écarter les circonstances qui contrarient souvent le jeu de cet instrument, pourrait donc s'en tenir à cette épreuve.

V. Le mauvais verre s'altère très-facilement *au feu* (1). Mis sur les charbons, il devient terne

(1) Je me suis servi avec avantage du feu d'une cheminée pour constater la qualité des verres à vitre, en plaçant d'abord des lames de ce verre à une asssez grande distance, ensuite en les rapprochant successivement presque tout auprès du feu; alors plusieurs sont devenus farineux, tandis que les autres sont restés transparens, au nombre desquels étaient ceux de M. d'Artiques, où il entrait un peu de plomb.

(*Note de M. Gillet-Laumont*).

et plus ou moins farineux à sa surface. Le même effet est plus prompt et plus sensible au feu du chalumeau et à la lampe d'émailleur. Mais dans tous ces essais, il faut savoir se défier non-seulement de l'action trop rapide ou trop inégale de la chaleur, mais encore de sa durée et de son intensité. Une chaleur long-tems continuée rend opaque le verre le plus parfait, par dévitrification; et même en opérant avec précaution sur un fragment de verre gras à la lampe d'émailleur, on parvient à achever son affinage et à le rendre net et susceptible de souder avec un verre de meilleure qualité.

VI. Les expériences que j'ai faites sur les *sels neutres* m'ont convaincu que ce moyen d'épreuve, qui eût été le plus commode, était absolument inefficace. Les dissolutions de muriates alcalins et terreux, n'agissent, même par l'ébulition à siccité, que sur des verres de qualité si inférieure, qu'on peut se dispenser d'en faire état. Je dirai néanmoins que je n'ai pas vu sans étonnement que parmi les verres à vitre les plus communs, qui en général sont inaltérables, il s'en est rencontré un qui a subi à la surface un changement sensible, par la seule ébullition d'une dissolution d'alun mêlé de muriate de soude.

VII. Il est peu de verres qui, réduits en poudre impalpable, ne donnent prise à une faible action des *acides concentrés;* mais avant cette division mécanique, tous les verres bien composés résistent à l'*acide sulfurique*, le plus puissant de tous, même aidé de la chaleur. Il attaque au contraire très-facilement, même à froid, les verres de mauvaise qualité. J'ai vu des bouteilles de verre noir, dans lesquelles on avait mis de l'acide sulfurique concentré, percées au bout de quelques jours de plusieurs trous, qui, évasés à l'intérieur, présentaient des mamelons blancs, soyeux, formés de l'acide uni aux terres solubles du verre. Mais tous les verres susceptibles d'altération à l'air, ne sont pas d'une composition aussi défectueuse; il faut, pour les juger, les tenir en digestion dans l'acide, et pousser la chaleur jusqu'à l'élever en vapeurs. Alors il ne laisse intacts que les verres bien composés et bien affinés, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature, la limpidité et la couleur, depuis le flint-glass, le verre cristallin, le verre de glace, le verre en table, le verre de gobletterie, et le verre à vitre, jusqu'au verre noir.

Il remplit donc toutes les conditions exigées pour un moyen d'épreuve. J'ai prévu néanmoins que cet instrument chimique serait souvent négligé par la crainte des accidens auxquels pourraient être exposés ceux qui ne seraient pas habitués à le manier avec précaution; c'est ce qui m'a engagé à lui substituer un agent tout aussi puissant, que l'on peut se procurer encore plus facilement et employer sans aucun danger.

VIII. Cet agent est le *sulfate de fer* (couperose verte du commerce).

Après avoir placé dans un petit creuset de Hesse (ou tout autre cuit en grès, comme il s'en trouve chez tous les marchands de poterie) des lames du verre que l'on veut éprouver, soit seul, soit par comparaison; on remplit à peu près le creuset de ce sulfate grossièrement pulvérisé, et on le met sur des charbons ardens,

ou même sur un feu ordinaire de cheminée, qui a l'avantage de mettre à l'abri des vapeurs ; on entretient le feu jusqu'à ce que le sel métallique se colore en rouge, et il ne s'agit que de plonger les lames dans l'eau, après le refroidissement, pour juger si elles ont été ou non altérées, et le degré de leur altération.

On voit que ce procédé n'est point dispendieux, qu'il n'exige aucun appareil, qu'il est à la portée de tout le monde. Les résultats que j'en ai obtenus, et que je mets sous les yeux de la Société, conjointement avec ceux que m'ont donnés les différens moyens dont j'ai fait mention, me paraissent ne devoir laisser aucun doute sur ces avantages.

DESCRIPTION

Du procédé employé en Angleterre pour l'affinage du plomb.

Par M. John Sadler (1).

Dans un Mémoire sur l'affinage du plomb, lu à l'Institut en l'an VIII, et inséré au *Journal des Mines*, n°. 64, M. Duhamel a donné un aperçu du procédé suivi en Angleterre pour la coupellation du plomb ; mais l'auteur n'ayant pas parlé des diverses opérations qui s'y pratiquent, M. Sadler a cru qu'il serait utile de donner une description complète de ce procédé.

On sait que le procédé métallurgique, nommé *coupellation*, a pour but, non-seulement de séparer l'argent du plomb, mais aussi des autres métaux auxquels il est ordinairement allié, et de produire la litharge. L'argent qu'on obtient de cette manière suffit pour payer les frais de manipulation.

Le plomb que l'on retire des fourneaux employés en Angleterre, n'est jamais parfaitement pur ; il retient toujours une portion plus ou moins considérable d'argent, et soit du zinc, de l'antimoine, du cuivre ou de l'arsenic, métaux qui le rendent peu propre aux usages ordinaires.

(1) *Journal de Nicholson*, n°. 60. Septembre 1806.

Le procédé de la coupellation est fondé, d'une part, sur la facilité avec laquelle le plomb s'oxyde lorsqu'il est exposé au feu et au contact de l'air atmosphérique; de l'autre, sur certaines propriétés des oxydes de plomb fondus. Ce métal entre promptement en fusion, et dans cet état il s'oxyde et s'unit avec la plupart des métaux, à l'exception de l'or, de l'argent et du platine.

Le plomb qu'on veut coupeller est exposé dans un fourneau à réverbère, à l'action combinée de la chaleur et de l'air, sur une coupelle formée d'un mélange de cendres d'os et de végétaux (1).

Ce fourneau consiste en un massif de maçonnerie, dont les parois sont maintenues par des bandes de fer arrêtées au moyen de clefs. Il ne diffère du fourneau à réverbère communément employé, que par une ouverture pratiquée dans la sole, et qui reçoit la coupelle, soutenue sous la voûte par deux barres de fer.

Explication de la Planche III.

Fig. 1. Vue perspective du fourneau, entouré de son armature de fer.

a, porte du foyer; *b*, ouverture par où l'on charge la coupelle; *c*, voûte ou large manteau de cheminée, communiquant avec la cheminée

(1) En France on n'emploie guère que des cendres végétales que l'on a bien calcinées pour brûler toutes les parties charbonneuses, et que l'on a lessivées ensuite avec soin. Il n'y a que la surface de la coupelle que l'on saupoudre de cendres d'os.

principale: elle détermine l'aspiration du plomb vaporisé (1); *d*, aire du fourneau, servant à introduire et à retirer la coupelle; *ee*, barres de fer destinées à supporter la coupelle lorsqu'elle est fixée en place; *f*, chaudière de fonte scellée dans un petit fourneau, établi à l'extérieur; *g*, grande cheminée; *p*, cendrier; *q*, barre de fer sur laquelle on fait glisser la cuiller remplie de plomb, quand on charge la coupelle.

Fig. 2. Coupe verticale du fourneau.

i, coupelle soutenue par deux barres de fer sous la voûte du fourneau; le cercle qui l'entoure est maintenu par les brides *rr*; *k*, trompe des soufflets; *s*, grille du foyer.

Fig. 3. Plan de l'intérieur du fourneau.

l, section des soufflets; *h h*, canaux communiquant de l'intérieur du fourneau avec la cheminée principale.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces diverses figures.

Fig. 4. Châssis de fer ovale, dans lequel on tasse les cendres pour former le test.

Fig. 5 *et* 6. Plan et coupe de la coupelle.

m, enfoncement destiné à recevoir le plomb; *n*, poitrine ou rebord antérieur du test; *oo*, petites rigoles pour l'écoulement de la litharge; *t*, ouverture semi-circulaire, pour permettre le passage de la litharge qui tombe sur l'aire de la fonderie (2).

(1) Quelquefois, le manteau de cheminée aboutit à une chambre où se condense une partie de l'oxyde de plomb volatilisé; on entretient de l'eau en vapeur dans cette espèce de caisse, qui communique ensuite avec la cheminée.

(2) Des fourneaux analogues sont établis en France en plusieurs lieux, et portent effectivement le nom de *four-*

Du Test et de la Coupelle.

Le succès de l'opération de l'affinage du plomb dépend essentiellement de la bonne qualité du test : voici la manière de le former.

Six parties de cendres d'os bien calcinées sont mêlées avec une partie de bonnes cendres de fougère. On les passe à travers un tamis dont les fils sont espacés d'une ligne et demie, et on les humecte comme le sable des fondeurs. Ensuite on place le châssis de fer sur la sole du fourneau où il est fixé par des brides; on y répand les cendres, à deux pouces environ d'épaisseur, et on les tasse entre les lames transversales du châssis, avec un pilon semblable à celui des mouleurs, en manœuvrant en ligne spirale de la circonférence au centre. On répète cette opération, et le châssis étant rempli, on y forme avec une spatule tranchante et carrée, de cinq pouces de large, un évasement destiné à contenir le plomb argentifère. Les bords de la coupelle sont taillés avec un long ciseau, et on y pratique, vers le petit diamètre de l'ellipse, l'ouverture *t* pour le passage de la litharge. Enfin on retourne le test, et on le débarrasse de toutes les cendres qui ont pu adhérer, soit au fond, soit à la surface inférieure ou sur les barres transversales du châssis. En plaçant la coupelle sur la sole du fourneau, on la saupoudre de cendres (1).

neaux anglais ; mais il en existe aussi qui permettent de raffiner des masses beaucoup plus considérables. On fait quelquefois des raffinages de 45 milliers (ancien poids), dans une des mines les plus importantes de l'Empire.

(1) M. Duhamel propose des coupelles formées de sable et d'un peu d'argile pour leur donner la consistance nécessaire, et qu'on saupoudre de cendres de bois. Il assure

De la manière d'établir la Coupelle et de la charger.

Le châssis, dont le cercle doit être luté avec de l'argile ou des cendres humides, est placé sur les barres de fer servant de supports, et maintenu par des brides sur la sole du fourneau, de manière que la *poitrine*, ou le rebord antérieur de la coupelle, soit tourné vers l'ouverture *b*.

Alors on allume le feu, et on l'active jusqu'à ce que le test soit chauffé au rouge. On juge qu'il est suffisamment sec, lorsqu'il ne s'échappe plus de vapeurs de sa surface inférieure.

A l'aide d'une casserole ou cuiller de fer, on remplit presqu'entièrement l'excavation *m* du plomb argentifère, fondu préalablement dans la chaudière de fer. Cette opération terminée, on ferme l'ouverture *b*, et on augmente la chaleur jusqu'à ce que la litharge surnage le bain ; ensuite on l'ouvre, et avec un couteau crochu l'ouvrier forme la rigole *o* pour favoriser l'écoulement de cet oxyde, qui, étant chassé vers la partie antérieure de la coupelle par le vent des soufflets qu'on dirige sur la surface du bain, tombe sur l'aire de la fonderie. On ajoute peu-à-peu une quantité de plomb égale à celle qui s'est réduite en litharge, et lorsque la rigole est tellement approfondie qu'il ne reste plus qu'un pouce de ce métal dans la coupelle (1), on fait

qu'elles ont l'avantage de durer plus long-tems, d'absorber moins d'oxyde de plomb, et d'être plus économiques que les coupelles ordinaires.

(1) Cette pratique paraît préférable à celle qui est usitée en France, de placer sur les bords de la coupelle les saumons de plomb, ce que l'on appelle *filer ;* mais il a, comme

cesser le vent des soufflets, on la bouche avec des cendres humides, et l'on en pratique une autre près de la première. On charge de nouveau la coupelle, cependant moins qu'auparavant, et on continue l'opération jusqu'à ce que cette seconde rigole soit assez creusée, pour ne laisser dans le bain qu'environ cinquante à soixante-dix livres de plomb argentifère; cette masse est versée dans une lingotière, et conservée jusqu'à ce qu'on en ait recueilli suffisamment pour la convertir en un lingot d'argent pur, par le procédé du raffinage.

La quantité d'alliage qui doit rester dans la coupelle, dépend en général de la portion d'argent qu'on suppose qu'il contient. On laisse dans cet alliage assez de plomb pour le rendre fusible.

Le test étant retiré du fourneau et brisé, se trouve uniformément pénétré de litharge, mais à une profondeur peu considérable. La partie non imprégnée de cet oxyde est pulvérisée, et mêlée ensuite avec de nouvelles cendres pour former une autre coupelle.

Le raffinage de l'argent ne diffère point de l'opération précédente. Cependant il faut y apporter plus de soins, et ne pas permettre que la litharge entraîne aucune particule métallique, ce qui occasionnerait du déchet. A mesure que l'opération avance, et que la proportion de l'argent augmente, la litharge prend une couleur plus foncée, et alors il est nécessaire d'activer le feu (1). On est averti du moment où ce métal se trouve presque pur, par le phénomène nommé *éclair*.

ce dernier procédé, l'inconvénient de ne pas permettre la purification du plomb marchand, lorsque le plomb d'œuvre contient quelque métal oxydable, comme l'antimoine; car il n'y a que les dernières litharges qui soient bien pures.

L'intérieur du fourneau, qui jusqu'alors avait été obstrué par les vapeurs du plomb, s'éclaircit peu-à-peu. Dès que la surface du bain est parfaitement nette et brillante, l'ouvrier arrête l'action des soufflets, éteint le feu et laisse refroidir le fourneau. On voit alors, par le refroidissement, des globules monter à à la surface du bain, d'où l'argent jaillit avec force et retombe ensuite dans la coupelle.

Les dernières litharges entraînent une portion considérable d'argent que l'on obtient par réduction et en le raffinant (2).

La litharge qui tombe sur l'aire de la raffinerie est enlevée à mesure; elle coule d'abord à l'état pâteux presque liquide, mais en refroidissant elle se coagule en écailles brillantes; c'est sous cette forme qu'on la voit dans le commerce. Si l'on veut la mettre de suite en vente, il faut en séparer les fragmens, en la passant au tamis.

Si, au contraire, on veut revivifier les litharges pour en retirer le plomb, on les porte au fourneau à réverbère, en les mêlant avec du

(1) La couleur de la litharge dépend, à ce qu'il paraît, du degré de chaleur et de la lenteur du refroidissement. Aussi, dans les grands raffinages, les premières litharges qui coulent peu de tems après l'*abstrich*, en donnent de belle et de *marchande*; mais il faut séparer l'enveloppe des grosses stalactites qui se forment au-dessous de la voie de la litharge. L'intérieur de ces stalactites est rouge, tandis que l'extérieur est jaune.

(2) Les dernières litharges ne contiennent pas sensiblement plus d'argent, mais elles entraînent avec elles beaucoup de plomb d'œuvre très-riche.

charbon menu, et on les expose à une chaleur suffisante pour les fondre. Dès que le plomb est réduit à l'état métallique, il s'écoule dans une lingotière, où il se solidifie en *saumons* pour être livré au commerce. Pendant la réduction, il faut avoir soin de couvrir de charbon menu la litharge en bain.

Dans quelques raffineries on se sert de préférence d'un fourneau à manche, parce qu'on prétend qu'il donne plus de bénéfice que le fourneau à réverbère; mais le plomb ainsi réduit n'est jamais aussi pur que celui qu'on obtient en employant ce dernier fourneau. D'ailleurs les oxydes métalliques, qui exigent, pour être amenés à l'état de réduction, un degré de chaleur plus élevé que le plomb, se réduisent ordinairement avec ce métal, dans les fourneaux à manche.

Les oxydes de zinc, d'antimoine (1) et d'arsenic, et même une portion considérable d'oxyde de plomb, se volatilisent pendant le raffinage. Les vapeurs qui s'en dégagent obscurcissent beaucoup l'intérieur du fourneau.

Le vent des soufflets chasse ces vapeurs vers l'ouverture *b*, et elles se répandraient dans l'affinerie au préjudice de la santé des ouvriers, si l'on n'y avait pas remédié par la construction d'une voûte, surmontée d'un canal qui porte les vapeurs dans la grande cheminée.

(1) Les oxydes de zinc et d'antimoine ne sont point volatilisés, mais ils restent avec les premières litharges; aussi celles-ci donnent presque toujours de mauvais plomb. On a tiré parti de cette propriété à l'École impériale des Mines, où le minerai est un peu antimonial, pour purifier le plomb marchand. Le moyen consiste à séparer les premières litharges, que l'on réduit pour faire du plomb de chasse; les litharges qui coulent ensuite produisent d'excellent plomb pour le commerce.

Fig. 4.

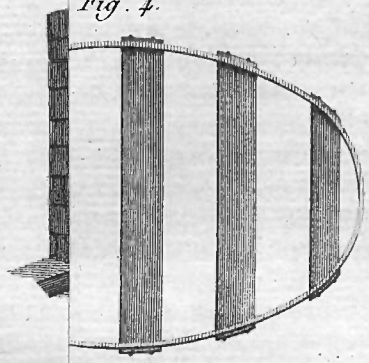


Fig. 5

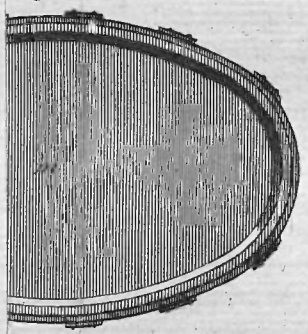
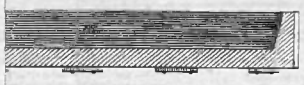


Fig. 6.



Gravé par N. L. Rousseau.

Mai. 1807.

Fourneau pour l'affinage du Plomb.

Fig. 1.

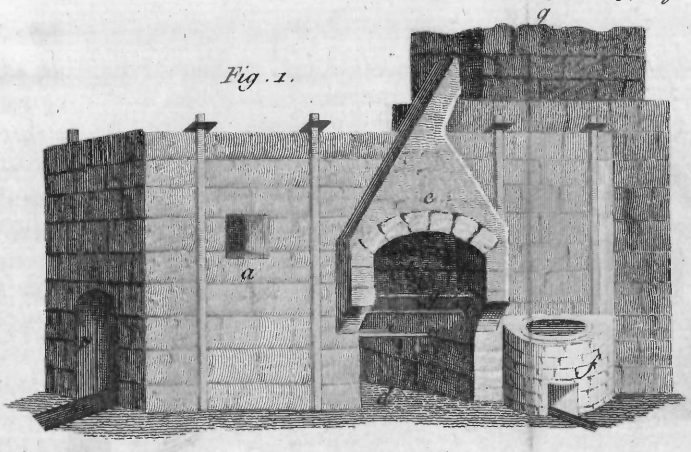


Fig. 2.

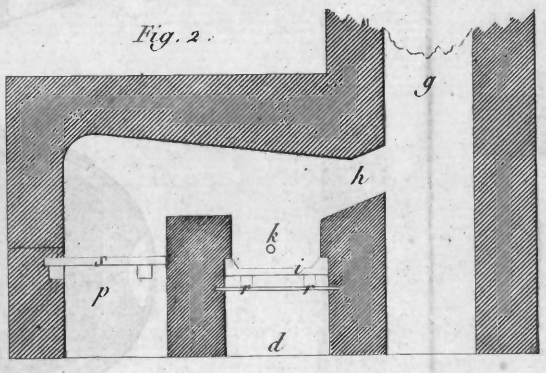


Fig. 3.

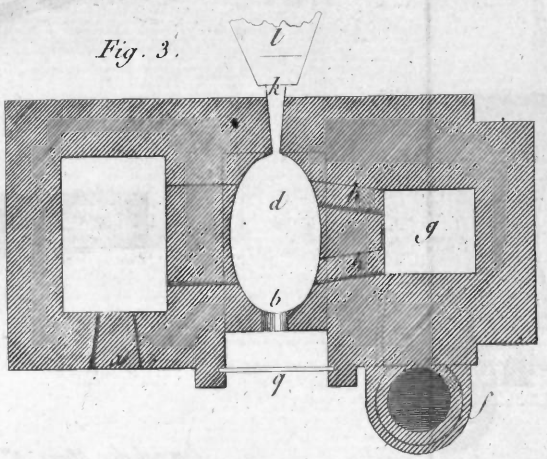


Fig. 4.

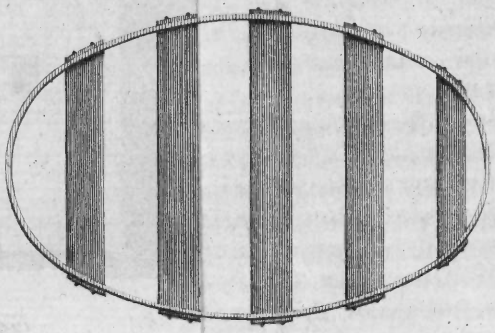


Fig. 5

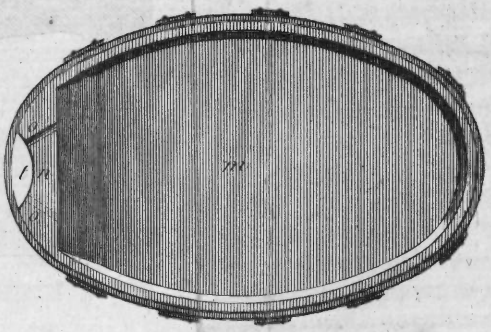


Fig. 6.

Gravé par N. L. Rousseau.

NOTE

Sur le gisement de l'Anthracite nouvellement découvert, par M. J. J. Omalius de Halloy, *dans le Département de l'Ourthe.*

Par M. Tonnellier, Garde du Cabinet de Minéralogie du Conseil des Mines.

M. Omalius de Halloy ayant envoyé au Conseil des Mines un échantillon d'anthracite, vulgairement *houille sèche*, qui présente un nouveau gisement de ce combustible, nous donnerons ici un extrait des observations que ce naturaliste instruit a bien voulu nous adresser.

Cet anthracite d'un noir parfait, est très-éclatant, d'un éclat métallique ; des fragmens détachés du morceau, poussés au feu du chalumeau, jusqu'au rouge, ainsi que dans un creuset de charbon, ont repris, en se refroidissant, le brillant métallique qui les caractérise, et ne paraissent point altérés. Il a été trouvé sur les bords de la Meuse à 14 kilomètres au-dessous de Liége, entre Visé et Argenteau, dans une carrière de chaux carbonatée bituminifère bleuâtre, où l'on rencontre des bélemnites, des huîtres, et autres coquilles analogues. Il n'y est point par couches, ni filons réguliers. On le trouve engagé dans le calcaire, en masses plus ou moins considérables ; les morceaux les plus riches forment des rognons de l'épaisseur de trois à cinq centimètres jusqu'à la grosseur du poing ; on en voit en globules de la grosseur d'une noisette ; d'autres fois il ne montre que de légers indices. Ces rognons se trouvent quelquefois engagés immédiatement dans les masses amorphes de chaux carbonatée bituminifère ; mais ordinairement leur gangue est la chaux carbonatée blanche cristallisée en rhomboïde.

Ces cristaux sont très-abondans dans cette carrière et dans beaucoup d'autres couches de calcaire bituminifère des bords de la Meuse. M. Omalius ne pense pas qu'on

puisse les regarder comme des infiltrations postérieures à la formation des couches, car souvent ils en forment une portion sensible, et s'unissent immédiatement avec la masse bleuâtre. Cette observation et celle des globules d'anthracite enfermés dans la couche, sans l'intermédiaire des cristaux de forme rhomboïdale, lui font regarder ce combustible comme de formation contemporaine de celle des couches calcaires : d'un autre côté la forme des rognons d'anthracite qui se terminent souvent par des pointes très-minces, ou qui se réduisent à de simples indices, paraît annoncer qu'ils n'ont point été roulés, ni enveloppés dans la masse calcaire à la manière des brèches.

La carrière située près de Visé où se trouve l'anthracite, contient aussi du cuivre pyriteux et du cuivre carbonaté vert; ces deux substances y sont assez rares, et sont engagées dans les cristaux rhomboïdaux : cette carrière est située précisément à l'extrémité Nord-Est de cette chaîne de terrain houiller, dont les premiers indices à l'Ouest se manifestent aux mines d'Aniche, à 10 kilomètres de Douai (Département du Nord), et qui après avoir traversé une petite portion du bassin de l'Escaut, s'étend le long de la Sambre et de la Meuse dans une longueur de plus de 20 myriamètres.

L'existence de l'anthracite dans la chaux carbonatée coquillière, est un fait qui a paru à M. Omalius, mériter l'attention du géologue, sous un double rapport; d'abord relativement à la situation des anthracites en général; car tous ceux observés jusqu'à présent, à l'exception de celui de Konsberg en Norwège, qui se trouve de même que celui du Département de l'Ourthe, sous un aspect extrêmement brillant, dans une masse de chaux carbonatée parfaitement analogue à celle des carrières de Visé, sont engagés dans des schistes ou dans des roches primitives granitiques et porphyriques (1); ensuite, relativement à la situation des substances combustibles, dans le terrain houiller de la Sambre

(1) Le Conseil des Mines a dans sa collection un morceau d'anthracite schisteux, trouvé par M. Gillet-Laumont en l'an 11, et retiré d'une couche assez étendue renfermée dans une masse de gypse blanchâtre-terreuse, existant au-dessus de Moûtiers (Mont-Blanc), rive droite du Doron, sur le bord du chemin qui suit le cours de cette rivière, près de Fontaine, dans un ravin qui coupe la couche.

et de la Meuse; car il est remarquable que dans toute cette étendue où il y a beaucoup de couches calcaires, on ne rencontre ordinairement la houille que dans des schistes et dans des grès, et les échantillons de ce pays, avec houille et chaux carbonatée que l'on montre dans les collections, ne sont que des infiltrations produites par une dissolution de carbonate de chaux, qui s'est introduite entre les fissures ou feuillets de la houille postérieurement à sa formation.

Le fait principal que ce nouveau gisement vient ajouter à l'histoire de l'anthracite, est relatif aux observations énoncées dans les Mémoires de M. Héricart de Thury, Ingénieur des Mines (*Journal des Mines*, tom. 14, prairial an 11, et tom. 16, fructidor an 12), où ce minéralogiste, après avoir prouvé que les anthracites n'appartenaient pas exclusivement au sol primitif, énonce, « qu'ils sont le résultat » de la décomposition des végétaux, que leur formation a » eu lieu sans le concours des substances animales, et peut » être antérieurement à leur existence; tandis que les » houilles grasses sont dues à des détritus des matières » végétales et animales dans de certaines proportions ». M. Omalius n'ose point prononcer, si cette théorie s'appliquerait aussi bien aux houilles et aux anthracites du Nord qu'à celles de l'Isère; il est bien éloigné de prétendre qu'il y ait des matières animales dans l'anthracite de l'Ourthe, et de nier que ces matières n'aient pas concouru à la formation des houilles grasses des bords de la Meuse et de la Sambre; il croit seulement que l'on ne peut se refuser à regarder l'anthracite de l'Ourthe comme contemporain des houilles grasses qu'on extrait dans les environs. Il lui a paru démontré que ce combustible était de la même formation que la chaux carbonatée qui lui sert de gangue. Or, cette chaux carbonatée est évidemment postérieure à l'existence des animaux invertébrés, puisqu'on y rencontre fréquemment, et sur-tout dans la carrière de Visé, des empreintes de bélemnites, d'huîtres, et autres animaux analogues.

La houille de l'Ourthe ne se rencontrant que dans des grès et des schistes, l'anthracite n'y ayant encore été observé que dans la chaux carbonatée, l'identité de formation des deux substances ne pourrait être contestée que par celui qui n'aurait point connaissance de la nature du bassin dont il s'agit. Elle ne peut présenter aucun doute aux personnes

qui auront observé avec attention, dans toute l'étendue de ce sol en couches inclinées, les couches de calcaire bituminifère, celles des grès et des schistes continuellement entremêlées et superposées réciproquement les unes aux autres. — On peut suivre maintenant la marche progressive du domaine de l'anthracite. Dolomieu, qui le premier nous apprit à le connaître, avait regardé ce combustible comme appartenant exclusivement au sol primitif; M. Héricart de Thury nous a prouvé ensuite qu'il se trouvait aussi dans le terrain secondaire, mais d'une formation probablement antérieure aux animaux. Voici maintenant l'anthracite de Visé, qui se trouve disséminé dans le sol coquillier, et qui est contemporain des houilles grasses.

En résumant les faits que nous venons d'esquisser d'après M. Omalius, il résulte :

1°. Que l'anthracite n'est point étranger au terrain houiller du Nord de la France.

2°. Qu'il existe disséminé dans la chaux carbonatée bituminifère.

3°. Qu'il y est de formation contemporaine à celle des houilles grasses, et postérieure à l'existence des animaux invertébrés.

SUPPLÉMENT

SUPPLÉMENT A LA NOTE

Sur les Cristaux artificiels d'Arragonite des environs de Prague, *insérée dans le* n°. 124 *de ce Journal, par* M. Tonnellier.

L'OBJET de cette Note était de consigner dans le *Journal des Mines* les observations de M. Haüy sur cette substance. Ce savant qui m'honore de sa bienveillance et de son amitié, me les a communiquées dans cette vue; déjà dans ses cours des années précédentes, il en avait fait part à ses élèves, et plusieurs savans avec lesquels il est en relation, en ont eu connaissance. — Je dois prévenir qu'il faut effacer du nombre des caractères appliqués à ces cristaux (1), celui de la double réfraction, que ne peuvent manifester des corps simplement translucides, comme ceux dont il s'agit. — J'ai été témoin de l'expérience par laquelle M. Haüy a plongé dans la flamme d'une bougie un petit fragment de ces cristaux, tenu à l'extrémité d'une petite pince. Il ne tarda pas à se partager en un grand nombre de parcelles, qui au lieu d'être lancées de toute part en pétillant, comme font celles du diaspore, tombent tranquillement sur la bougie, autour de la flamme. — J'ai cité

(1) Page 322; les trois dernières lignes et les premières de la page suivante.

parmi les minéralogistes Allemands, M. Estner, qui a décrit la même substance sous le nom de *cristaux octaèdres artificiels* de spath calcaire (1). J'ai lu depuis la description qu'en a donnée M. Reuss, laquelle m'a été indiquée par M. Tondi, savant minéralogiste attaché au Muséum d'histoire naturelle. Voici comment s'exprime se savant auteur (2) : « On vend à » Pragues des cristaux *artificiels* (de spath cal- » caire), auxquels on donne la forme d'une » double pyramide quadrangulaire. Ces cris- » taux, d'une couleur jaune de vin, foncée et » pâle, sont plus ou moins allongés, le plus » souvent obliques ; les pyramides dont les » faces sont inégales, se terminent tantôt en » forme de tranchant, tantôt en pointe ; il en » est dans lesquels l'extrémité d'une des pyra- » mides a la forme d'un tranchant, tandis que » le sommet de la pyramide opposée est rongé » dans ses bords. Ces cristaux sont d'une gran- » deur moyenne, libres (sans gangue), avec » des faces qui ne sont point entièrement mi- » roitantes, mais en parties rongées, et en par- » ties chargées de stries et de cannelures qui ne » gardent aucun ordre entre elles, et se diri- » gent dans tous les sens. Les sommets des py- » ramides, ainsi que les angles de la base com- » mune, sont faiblement tronqués ». Ainsi on

(1) *Versuch einer Mineralogie*, etc. Vienne, 1797, deuxième partie du second volume, page 971.

(2) *Lehrbuch der Mineralogie*, etc. Leipsig, deuxième partie du second volume, page 299.

regardait en Allemagne la forme de ces cristaux comme entièrement due à l'art ; on les rapportait à la chaux carbonatée ordinaire. M. Haüy, après les avoir examinés, et s'être convaincu que leur forme n'était point naturelle, a conclu des épreuves auxquelles il les a soumis, qu'ils appartenaient à l'arragonite.

ANNONCES

Concernant les Mines, les Sciences et les Arts.

Géographie physique de la mer Noire, de l'intérieur de l'Afrique et de la Méditerranée, par A. Dureau de la Malle fils, accompagnée de deux Cartes dressées par J. N. Buach, Membre de l'Institut de France et du Bureau des longitudes, représentant, l'une les changemens arrivés aux mers intérieures, l'autre l'intérieur de l'Afrique, et les routes qu'ont suivies dans leurs expéditions les conquérans Grecs et Romains : un gros volume *in*-8°. sur papier carré fin, orné de deux belles cartes coloriées, 6 francs, franc de port, 7 francs 50 centimes.

A Paris, chez Dentu, Imprimeur-Libraire, quai des Augustins, n°. 17.

Nous rendrons compte de cet intéressant ouvrage.

Corsa pel bacino del Rodano e per la Liguria d'occidente, etc. ou *Voyage dans le bassin du Rhône et dans la Ligurie occidentale*, divisé en six sections, dont une renferme l'Orictographie du mont Coiron, dans le Département de l'Ardèche ; par M. le Comte Joseph Marzari-Pencati de Vicenze : 1 vol. *in*-8°. imprimé à Vicenze, 1806, chez Paroni.

Nous ferons connaître incessamment ce que ce Voyage renferme de plus remarquable.

JOURNAL DES MINES.

N°. 126. JUIN 1807.

RAPPORT

De l'Institut national (Classe des Sciences physiques et mathématiques), sur l'ouvrage de M. André, *ayant pour titre :* Théorie de la surface actuelle de la terre.

La Classe a chargé MM. Haüy, Lelièvre et moi, de lui rendre compte d'un ouvrage manuscrit de *M. André*, ci-devant connu sous le nom du *P. Chrysologue, de Gy*, lequel ouvrage est intitulé : *Théorie de la surface actuelle de la terre.*

Comme c'est la première occasion remarquable qui se soit présentée jusqu'ici, d'entretenir la Classe de matières géologiques, il ne sera peut-être pas hors de propos de présenter d'abord quelques réflexions générales sur la manière dont une compagnie, telle que la nôtre, peut et doit envisager ces sortes de recherches.

L'histoire naturelle des corps non organisés, communément nommés *corps bruts*, ou *minéraux*, se divise en deux branches principales.

Dans l'une, on examine chacun de ces corps, en lui-même, et dans ses propriétés chimiques et physiques ; on lui assigne ses caractères distinctifs et son rang dans la méthode générale. Cette partie a plus particulièrement retenu le nom de *minéralogie ;* presque toujours cultivée par de bons esprits, elle est arrivée aujourd'hui à un degré de précision et d'exactitude, égal au moins, à celui de toutes les autres sciences physiques.

L'autre branche de l'histoire des minéraux a, pour objet, la position réciproque de leurs différentes espèces et des masses composées de l'une, ou de plusieurs d'entre elles. C'est cette branche qui nous apprend quelles matières forment de grandes étendues de pays ; quelles autres sont restreintes comme nichées dans les vides ou les fissures des premières ; elle nous fait connaître quelles substances forment respectivement les grandes chaînes, les montagnes inférieures, les collines et les plaines. Elle s'occupe, sur-tout, de la superposition des minéraux, et nous apprend à distinguer ceux qui portent toujours les autres, de ceux qui les surmontent toujours, ou, en un mot, l'ordre que suivent leurs différentes couches.

On lui donne les noms de *géologie*, *géognosie*, ou *géographie physique*, selon qu'on lui fait porter ses recherches plus ou moins profondément.

Il est clair que c'est une science susceptible d'autant d'exactitude, que la minéralogie proprement dite. Il ne s'agit, pour lui procurer cette qualité, que de la traiter comme toutes les sciences naturelles doivent l'être, c'est-à-

dire, de constater, avec soin, les faits particuliers, et de n'en déduire des conclusions générales, que lorsque ces faits sont rassemblés en nombre suffisant, et en observant toujours les règles d'une logique rigoureuse. Il est clair encore que cette science ne fait pas une partie moins indispensable de l'histoire naturelle et de la connaissance du globe, que la minéralogie ordinaire.

Elle est à celle-ci, ce que l'histoire du climat, du sol et de l'exposition propres à chaque plante, est à la botanique.

Son utilité pour la société, si un jour elle était bien faite, ne serait pas moins évidente ; c'est par elle que l'on se dirigerait dans la recherche des divers minéraux ; on prévoirait par son moyen, les détails et les dépenses d'une infinité de travaux, que l'on ne peut connaître, aujourd'hui, que par l'expérience ; ainsi nos ingénieurs ne pouvaient calculer, dernièrement, les frais d'une conduite souterraine pour remplacer la machine de Marly, parce qu'ils ignoraient la nature du terrain. La géologie leur eût appris qu'à cet endroit, l'on ne pouvait rencontrer que de la craie.

Les mineurs, qui sont plus intéressés que les autres artistes à posséder ce genre de connaissance, en ont fait une étude particulière par rapport à la classe des minéraux qu'ils poursuivent. Ils ont déterminé les caractères des montagnes à filons métalliques, et reconnaissent parfaitement les pays où ils n'ont rien à chercher et ceux qui peuvent leur être favorables.

Mais par la nature même des motifs qui les

dirigeaient, ils ont fort négligé les terrains pauvres en métaux; c'est ainsi que dans nos environs, chaque genre d'ouvrier ne connaît que le genre de carrière où il travaille. Celui qui cherche du plâtre ne sait pas ce qui est au-dessus et au-dessous des couches gypseuses; le carrier ignore qu'il a le glaisier sous lui, etc.

L'homme le moins au fait de la marche des sciences, sentira qu'une doctrine qui fournirait, par rapport à tous les minéraux utiles, des données semblables à celles des mineurs sur les filons métalliques, serait de la plus grande importance pour la société, et que si elle s'étendait à tous les minéraux connus, elle formerait une branche aussi belle que curieuse de la philosophie naturelle.

Il est probable qu'on aurait, principalement, étudié dans cette vue, la surface du globe et la faible portion de son intérieur où il nous est permis de pénétrer, si l'on n'y avait trouvé que des minéraux entièrement bruts. Comme il faut bien que ces minéraux aient été disposés originairement dans un ordre quelconque, on ne se serait pas avisé d'abord de voir dans leur disposition des preuves d'actions successives et de révolutions, si une très-grande partie de leurs couches n'eût fourmillé de débris de corps organisés.

Ce sont véritablement les fossiles et les pétrifications, qui, en excitant la curiosité, et en réveillant l'imagination, ont fait prendre à la géologie une marche trop rapide, et l'ont fait s'élever trop légèrement au-dessus des premières bases qu'elle aurait dû fonder sur les faits, pour l'emporter à la recherche des causes,

laquelle n'aurait dû être que son résultat définitif; en un mot, qui d'une science de faits et d'observations, l'ont changé en un tissu d'hypothèses et de conjectures, tellement vaines, et qui se sont tellement combattues les unes et les autres, qu'il est devenu presqu'impossible de prononcer son nom, sans exciter le rire.

On considéra d'abord les fossiles et les pétrifications, comme des jeux de la nature, sans trop s'expliquer sur ce que l'on entendait par-là. Mais lorsqu'une étude plus soigneuse eut fait voir que leurs formes générales, leur tissu intime, et dans beaucoup de cas leur composition chimique étaient les mêmes que celles des parties analogues des corps vivans, il fallut bien admettre que ces objets avaient aussi, dans leur tems, joui de la vie; par conséquent qu'ils avaient existé à la surface de la terre ou dans les eaux de la mer. Comment se trouvaient-ils ensevelis sous des masses immenses de pierres et de terres? Comment les corps marins se trouvaient-ils transportés au sommet des montagnes? Comment, sur-tout, l'ordre des climats était-il totalement interverti, et trouvait-on près du pôle, les productions de la zone torride?

Lorsqu'on vit enfin que presque toute la surface du globe en était couverte à une profondeur incalculable, il fallut bien chercher à imaginer des causes générales et puissantes qui les eussent ainsi répandues.

La Genèse et les traditions de presque tous les peuples païens en offraient une à laquelle il était naturel que les physiciens eussent leur premier recours. C'était le déluge.

Les pétrifications passèrent pour en être des

preuves ; et pendant près d'un siècle, les ouvrages de géologie ne continrent que des efforts pour trouver des causes physiques à cette grande catastrophe, ou pour en déduire comme effet, l'état actuel de la surface du globe.

Leurs auteurs oubliaient que le déluge nous est donné dans la Genèse, comme un miracle, ou comme un acte immédiat de la volonté du Créateur, et qu'il est par conséquent bien superflu de lui chercher des causes secondaires.

Mais vers le premier tiers du dix-huitième siècle, on en vint à penser qu'une seule inondation, quelque violente qu'elle fût, ne pouvait avoir produit des effets aussi immenses, et dont chaque jour constatait davantage la grandeur.

On se crut donc obligé d'admettre une longue série d'opérations, soit lentes, soit subites, et ceux des géologistes qui accordèrent encore au déluge une existence réelle, le considérèrent simplement, comme la dernière des révolutions qui ont contribué à mettre notre globe dans l'état où nous le voyons.

Ce pas une fois fait, les hypothèses ne connurent plus de limites.

On vit renaître dans cette partie de l'histoire naturelle, la méthode systématique de Descartes que Newton semblait avoir bannie pour jamais de toutes les sciences physiques.

Chacun imagina un principe trouvé d'avance *à priori*, ou fondé seulement sur un très-petit nombre d'observations partielles, et employa toutes les forces de son esprit à y soumettre, bien ou mal, les faits parvenus à sa connaissance. Mais par une fatalité presque inconcevable, au milieu de tous ces efforts, on négligea presque entièrement d'étendre la connaissance des faits ; et lorsqu'on songe que Leibnitz et Buffon sont au nombre des philosophes dont je parle ici, on conviendra bien que ce n'était ni faute de génie, ni faute de talent, que l'on avait pris une route aussi fausse.

C'est ainsi que le nombre des systèmes de géologie s'est tellement augmenté, qu'il y en a, aujourd'hui, plus de quatre-vingts, et qu'il a fallu les classer dans un certain ordre, seulement, pour aider la mémoire à en retenir les principaux traits ; et l'exemple meilleur, donné depuis une trentaine d'années par quelques savans, a si peu dégoûté d'ajouter à cette longue liste, que nous voyons éclore tous les jours des systèmes nouveaux, et que les journaux scientifiques sont remplis des attaques et des défenses que leurs auteurs s'adressent réciproquement.

Comment tant d'hommes d'esprit, pleins de science et de bonne foi, peuvent-ils être si peu d'accord et continuer si long-tems de semblables controverses ? La raison en est fort simple ; c'est que l'un d'entre eux eut-il raison, ni lui ni les autres ne pourraient le savoir.

Pour savoir si un fait est dû à une cause, il faut connaître la nature de la cause et les circonstances du fait.

Or, que sont, dans l'état actuel des sciences, les auteurs des systèmes géologiques, sinon des gens qui cherchent les causes des faits qu'ils ne connaissent pas ; peut-on imaginer un but plus chimérique ?

Oui ; l'on ignore, nous ne disons pas seule-

ment la nature et la disposition de l'intérieur du globe, mais celle de sa pellicule la plus extérieure.

Les recherches des mineurs, celles de Pallas, de Saussure, de Luc, de Dolomieu, de l'Ecole de Werner, nous ont donné des généralités précieuses, quoique non encore hors de contestation, sur les montagnes primitives; mais les terrains secondaires, qui sont la partie la plus embarrassante du problème, sont à peine effleurés : les points les plus capitaux et d'où dépend nécessairement le parti que l'on prendra par rapport aux causes, sont encore en question.

Nous pourrions en citer une multitude d'exemples; mais, pour abréger, nous nous restreindrons à un ou deux.

Les êtres organisés ont-ils vécu dans les lieux où l'on trouve leurs dépouilles, ou bien, y ont-ils été transportés?

Ces êtres vivent-ils encore *tous*, aujourd'hui, ou bien ont-ils été détruits en tout, ou en partie?

N'est-il pas clair que le système des causes à imaginer, devra différer du blanc au noir, selon que l'on répondra à ces demandes par l'affimative ou par la négative? Et cependant personne ne peut encore y répondre positivement; et, ce qui est bien plus singulier, presque personne n'a songé qu'il serait bon d'y pouvoir répondre avant de faire un système.

Voilà pourquoi les uns veulent des milliards d'années, pour la formation des terrains secondaires, tandis que les autres prétendent qu'ils se sont faits en une année, il y a environ cinq mille ans; et que tous les partis intermédiaires

entre ces deux extrêmes, ont aussi leurs défenseurs.

Il existe déjà dix ou douze hypothèses, pour l'explication partielle de la formation du bassin de Paris : et aucun de ceux qui les ont faites ne savait qu'il existe dans un seul petit coin de ce bassin, qui n'a que quelques toises en carré, à Grignon, six cents espèces de coquilles inconnues, sur quarante ou cinquante que l'on croit reconnaître : c'est un fait constaté par M. Delamarck, par des recherches qui ont exigé plusieurs années.

Aucun d'eux ne savait, non plus, que nos plâtres recèlent les os de douze ou quinze quadrupèdes qui ne ressemblent à aucun de ceux qu'on voit ni ici ni ailleurs; autre fait qui n'a pu être mis au jour que par dix ans de travail. Jugez de ce que doivent être des explications imaginées tranquillement dans le cabinet par des personnes auxquelles ces deux petites circonstances des phénomènes étaient inconnues?

Que doivent donc faire les corps savans, pour procurer à une science aussi intéressante et aussi utile, les accroissemens dont elle est susceptible, en dirigeant sa marche vers un but réel, et susceptible d'être atteint?

Ils doivent tenir à son égard la conduite qu'ils ont tenue depuis leur établissement à l'égard de toutes les autres sciences.

Encourager de leurs éloges ceux qui constatent des faits positifs, et garder un silence absolu sur les systèmes qui se succèdent. Aussi bien les auteurs de ceux-ci se font leur part à eux-mêmes. C'est une chose curieuse de les voir *tous*, à l'affut des découvertes que font les ob-

servateurs ; prompts à s'en emparer, à les arranger à leurs idées, ou à s'en faire des armes contre leurs adversaires. Il semble que les anatomistes, les zoologistes, les minéralogistes ne soient que les manœuvres destinés à fournir les matériaux de leurs constructions fantastiques.

Heureusement pour l'exemple de ceux qui seraient tentés de marcher sur leurs traces, ces châteaux aériens s'évaporent comme de vaines apparences, et l'édifice plus solide des faits et de l'induction commence à s'élever.

Le plan en est déjà, pour ainsi dire, tracé. Les bons esprits de la fin du 18e. siècle ont établi les questions ; ils en ont déjà résolu quelques-unes ; ils ont indiqué la seule marche à suivre pour résoudre les autres.

La série des problèmes est proposée. Il ne faut plus qu'une persévérance éclairée pour remplir les cadres dont l'ensemble constituera la science. Il n'est pas inutile au but de notre rapport de présenter ici, comme exemples, quelques-uns des principaux objets qu'il nous paraît nécessaire d'étudier à fond, pour faire de la géologie une science de faits, et avant de pouvoir essayer ses forces, avec quelque espoir de succès, sur le grand problème des causes qui ont amené notre globe à son état actuel.

Il faut, selon nous, 1°. rechercher si la grande division des grandes chaînes, en une crête mitoyenne, et deux ordres de crêtes latérales, reconnue par Pallas, et développée par de Luc, est constante, et examiner, comme M. Ramond l'a fait pour les Pyrénées, les causes qui la masquent quelquefois.

2°. Examiner s'il y a aussi quelque chose de

constant dans la succession des couches secondaires ; si telle nature de pierre est toujours inférieure à telle autre, et réciproquement.

3°. Faire une opération semblable par rapport aux fossiles. Déterminer les espèces qui paraissent les premières, celles qui ne viennent qu'après ; savoir si ces deux sortes d'espèces ne s'accompagnent jamais, s'il y a des alternatives dans leur retour, c'est-à-dire, si les premières reviennent une seconde fois, et si alors les secondes ont disparu.

4°. Comparer les espèces fossiles aux vivantes, avec plus de rigueur qu'on ne l'a fait jusqu'ici : déterminer s'il y a un rapport entre l'ancienneté des couches et la ressemblance ou la non-ressemblance des fossiles avec les êtres vivans.

5°. Déterminer s'il y a un rapport constant de climat entre les fossiles et ceux des êtres vivans qui leur ressemblent le plus ; savoir, par exemple, s'ils ont marché du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest, ou s'il y a eu des mélanges et des irradiations.

6°. Déterminer quels fossiles ont vécu, où on les trouve, quels autres y ont été apportés, et s'il y a à cet égard des règles constantes par rapport aux couches, aux espèces, ou aux climats.

7°. Suivre les différentes couches en détail dans toute leur étendue, quels que soient leurs replis, leurs inclinaisons, leurs ruptures, et leurs échancrures. Déterminer ainsi quelles contrées appartiennent à une seule et même formation, et quelles autres ont été formées séparément.

8°. Suivre les couches horizontales, et celles qui sont inclinées dans un ou plusieurs sens, pour déterminer s'il y a quelque rapport entre le plus ou moins de constance dans leur horizontalité et leur annciennetè, ou leur nature.

9°. Déterminer les vallées dont les angles rentrans et saillans se correspondent, et celles où ils ne le font pas, ainsi que celles où les couches sont les mêmes des deux côtés, et celles où elles diffèrent, afin de savoir si ces deux circonstances ont des rapports entre elles, et si chacune d'elles prise à part, en a avec la nature, et l'ancienneté des couches dont se composent les élévations qui bordent les vallées.

Tous ces points sont indispensables à éclaircir, si l'on veut faire de la géologie un corps de doctrine ou une science réelle, et indépendamment de tout désir que l'on aurait de trouver une explication des faits. Mais il est bien clair qu'ils sont plus nécessaires encore pour réussir dans cette explication.

Or, nous osons affirmer qu'il n'en est pas un sur lequel on ait rien d'absolument certain. Presque tout ce qu'on en a dit est plus ou moins vague. La plupart de ceux qui en ont parlé, l'ont fait, selon ce qui convenait à leurs systèmes beaucoup plus que selon des observations impartiales. Les seuls fossiles considérés isolément peuvent encore fournir la matière de trente années d'étude, à plusieurs savans laborieux, et leurs rapports avec les couches exigeront bien d'autres années encore de voyages, de fouilles, et d'autres recherches pénibles.

Quels services ne rendrait pas aux sciences naturelles un corps tel que le nôtre, s'il parvenait à diriger vers ces recherches positives, mais longues, pénibles, les esprits qu'une ardeur de savoir et les exemples contagieux de tant d'hommes de mérite pourraient entraîner à des systèmes aussi inutiles, qu'aisés à créer, et séduisans pour l'amour-propre.

L'ouvrage de M. André, examiné d'après ces principes, nous a offert deux parties bien distinctes, dont la première seulement nous paraît être du ressort de la Classe.

C'est celle où se savant rend compte des observations qu'il a faites pendant ses voyages.

Fidèles aux lois de l'ordre religieux auquel il appartenait, M. André a parcouru, à pied, des routes assez nombreuses et assez étendues: il les parcourait en observateur éclairé, et notait avec soin les élévations et les abaissemens du terrain, la nature des pierres, leur disposition entre elles, et par rapport à l'horizon.

Il a pris ponr modèle le géologiste qui méritait le mieux cet honneur, le célèbre Saussure; c'est-à-dire, qu'il décrit, d'une manière absolue, chacun des objets qui l'ont frappé sur sa route, et dans l'ordre où il se sont présentés.

Une chaîne parcourue ainsi dans plusieurs sens, et décrite avec ce soin, offre le sujet d'un tableau général, que M. André ne manque point de tracer.

C'est ainsi qu'il nous fait connaître la partie des Alpes qu'il a vue, et qui comprend l'espace entre le Saint-Gothard et le Petit-Saint-Bernard.

Il passe ensuite au Jura, chaîne secondaire très-différente des Alpes, qu'il a examinée depuis la perte du Rhône jusqu'au Rhin, c'est-à-dire, dans presque toute sa longueur.

Les Vosges sont une troisième chaîne dont M. André a examiné la partie qui s'étend depuis Épinal, jusqu'à Giromagny; et depuis Giromagny jusqu'au Grand-Donnon, sur toute sa largeur.

Enfin il décrit la crête de séparation dont les versans d'eau se jettent d'une part dans l'Océan, et de l'autre dans la Méditerranée. Il l'a parcourue depuis le *Haut de Salins*, près de la Marche, jusqu'auprès de Cluni.

Il a aussi observé et décrit une partie des plaines qui unissent les Alpes au Jura, et de celles qui commençant à la Saône, suivent le cours du Rhin, jusqu'à Strasbourg.

Quoique dans toute cette partie de son ouvrage, M. André fasse des allusions continuelles, aux opinions qu'il cherche à prouver dans la seconde, la première n'en est pas moins précieuse par un grand nombre de faits intéressans qu'il y décrit, et qui sont indépendans de tout système.

Tels sont d'abord les cirques ou espaces circulaires enfoncés entre de hauts rochers abruptes qu'il a fréquemment observés dans les Alpes.

Telles sont encore ses remarques sur certaines pyramides isolées, quoique formées de diverses couches, et dont tous les alentours doivent nécessairement avoir été enlevés par une cause quelconque, quoique leurs débris ne se trouvent pas à leurs pieds.

M. André décrit, dans le Vallais, beaucoup d'escarpemens et d'érosions des eaux qui avaient échappé à Saussure, parce que celui-ci n'avait vu la partie inférieure du pays, entre Martigny et Brigue, que pendant deux jours seulement, et en suivant toujours la grande route. M. André

montre aussi que cette grande vallée, bien loin d'avoir des angles saillans et rentrans, qui se correspondent des deux côtés, s'élargit et se rétrécit alternativement jusqu'à cinq fois. En général l'article du Vallais est un des plus complets de l'ouvrage, M. André l'ayant traversé un grand nombre de fois et par diverses routes.

Il indique, en plusieurs endroits des Alpes, des exemples de couches schisteuses, tortillées, ou courbées dans beaucoup de directions, et qu'il est bien difficile d'accorder avec les théories ordinaires.

En général il paraît très-peu favorable à l'idée du déplacement des couches.

Sa description du Mont-Blanc, qui a beaucoup de précision et de clarté, se fait lire avec intérêt, même après celle de Saussure, à la véracité et à l'exactitude duquel il rend, au reste, parfaitement justice.

Il décrit avec le même soin le *Saint-Gothard* et ses environs.

Il fait remarquer que ses cimes les plus hautes ne sont pas dans la chaîne centrale; il a observé un fait semblable dans les *Vosges*; c'est la même chose que M. Ramond a fait connaître aux *Pyrénées*.

Dans sa description du Jura, il distingue, avec soin, la roche calcaire compacte, sans pétrifications, qui forme les parties centrales de la chaîne, d'avec les calcaires coquilliers qui en font les parties latérales et moins élevées.

Il y fait voir des cailloux roulés et de gros blocs calcaires arrondis par le transport, comme il y en a de granite dans les Alpes; mais il y en a aussi de ces derniers dans le *Jura*, quoique

Saussure, qui ne l'avait pas assez parcouru, ne l'ait point cru. M. André en cite plusieurs.

Il parle des nombreuses cavernes et des autres dégradations de cette chaîne. Il en décrit les glacières, et sur-tout celle de la chaux, à cinq lieues de Besançon, dont il donne la température prise à différentes époques de l'année, pour faire voir qu'il s'en faut bien qu'elle soit l'inverse de celle de Dehon, comme quelques-uns l'ont avancé.

Sa comparaison des Alpes, du Jura, des Vosges est curieuse. Dans les Alpes, il y a des vallées longitudinales et de transversales; dans le Jura, elles sont presque toutes longitudinales; dans les Vosges presque toutes obliques.

On sait que les Pyrénées ont encore une quatrième structure, et que les vallées y sont, à peu près, toutes perpendiculaires.

Les Vosges sont singulières par la quantité de grès et de poudingues qui recouvrent leurs sommités isolées, et qui paraissent les restes d'un immense plateau.

On voit par ces détails que M. André a observé avec soin les contrées qu'il a parcourues, et que les faits qu'il a consignés dans son ouvrages peuvent être très-précieux pour la géologie positive, du moins, en ce qui concerne les masses minérales: quoiqu'il ne se soit point du tout occupé des fossiles, nous estimons qu'il pourra prendre à cet égard un rang distingué parmi les observateurs géologistes.

Aux descriptions faites par lui-même des pays qu'il a vus, il en ajoute plusieurs qu'il a tirées des meilleurs auteurs, tels que MM. Saussure, de Luc, Dolomieu, Ramond et Patrin, sur

sur les pays où il n'a point été. Ces extraits ne sont point susceptibles d'être extraits une seconde fois. Nous nous bornerons à dire que l'auteur fait remarquer qu'il doit y avoir beaucoup d'analogie entre des contrées fort éloignées, et que les théories applicables à nos pays doivent l'être, à peu de chose près, à toute la terre.

Il dit à la fin quelques mots sur les fossiles, mais seulement d'après d'autres naturalistes.

Après avoir ainsi établi ses données, avec beaucoup de soin, et d'après lui-même, ou d'après les autorités les plus respectables, M. André en vient aux conséquences qu'il croit résulter de ces différens faits.

Après tout ce que nous avons dit au commencement de notre Rapport, on s'attend bien que nous ne porterons point de jugement sur cette partie de son ouvrage; mais nous ne nous interdirons point d'en donner une idée.

Il pense que l'arrangement actuel de la surface de la terre est d'une époque médiocrement éloignée, et il cherche à le prouver, comme MM. de Luc et Dolomieu, par la marche des éboulemens, et par celle des attérissemens.

Il pense, en outre, que cet arrangement est dû en totalité à une cause unique, générale, uniforme, violente et prompte; et il paraît attribuer à cette cause même le transport des fossiles étrangers; il cherche à faire voir que ni les volcans, ni les tremblemens de terre, ni les fleuves, ni les courans n'ont pu arranger la surface de la terre, comme elle est aujourd'hui.

Ces idées sont aussi celles de plusieurs natu-

ralistes célèbres, sur-tout si on les restreint au dernier changement. Vos commissaires croient même pouvoir en adopter personnellement une partie, quoiqu'ils conçoivent très-bien que les motifs qui les déterminent peuvent n'avoir pas la même influence sur tout le monde; mais, par les raisons qu'ils ont énoncées ci-devant, ils ne croient point devoir engager la Classe à se prononcer sur des sujets semblables.

Mais ce qu'ils n'hésitent point à lui proposer, c'est de témoigner à M. André l'estime qu'elle doit à ses laborieuses recherches, et au zèle éclairé qui le porte à continuer ses travaux utiles, dans un âge aussi avancé que le sien.

Ils ne doutent point que l'ouvrage de ce savant respectable ne soit accueilli des naturalistes, comme doit l'être une collection aussi riche de faits intéressans.

Fait au Palais impérial du Louvre, le 11 août 1806, *signés*, LELIÈVRE, HAÜY, CUVIER, Rapporteur.

La Classe approuve ce Rapport, et en adopte les conclusions.

Certifié conforme à l'original.

Le Secrétaire perpétuel,

G. CUVIER.

REMARQUES

Sur la Théorie de la surface actuelle de la terre, de M. André.

Par M. BROCHANT, Ingénieur des Mines.

DEPUIS quelques années l'on n'avait vu paraître aucun ouvrage qui eût pour objet principal la théorie de la terre. Presque tous les géologues, se contentent actuellement de réunir des observations, et ne cherchent point à inventer de nouvelles hypothèses : chacun ramène, il est vrai, tous les faits qu'il observe aux causes qu'il regarde comme les plus probables; mais il s'en trouve peu qui prétendent aujourd'hui établir une théorie générale propre à expliquer tous les cas que présente la nature.

Après avoir long-tems erré de systêmes en systêmes, on a enfin reconnu qu'il falloit, sans remonter aux causes premières, se borner à assigner les causes immédiates des faits les plus évidens, les plus généralement observés, et laisser sans explications tous ceux qui présentent encore quelques doutes; soit que ces faits dus à des causes générales, aient été jusqu'ici mal observés, soit qu'ils aient laissé trop peu de traces des causes particulières qui ont pu les produire.

Dans l'ouvrage dont il est ici question, M. André s'est peu écarté de ces principes; il l'a divisé en trois Parties, les deux premières

contiennent *l'exposition des faits* observés, et la troisième *leur explication*.

Le rapport fait à l'Institut national contenant l'exposé des problêmes à résoudre, et les vrais principes pour faire de la géologie une science de faits; avant que de chercher à remonter aux causes, nous nous bornerons, dans ces observations, à exposer l'ordre suivant lequel M. André a présenté les faits, et celui des conséquences qu'il en a déduites. Nous le suivrons ensuite dans quelques détails relatifs aux faits qu'il rapporte, et nous proposerons nos doutes sur quelques-unes des conséquences qu'il s'est cru en droit d'en tirer.

Première Partie.

L'auteur ayant parcouru une grande partie de la Suisse et des montagnes de l'Est de la France, a placé ses propres observations, dans la première Partie, laquelle seule forme les deux tiers de l'ouvrage, et qui intéressera le plus grand nombre des lecteurs.

Il a partagé les contrées qu'il a parcourues en six cantons.

Les Alpes.

Le premier contient *les Alpes depuis le Saint-Gothard jusqu'au Saint-Bernard*. On retrouvera dans ce chapitre toutes les observations de Saussure que l'auteur a jointes aux siennes. Le rapprochement heureux qu'il en a fait sera vu avec plaisir.

Les plaines de la Suisse.

Le deuxième canton renferme *les plaines des lacs de Genève, de Neufchâtel, de Morat et de Bienne, le cours de l'Aar et le revers oriental du Jura*. La plupart des observations contenues dans ce chapitre sont extraites des voyages de Saussure.

Le Jura.

Le troisième, *le Jura depuis la perte du Rhône jusqu'au Rhin avec les montagnes entre le Doubs et la Saône*. La description de ce canton contient beaucoup de détails encore peu connus, dont quelques-uns ont été insérés dans le *Traité du baromètre portatif* de l'auteur, lequel n'a été jusqu'ici imprimé que dans le *Journal des Mines*, n°. 107, et d'autres, qui sont dispersés dans un grand nombre d'ouvrages.

Plaines de la Saône et du Rhin.

Le quatrième, *les plaines de la Saône et du Rhin depuis Mâcon jusqu'à Strasbourg*. L'auteur n'a donné ici que des observations générales, ou plutôt des résumés, ayant déjà parlé de ce canton en décrivant ceux qui l'avoisinent.

Les Vosges.

Le cinquième, *les Vosges depuis Epinal et Darney jusqu'à Giromagny, et depuis Giromagny jusqu'au Grand-Donnon*. On regrettera sans doute que l'auteur n'ait pas donné plus d'étendue à ce chapitre, qui renferme la description de la chaîne entière des Vosges.

Chaîne qui sépare les eaux de l'Océan de celles de la Méditerranée.

Enfin le sixième canton, dont l'auteur ne fait qu'indiquer la constitution, renferme *la ligne de séparation des eaux de l'Océan et de la Méditerranée depuis un point dit le* Haut-de-Salins *près la Marche, sur la route de Bourbonne à Nancy, jusqu'à la montagne dite là* Haute-Joux, *à trois lieues de Cheny*.

Seconde Partie.

Les observations géologiques faites dans divers pays par d'autres savans, sont réunies dans la seconde Partie, et forment environ un quart de la première. On y trouve un extrait de toutes les observations de Saussure, dont l'auteur n'avait pas encore parlé; celles de Dolomieu sur la Lombardie, l'Égypte, les pays volcaniques; de Ramond sur les Pyrénées; de Deluc sur les bords du Rhin, la Hesse; celles de Guet-

tard sur plusieurs contrées ; de Patrin sur la Sibérie, etc. etc.

Le but de l'auteur paraît avoir été de réunir tous les faits qui pouvaient servir à établir sa théorie. Il semble que pour l'atteindre plus complètement, au lieu d'extraire séparément les ouvrages des géologues, il aurait dû réunir, à l'appui de chaque fait principal, les témoignages de ceux qui l'ont observé ; ce qui lui aurait donné lieu de faire souvent ressortir des observations importantes. Saussure est de tous les géologues, celui qu'il paraît avoir le plus étudié, et il ne pouvait suivre un meilleur guide ; mais il aurait pu citer un grand nombre d'ouvrages étrangers qui renferment des observations précieuses. A peine y est-il question de Pallas. On trouve quelques mots sur le Hartz, d'après Deluc. Cependant la Hongrie, la Saxe, la Bohême, la Bavière, la Suède, ont été parcourues et décrites par des géologues qui sont au moins des observateurs exacts, et l'auteur n'en parle pas.

Troisième Partie.

Ce savant et laborieux observateur a consacré la troisième Partie de son ouvrage à *l'explication des phénomènes* que présente la surface actuelle de la terre. Nous allons chercher à donner une idée de la théorie qu'il a voulu établir.

L'auteur pose d'abord une suite de principes qu'il regarde comme étant une conséquence nécessaire des faits observés.

1°. La surface de la terre n'a pas toujours été arrangée comme nous la voyons.

2°. Il n'y a pas long-tems que la surface de la terre est arrangée comme nous la voyons.

3°. Il a fallu une cause générale, uniforme, violente et prompte pour arranger la surface de la terre comme elle est à présent.

4°. Les volcans, les tremblemens de terre, les fleuves et les courans de la mer n'ont pas pu arranger la surface de la terre comme elle est à présent.

5°. Notre globe a été couvert d'eau jusqu'au-dessus des plus hautes montagnes.

6°. Ce sont ces eaux qui ont changé sa surface en l'arrangeant comme elle est à présent.

7°. Les eaux de la mer y sont intervenues, puisqu'on trouve partout ses productions en grande abondance.

8°. Ce ne sont pas les eaux de la mer dans l'état de tranquillité où nous les voyons à présent, mais dans une agitation assez violente pour en ébranler la masse entière jusqu'au fond de ses bassins, et pour en arracher les matières qui y reposaient.

9°. Nous ne connaissons aucun agent naturel dans l'ordre actuel des événemens, qui ait pu imprimer aux eaux une impulsion assez forte pour opérer de si grands effets.

10°. Il a fallu pour cela une alternative d'alluvions, ou *une seule* dont l'action ait été modifiée par une foule de circonstances locales.

On voit que tous ces principes se réduisent à admettre une grande révolution aqueuse peu ancienne, ou pour employer l'expression de l'auteur qui lui-même l'a empruntée, *une grande débâcle*.

Sans vouloir attaquer ces principes, susceptibles au moins de quelques modifications, on peut être étonné que l'auteur ait cherché à tout

rapporter à une cause unique, et ait, pour ainsi dire, assigné une seule époque à la dégradation de la surface du globe, comme si cette *grande débâcle*, cette alluvion générale, une fois admise, avait pu produire à elle seule tous les faits observés, et sur-tout ceux dans lesquels il est impossible de méconnaître une succession d'effets, et par conséquent une succession de causes et de tems.

L'auteur commence par expliquer le *transport de blocs énormes plus ou moins arrondis, sur des montagnes de nature différentes, à de grandes distances des montagnes de nature semblable.*

C'est en effet un des monumens les plus évidens d'une ancienne révolution. Il regarde, avec la plus grande partie des géologues, ces blocs comme ayant été transportés avant l'ouverture des vallées intermédiaires; il cherche à prouver que la *destruction des montagnes, leur forme actuelle, l'ouverture des vallées*, sont autant de résultats nécessaires de la *grande débâcle*. Sans doute elle a dû opérer une partie de ces effets; mais la plupart ne semblent-ils pas attester une cause plus lente et successive? Les éboulemens, l'écoulement de grands lacs, leurs déplacemens, enfin l'action destructive continuelle des eaux, ne sont-ils pas des causes reconnues par tous les observateurs, appuyées même sur des monumens historiques? Ces causes réunies n'ont-elles pas dû concourir à la formation d'un grand nombre de vallées?

L'auteur explique ensuite avec beaucoup de vraisemblance, la formation des *terrains de transport ou de débris*. Mais il y a aussi différentes sortes de terrains de transport dont les époques relatives de formation sont bien constatées, et qui n'ont pu être produits par la même révolution. L'auteur suppose, il est vrai, que les premiers débris ont été travaillés de nouveau par les eaux, mélangés avec d'autres, et que ces mélanges et ces transports se sont renouvellés plusieurs fois dans le cours de la débâcle; mais cette supposition pourra paraître insuffisante pour expliquer les différences marquantes qui distinguent constamment les différens dépôts de transport, et sur-tout ces distinctions d'époques auxquelles leur position relative force de les rapporter.

La disposition verticale, l'inclinaison et le contournement des couches, est un autre phénomène des plus importans en géologie, dont l'auteur s'est occupé; il suppose que les matières entraînées par les eaux se sont déposées le long des parois des rochers, reste de la charpente primitive du globe; ce qui est assez difficile à concevoir, sur-tout au milieu de l'agitation violente qu'avaient alors, suivant lui, les eaux; il pense que cette masse liquide donnant ensuite à ces premiers dépôts des impulsions variées, les ont relevés, précipités à plusieurs reprises; qu'enfin le *contournement des couches* est « l'effet de l'agitation des eaux et » du combat des matières, qui se heurtant suc- » cessivement, se pétrissaient, s'amollissaient » et se contournaient en toutes formes plus » bizarres les unes que les autres ».

On voit ici ce qui résulte de la supposition d'une cause unique pour tous les phénomènes géologiques. L'auteur paraît tellement attaché

à son explication des irrégularités dans la stratification, qu'il y revient plusieurs fois dans ses deux premières Parties. On peut voir entr'autres ce qu'il dit §. 75, p. 128 de la formation des poudingues verticaux observés d'abord à Valorsine par M. de Saussure, et reconnus depuis en beaucoup d'autres endroits des Alpes et ailleurs. L'auteur ne veut pas admettre le relèvement des couches indiqué par Saussure; il croit que ces poudingues ont été *stratifiés verticalement;* il se fait à lui-même l'objection mise en avant par ce savant, qu'un galet de la grosseur de la tête n'a pu se soutenir contre une paroi verticale, et y attendre qu'un dépôt postérieur vînt l'y souder, l'y arrêter; mais pour y répondre, il a encore recours à son moyen universel, à sa *grande débâcle*. « Qui oserait, dit-» il, dans une révolution aussi violente expli-» quer en détail les différentes situations que » prirent les matières les unes entraînées pêle-» mêle, les autres plus légères simplement » déposées; ici sur un sol horizontal, là sur des » noyaux différemment inclinés? Je ne crois pas » qu'on puisse exiger ce détail d'aucun géolo-» gue; mais au moins *on est sûr*, en général, » que ces matières purent prendre toutes sortes » de situations, *même la verticale* ».

L'auteur cite ensuite à l'appui de son opinion, l'exemple de l'éboulement qui a eu lieu en 1767 entre Sallenche et Servoz, et il le donne comme propre à faire comprendre les effets de la débâcle. D'abord, où l'auteur a-t-il vu de véritables couches bien déterminées à feuillets minces et sur-tout verticaux, formées par un éboulement? Ensuite, il est un fait, bien plus important à expliquer, relatif aux mêmes poudingues verticaux; c'est la position des fragmens ou noyaux qui y sont empâtés; la plupart ont leur plus grand plan parallèle à celui des couches; ils y sont presque toujours dans la position qu'ils prendraient d'après leur forme en tombant sur un plan horizontal. Cette particularité très-importante s'observe assez bien à Valorsine, mais encore mieux à Agine près de Conflans en Savoie, dans toute la Tarentaise, au col de la Seigne, et ailleurs; et il paraît impossible de n'en pas conclure la formation horizontale de ces couches de poudingues, quelle que soit la cause que l'on assigne à leur redressement.

Sans doute il y a de grandes difficultés dans la supposition de ces redressemens, lorsqu'on veut en expliquer les causes; il n'en est pas moins vrai que l'on est nécessairement conduit à les admettre par l'observation des faits. Il y a d'ailleurs un autre phénomène dont l'auteur n'a nullement parlé dans ses explications, et qui est lié essentiellement à celui-ci, c'est la direction assez constante des couches de toutes les Alpes (1). Comment se fait-il qu'elle est le plus souvent du Nord-Est au Sud-Ouest, et que ce fait s'observe dans des roches de nature très-différente, et notamment dans les poudingues dont il est ici question? Sans doute l'auteur, d'après ses principes, a dû se refuser à admettre

(1) Aux Pyrénées les schistes et les marbres sont disposés par bandes alternatives, à peu près parallèles à la chaîne, et dirigées, ainsi que l'a très-bien observé M. Palassou, de l'Ouest-Ouest-Nord à l'Est-Est-Sud.

un redressement aussi uniforme dans toute l'étendue des Alpes; mais comment serait-il possible qu'une révolution aussi violente que la *grande débâcle*, eût produit des effets aussi uniformes, relativement à la direction des couches, et à la stratification verticale des poudingues?

Il y avait un moyen bien plus simple d'attaquer la supposition du relèvement de ces couches; c'était de soutenir que ce ne sont pas des véritables poudingues. Dès-lors ces couches rentraient dans la même classe que toutes celles verticales; cependant cela n'eût pas éloigné toutes les dificultés, car il eût fallu toujours expliquer la disposition verticale de toutes ces couches primitives; au moins il n'en serait plus resté aucune pour ceux qui reconnaissent dans cette disposition l'ouvrage de la cristallisation.

Plusieurs savans, et notamment M. Patrin, ont embrassé depuis peu cette opinion, que les poudingues de Valorsine et autres verticaux ne sont pas des poudingues; mais ils n'ont pas réussi jusqu'ici à en convaincre les géologues.

L'auteur lui-même, bien loin de l'admettre, a étendu plus que personne les limites des matières de transport dans les Alpes. Selon lui, tous les calcaires grenus micacés des Alpes ne sont autre chose que des grès calcaires. (V. p. 100). Si l'auteur entend par là que ces calcaires sont secondaires, il pourrait avoir raison; il y a des observations récentes qui semblent le prouver; mais s'il veut dire que ce sont des fragmens calcaires antérieurement solides transportés sans être dissous, déposés ensuite et agglutinés à la manière des grès, il est impossible d'admettre

son opinion. Parmi ces calcaires grenus des Hautes-Alpes, il y en a qui sont d'un grain cristallin plus gros, plus égal que tous les calcaires primitifs même, autant que celui des filons et des stalactites, auquel on ne refusera pas d'avoir été dissous et cristallisé. Comment d'ailleurs concevoir que des fragmens calcaires conservent dans un transport si violent leur disposition lamelleuse, leur poli, leur éclat, et toute leur apparence cristalline.

Les débris accumulés dans les vallées, dans les plaines, dans la mer; les corps marins dans beaucoup de terrains, les os de grands quadrupèdes, les végétaux déposés dans des contrées éloignées de celles qu'ils habitent ordinairement; les gypses, les houilles, le fer oxydé globuliforme, dont M. André s'occupe successivement, étaient plus faciles à expliquer, du moins généralement, à l'aide de la théorie adoptée par l'auteur; mais s'il fût entré dans les détails que présentent ces divers phénomènes, il eût eu plus de peine encore à les rapporter à la *grande débâcle*. On voit même souvent, que pour avoir négligé d'admettre d'autres causes des modifications de la surface du globe, il est obligé de supposer des effets très-extraordinaires, comme, par exemple, de faire nager les coquillages et leurs fragmens à la surface de l'eau.

En parlant des débris dans les plaines, l'auteur dit, avec raison, que plusieurs plaines en avaient été comblées bien au-dessus de leur niveau actuel: il cite entr'autres les plaines de Lombardie, dont il pense que le sol était autrefois aussi élevé que les collines du Montferrat.

Rien n'est plus vrai que cette assertion ; mais pourquoi la rapporter à *la grande débâcle*, ou plutôt à la même révolution qui a formé toutes les montagnes secondaires des Alpes, qui ne renferment que très-peu de débris de corps organisés ? N'est-il pas plus naturel de supposer que les plaines qui avoisinent les collines de Montferrat ont été creusées par les torrens des Alpes ? Quand on a vu ces collines, il est impossible de se refuser à admettre cette opinion. Elles se trouvent placées comme au milieu du coude que forme la chaîne des Alpes vers le Mont-Cénis et le grand Saint-Bernard ; elles en sont séparées de tous côtés par des plaines à une distance d'environ 3 ou 4 myriamètres de l'ouverture des vallées et de la naissance des montagnes. La direction de ces collines est de l'Ouest à l'Est parallèlement aux principaux torrens qui descendent des Alpes du côté du Dauphiné et de la Savoie. On voit que ces torrens se sont frayé un passage des deux côtés en détruisant les flancs de ces collines ; et si les torrens qui descendent du Nord du côté de la Suisse les ont respectés, c'est que le Pô, qui est bien plus considérable, et qui les reçoit, changeait leur direction en leur communiquant la sienne de l'Ouest à l'Est ; d'ailleurs ces torrens venant du Nord, ont reculé les flancs de ces collines jusqu'à 3 myriamètres des Alpes, c'est-à-dire, à une distance où leur impétuosité était déjà amortie, et où leur effort était rompu par le courant du Pô qui venait le couper à angle droit ; aussi cette rivière baigne-t-elle immédiatement le pied de ces collines. Tel est le petit nombre de faits auxquels l'auteur applique sa

théorie. Il ne fait aucune mention des distinctions reconnues entre différentes sortes de terrains, soit parmi les primitifs, soit parmi les secondaires. Il n'indique point cette alternative régulière que l'on remarque si souvent dans les diverses couches qui composent certaines montagnes secondaires, caractère qui est cependant un des plus frappans, et qui ne peut s'expliquer que par des alluvions alternatives périodiques, et non par une seule révolution. Nous regrettons que l'auteur n'ait rien dit des mines de sel, des lacs salés, des filons qui semblent indiquer des époques différentes de celles auxquelles on peut attribuer les couches. Il s'est peu étendu sur ce qui concerne les pays volcanisés ; les grands phénomènes volcaniques méritaient cependant d'être pris en considération dans l'examen des causes qui ont réduit la surface du globe à l'état actuel où nous la voyons. Les alternatives observées dans les volcans anciennement éteints, entre les produits d'alluvion et ceux du feu, pouvaient servir à déterminer des époques où le globe a éprouvé, tout au moins dans certaines parties de sa surface, des dégradations bien supérieures à celles qui arrivent aujourd'hui.

Mais l'auteur a été entraîné à admettre une cause unique, une grande révolution aqueuse, par un motif particulier qu'il ne dissimule pas dans les trois dernières pages de son Livre. Il craignait de s'écarter, dans sa théorie géologique, de ce qui est dit dans la Genèse, des premiers âges du monde. Sa *grande débâcle* est le déluge universel, tel qu'il nous est raconté par Moïse. M. Deluc a déjà cherché, dans ses

ouvrages, à établir cette opinion. Sans doute une inondation générale, comme le déluge, a dû produire des changemens considérables à la surface du globe; mais doit-on lui attribuer toutes les dégradations que nous y observons? n'en avait-il pas déjà éprouvé antérieurement, et n'en a-t-il pas encore éprouvé depuis? Les monumens historiques nous ont conservé, sinon des preuves, au moins des traces irrécusables de plusieurs grandes alluvions, de continens engloutis, de lacs, de mers même écoulées, de détroits nouveaux formés; enfin l'auteur se serait-il écarté de la foi chrétienne, s'il avait rejeté une partie des ravages qui ont modifié l'écorce du globe à la première époque de la création rapportée par l'historien sacré, époque au commencement de laquelle la terre fut couverte par les eaux.

Au reste, quelle que soit l'opinion que l'on embrasse sur la théorie développée par M. André, son ouvrage n'en doit pas moins être recherché des géologues; ils y trouveront un grand nombre de faits peu connus sur le Jura, des observations précieuses sur toutes les montagnes qui bornent la France du côté de l'Est.

On peut dire, à l'égard des Alpes, qu'il n'a encore été fait aucun ouvrage qui donne une idée plus nette de leur constitution; celui de Saussure est sans doute un modèle à présenter aux observateurs; mais il n'est pas toujours facile à consulter, et l'extrait rapproché qu'en a fait M. André, rendra plus faciles les recherches qu'on voudrait y faire.

STATISTIQUE

STATISTIQUE

DU DÉPARTEMENT DU LOT,

Extraite d'un Compte rendu de l'état des Mines et Usines dans le Département du Lot.

Par l'Ingénieur des Mines L. Cordier, chargé d'une mission *ad hoc* par S. Exc. le Ministre de l'Intérieur, sur la demande de M. Bailly, Préfet du Département.

INTRODUCTION.

La nature ne paraît point avoir favorisé le Département du Lot, sous le rapport particulier de la minéralogie et des arts qui s'y rapportent. Son territoire offre maintenant aussi peu d'aliment à la curiosité du naturaliste qu'à l'activité du mineur. On pourrait peut-être ajouter ici que ce Département sera toujours à peu près ce qu'il est actuellement, c'est-à-dire, un des moins riches de l'Empire en produits minéraux. Cette vérité n'est pas très-satisfaisante sans doute; mais il nous conviendrait peu de la dissimuler. En rendant un compte exact de nos observations et de l'état des choses, tel qu'il est, nous n'aurons pas moins rempli les instructions du Conseil des Mines, et satisfait au vœu de l'ad-

ministrateur éclairé qui a provoqué la mission dont nous avons été chargé.

Le travail que nous publions ici sera divisé de la manière suivante : la première Partie sera consacrée à la description minéralogique du Département ; dans la seconde, on traitera successivement de chaque mine en particulier et de chaque indice, des forges et fourneaux qui mettent les minerais en œuvre ; des martinets pour le cuivre, des principales carrières, et enfin des fabriques et usines qui traitent en grand les substances terreuses.

PREMIÈRE PARTIE.

Description minéralogique du Département du Lot.

CHAPITRE PREMIER.

Généralités.

Le Département du Lot est borné à l'orient par les montagnes primitives des Départemens du Cantal et de la Corrèze. Au Sud-Est par les montagnes secondaires de l'Aveyron et du Tarn. Au midi par la colline et les plaines tertiaires de la Haute-Garonne. A l'occident et au nord, par les plateaux secondaires du Lot et Garonne et de la Dordogne.

Sa figure est à peu près celle d'un parallélogramme rectangle, dont le grand côté se dirige du S.-S.-O. au N.-N.-E., et peut avoir 11 myriamètres de longueur. Le petit côté n'a que 62 kilomètres.

Son étendue en superficie, peut être évaluée à 68 myriamètres quarrés.

Sa surface, quoique toute montueuse, n'offre aucune chaîne de montagne dominante. En général, on peut la considérer comme formée de plateaux plus ou moins élevés, que des vallées profondes, ou des gorges escarpées séparent les uns des autres, et dont l'ensemble s'abaisse uniformément vers l'Ouest et le Sud-Ouest, c'est-à-dire, vers l'Océan. La hauteur des plateaux varie de 350 à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer, et de 150 à 400 mètres seulement au-dessus des grandes rivières qui traversent le Département.

Ces rivières sont : le Lot qui coupe le Département par le milieu, et qui lui donne son nom ; la Dordogne qui passe à l'extrémité méridionale ; l'Aveyron et le Tarn qui se réunissent au-dessous de Montauban, et qui baignent la lisière méridionale. Ces quatre rivières coulent dans des vallées parallèles et dirigées de l'Est à l'Ouest. Elles reçoivent par des vallées ou des gorges latérales, les eaux de plusieurs petites rivières, qui prennent leur source dans le Département, ainsi que celles d'un assez grand nombre de ruisseaux et de torrens, dont le lit du reste est à sec une partie de l'année.

D'après les données tirées du travail de M. Méchain, pour la mesure de la méridienne, d'une part, et de l'autre, d'après celles qui résultent d'un calcul approximatif fondé sur la rapidité des eaux et leur distance à la mer, on peut estimer que le fond de vallée

dans lequel la ville de Montauban est bâtie, est à 180 mètres au-dessus de l'Océan; que celui où Cahors est situé, est élevé de 220 mètres, et que la hauteur de la ville de Souillac ne passe pas 200 mètres.

On voit, d'après ce qui précède, que la division du territoire est nettement dessinée par les grandes rivières; en voici le détail en allant du midi au nord : la petite portion de terrain qui est au confluent du Tarn et de l'Aveyron, n'a que 3 myriamètres de superficie. Le massif de plateaux qui court de l'Est à l'Ouest entre l'Aveyron (censé prolongé jusqu'à la Garonne) et le Lot, peut avoir 45 kilom. de largeur et 29 myriam. quarrés de surface; celui qui sépare le Lot de la Dordogne a 49 kilom. de large et 32 myriam. de superficie; quant à celui qui se prolonge entre la Dordogne et la Corrèze, sa largeur équivaut à 4 myriamètres environ, mais le territoire du Département du Lot ne s'étend que jusqu'à la limite des eaux versantes, c'est-à-dire, à 17 kilom. vers le nord. La surface de cette portion doit être évaluée à 4 myriam. quarrés.

On aurait une fausse idée du relief du sol, si l'on imaginait que les plateaux vont en s'élevant progressivement et d'une manière sensible, à partir des quatre rivières principales, jusqu'aux lignes qui en séparent les bassins. On s'aperçoit à peine de cette élévation progressive, lorsqu'elle existe, et d'ailleurs la Dordogne, le Lot et l'Aveyron, sont fréquemment encaissés par des plateaux qui atteignent le maximum de hauteur, et qui présentent sur les deux rives des pentes extrêmement rapides ou

des escarpemens absolument à pic. Les bords du Tarn ne présentent pas la même disposition : on arrive à cette rivière par des pentes douces et qui prennent de loin; cette exception annonce une différence remarquable dans la nature du sol.

En dernière analyse, on peut se représenter le relief du Département comme ayant été creusé dans un massif de terrain, dont la surface était originairement unie et légèrement inclinée vers l'Océan. Les dépressions ou excavations, qui forment les vallées et les gorges actuelles, offrent un vide qui est tout au plus la moitié de la masse totale des exubérances ou portions du sol originaire, qui sont restées intactes.

Il est peu d'endroits où l'on ne puisse juger de la constitution minéralogique du sol. Les différens bancs de pierre ou de roche qui le composent, se voient fréquemment à découvert, soit à cause des dégradations que les eaux pluviales occasionnent sur des pentes communément rapides, soit parce qu'il existe des coupures naturelles et des escarpemens à pic presque à chaque pas. Voici le résultat général de l'observation.

Presque toute la surface du Département est composée de couches secondaires horizontales : elles sont encadrées du côté de la frontière orientale, par une bordure étroite de terrain primitif; et du côté du midi, par une bande assez large de terrain tertiaire. Il faut ajouter que les couches secondaires sont recouvertes, en beaucoup d'endroits, par des lambeaux plus

ou moins épais, plus ou moins étendus, qui appartiennent à la troisième formation.

La constitution du sol n'ayant aucune espèce de rapport, ni avec la direction des grandes vallées, ni avec l'étendue des bassins, nous allons traiter successivement et d'une manière générale, des trois différentes sortes de terrains qui composent le Département, nous ferons mention d'une butte volcanique qui se trouve auprès de Figeac, et pour completer le tableau, nous dirons un mot des alluvions qui remplissent les fonds de vallée.

Chap. II.

Des Terrains primitifs du Département.

Les terrains primitifs qui composent la lisière orientale du Département, forment une bande dont la longueur du nord au midi, est de 47 kil. sur 11 de largeur moyenne. Elle n'est limitée au Nord, à l'Est et au Sud, que par la ligne de démarcation purement administrative, les parties contiguës de la Corrèze, du Cantal et de l'Aveyron étant de même nature. Mais du côté de l'Ouest, il existe une limite naturelle qui est bien nettement tracée par les terrains secondaires qui viennent s'appuyer sur le sol primordial. La ligne de jonction passe à l'Orient et à peu de distance de Capdenac, Figeac, Cardaillac, Saint-Céré et Bretenoux : elle se prolonge sans s'écarter de sa direction, à travers l'Aveyron, d'une part, et la Corrèze de l'autre.

On peut évaluer l'étendue de la bande primitive à 5 myriamètres quarrés : elle ne forme

pas la treizième partie de la surface totale du Département.

Le relief de cette région ne présente point de plateaux, mais d'immenses croupes arrondies, serrées les unes contre les autres, enchâssées sans ordre et séparées par des ravins très-profonds. Elles atteignent pour la plupart le maximum de hauteur au-dessus de la mer; quelques-unes même font exception et arrivent jusqu'à 700 mètres; les montagnes qui sont au midi de la ville de St.-Céré en sont un exemple. Cette contrée est nécessairement la plus froide du Département, parce qu'elle est la plus élevée, mais elle n'est pas la moins agréable, à cause de l'abondance des bois et de l'affluence des eaux vives. Les roches primitives qui la constituent, sont aussi peu variées sous le rapport de la contexture et des élémens composans, que sous celui de la structure générale des masses.

On ne rencontre partout que des granites schisteux (gneiss, schistes micacés), formés de feld-spath, quartz et mica. La direction des couches, comme celle des feuillets, marche du S.-S.-O. au N.-N.-E. L'inclinaison se montre indifféremment vers l'Est ou vers l'Ouest; mais elle n'est jamais moindre que 30 ou 40 degrés. Du reste, les couches ne sont pas toujours parfaitement planes; on en voit de courbes, et d'autres qui sont plissées de manière que leur coupe en travers présenterait une suite de lignes en zigzag.

Les élémens qui composent les couches granitiques, sont tantôt en grains de grosseur moyenne, et tantôt à grains fins. Dans le

premier cas, c'est le feld-spath qui domine; dans le second, c'est le quartz. Le mica, quoiqu'en petite quantité, est toujours très-apparent dans le sens des feuillets, à cause de sa forme lamelleuse.

La couleur des masses est communément grise : elle se compose de celle des élémens. Le feld-spath est pour l'ordinaire d'un blanc grisâtre ainsi que le quartz. Le mica est presque toujours noir ou d'un brun noirâtre.

La variété de granite à grains fins est quelquefois feuilletée au lieu d'être schisteuse. Les feuillets sont plans, mais épais; ce qui n'empêche pas les paysans de la contrée d'en couvrir leurs habitations.

Ces roches sont au reste fréquemment coupées par des filons stériles, soit en minéraux utiles, soit en minéraux curieux. C'est le quartz en masse qui en forme exclusivement la matière.

L'uniformité qui règne dans la composition du sol primitif du Département, souffre cependant des exceptions, qui pour être peu nombreuses, n'en sont pas moins remarquables : on voit en quelques endroits des bancs intermédiaires d'une contexture ou d'une nature tout-à-fait différente. Ces bancs sont exactement parallèles aux couches environnantes. Les plus communs sont de granite ordinaire, de couleur grise et à grains moyens de feld-spath, quartz et mica; l'épaisseur de ceux-ci varie de 2 à 20 mèt.; on en voit quelquefois trois ou quatre dans le corps de la même montagne. Les autres bancs intermédiaires sont composés de granite amphibolique, en masses ou bien schis-

teux. Leur épaisseur atteint rarement 2 ou 3 mètres; l'amphibole vert, le feld-spath blanc ou demi-transparent, et quelques petits grains de fer sulfuré, en forment exclusivement les élémens. Enfin, on trouve auprès de Cahors, à un myriamètre nord de Saint-Céré, un banc de serpentine, enclavé entre des couches de granite feuilleté, verticales et dirigées au Nord-Ouest; son épaisseur est de 26 mètres. La terre végétale empêche de reconnaître son prolongement en longueur. Cette serpentine fait l'objet d'une exploitation. Elle sera décrite en plus grand détail dans la seconde Partie de ces Mémoires. Son gisement complète les particularités que présente le sol primitif du Département.

CHAP. III.

Des Terrains secondaires du Département du Lot.

Ces terrains occupent plus des $\frac{7}{10}$mes de la superficie totale. On a vu leur limite du côté de l'Orient. La ligne qui du côté du midi les sépare du sol tertiaire, passe par Montelar, Montricoux, Septfons, Puylarocque, la Madelaine, Monteuq et Saint-Aignan. Du côté de l'Ouest, du Nord et du Sud-Est, ces terrains n'arrivent pas seulement jusqu'à la ligne de démarcation administrative, ils s'étendent fort au-delà dans les Départemens voisins, savoir : dans le Lot et Garonne et la Dordogne, d'une part, et dans l'Aveyron et le Tarn, de l'autre.

C'est à la région secondaire qu'il faut attribuer plus spécialement la configuration que

nous avons assignée en général au Département. Le relief de cette région ne présente que des vallées profondes encaissées par des talus rapides, des gorges tortueuses bordées souvent par des escarpemens à pic, et de longues suites de plateaux inégalement découpés et pressés en quelque sorte les uns à côté des autres. La végétation n'embellit ces formes sauvages qu'en un très-petit nombre d'endroits privilégiés. La terre végétale manque presque partout. Sur les hauteurs on voit presque à chaque pas percer les angles des rochers, et leurs débris se mêler à la glèbe. On ne trouve sur les talus peu inclinés, que des fragmens mobiles, au milieu desquels l'industrie du cultivateur a péniblement naturalisé la vigne. Quant aux pentes rapides, elles présentent communément l'image de la plus désolante stérilité; les bois dont elles étaient recouvertes autrefois, ayant été successivement détruits, les eaux ont fini par mettre le roc vif, absolument à nud (1). Tel est en peu de mots l'aspect du sol : il est du reste presque aussi peu varié dans sa composition que dans ses formes.

A une légère exception près, on peut dire

(1) On pourrait parvenir à couvrir de verdure ces rocs, en y semant du genêt d'Espagne, qui donnerait lieu à une herbe abondante et précieuse pour les moutons. Le genêt fauché chaque année, donnerait une toile grossière, mais de bonne qualité; on attirerait ainsi plus d'humidité sur ce sol aride qui se couvrirait de rosées bienfaisantes, et pourrait peut-être former au bas des côteaux quelques sources qui manquent dans ce pays aride.

(*Note de M. Gillet-Laumont*).

que la pierre calcaire coquillière constitue toute la région secondaire.

Le système général des couches a un pendage vers l'Océan qui est à peine sensible, en sorte que l'on peut les considérer comme horizontales. On voit souvent des relèvemens et des inflexions partielles; mais outre que ces variations ne sont que locales et peu étendues, c'est qu'elles font rarement incliner le plan des couches de plus de 10 degrés.

L'épaisseur moyenne des assises est d'un mètre; il s'en trouve d'un décimètre, mais en compensation il en existe d'autres dont la puissance s'élève à 8,10 et jusqu'à 20 mètres.

Les caractères de la pierre calcaire secondaire sont assez connus; nous nous contenterons de dire que celle du Lot est parfaitement compacte, d'un blanc grisâtre ou grise, quelquefois d'un gris bleuâtre, jaunâtre ou rougeâtre. Elle résonne sous le marteau : sa cassure est parfaitement conchoïde.

Les débris de corps marins qu'elle renferme, ne sont ni régulièrement distribués dans la masse, ni assemblés par familles. Il est des couches qui en paraissent à moitié formées; d'autres, et c'est le plus grand nombre, en renferment très-peu; dans d'autres enfin, on n'aperçoit aucun de ces débris. Les plus communs du reste sont des griphites, des prétinites, des bélemnites. Ces coquilles, ainsi que toutes les autres, sont complètement minéralisées et changées en calcaire lamelleux.

La pierre calcaire est exploitée partout; mais généralement elle n'est point propre aux constructions durables, à cause de la facilité avec

laquelle elle éclate par la gelée. On cite les carrières qui fournissent celle qui est susceptible d'être employée à faire les corniches, les arceaux de voûte, les montans et les appuis de fenêtre, les escaliers et les pavés en plein air, les seuils, les auges, etc. etc. Nous dirons un mot de ces carrières dans la seconde Partie de ce travail.

On trouve dans la partie orientale du Département, une autre variété de pierre calcaire assez remarquable, quoique d'un usage beaucoup moins commun. Cette variété est un véritable marbre susceptible de prendre un beau poli. Sa couleur est d'un rouge de sang plus ou moins intense : il est veiné par du calcaire blanc spathique, ce qui produit un fort bel effet. Les couches de ce marbre sont très-épaisses, et au nombre de trois ou quatre. Elles se montrent près de la ligne de superposition des terrains secondaires aux terrains primitifs, et s'étendent depuis Saint-Céré jusqu'à Figeac. Il s'en faut de beaucoup cependant que la qualité de la pierre et l'intensité de sa couleur soient les mêmes dans toute cette étendue. La plus belle se trouve à Marbrière, à 4 kilom. Sud-Ouest de Saint-Céré. Nous parlerons de la carrière abandonnée qu'on voit dans cette commune.

On rencontre trois sortes de couches intermédiaires au milieu des assises calcaires de seconde formation, savoir :

1°. Des couches argileuses. Elles sont très-minces, ayant au plus deux à trois centimètres d'épaisseur. Elles se renflent quelquefois jusqu'à deux décimètres ; mais souvent aussi, elles disparaissent tout-à-fait. Il est difficile de fixer

le nombre de ces couches : on peut affirmer qu'il en existe une par cinq assises calcaires. L'argile est grise, schisteuse, peu fine, souvent mêlée de très-petits grains de quartz et ordinairement endurcie par des infiltrations calcaires. Elle fait effervescence.

2°. Une couche de houille. Elle a été découverte dans la partie orientale du Département, à Cadrier, sur la rive droite du Lot. Elle s'étend horizontalement entre des bancs calcaires fort épais. On peut la suivre l'espace de deux kilomètres dans une de ses dimensions. Sa puissance est au plus de 5 décimètres, en y comprenant l'argile schisteuse endurcie dont elle est accompagnée. Cette houille est sèche, pyriteuse, sans débris de corps marins. Nous verrons par la suite qu'il a été fait d'inutiles tentatives pour en tirer parti.

3°. Enfin une couche métallifère. Celle-ci se trouve sur un plateau à 2 kilom. Sud-Ouest de la ville de Figeac, et près de la limite des terrains secondaires. Les bancs calcaires qui la renferment sont légèrement inclinés vers l'Ouest, et la forme de la montagne est telle, que le plan de la couche se voit à découvert sur une surface de plus d'un hectare. Son épaisseur équivaut à 3 ou 4 décimètres. Elle est composée presqu'en totalité de zinc oxydé compacte, et dont la masse est toute cariée. Cette calamine est mêlée de plomb sulfuré à larges facettes, disséminé tantôt en grains, tantôt en rognons, et tantôt en veinules. Il s'y trouve aussi des nids de baryte sulfatée laminaire. Il existe en outre un assez grand nombre de grains de plomb sulfuré, dispersés dans les bancs calcaires inférieurs et supé-

rieurs. Enfin, il est bon d'ajouter que plusieurs de ces bancs présentent un grain grossier approchant du tissu spathique, et qu'à en juger par la couleur jaunâtre et le poids de la pierre, il est évident qu'elle admet une certaine quantité de fer carbonaté dans sa composition. Ces derniers bancs sont les seuls qui ne contiennent point de coquilles. La couche métallifère a été l'objet de quelques recherches : nous la décrirons plus en détail par la suite.

Avant de finir la description de la région calcaire, il convient de faire mention de plusieurs accidens qui acheveront de la caractériser.

Les grottes ne sont pas rares dans cette région. On en compte au moins une vingtaine. La plus remarquable est celle de Martillac, qui est située entre Figeac et Cahors. Sa longueur est d'environ 400 mètres. Elle est divisée en trois salles longues, ayant chacune près de 24 mètres d'élévation. Ces salles sont séparées par des conduits tortueux assez longs et assez pénibles à suivre, à cause de la rapidité de la pente qui mène au fond de la grotte. Les plafonds, les parois et le sol sont tapissés d'incrustations stalactiformes très-variées et très-curieuses. On admire au milieu de la seconde salle une colonne isolée qui s'élance du pavé jusqu'à la voûte, et qui semble en soutenir le poids. Indépendamment de sa hauteur, qui est de 18 mètres, cette colonne paraît d'autant plus hardie, qu'elle n'a que 5 décimètres de module, et qu'elle est très-également filée dans toute sa longueur.

La disette d'eau qui se manifeste chaque été dans la région calcaire, cause le plus grand

préjudice à ses habitans. Pendant cette saison il est des communes, telles que celles qui sont situées sur les plateaux d'Espédaillac et de Cressensac, qui sont obligées d'envoyer chaque jour leurs bestiaux jusqu'à la distance de 10 et 12 kilomètres, pour qu'ils puissent s'abreuver. Cette sécheresse du sol n'a rien d'étonnant, car sa nature et sa forme s'opposent à ce qu'il puisse s'imbiber de l'humidité des pluies (1). La petite quantité d'eau qui entre dans les fissures des rochers, descend et filtre dans la profondeur; il est vrai qu'elle finit par être restituée, mais c'est en masse, pour ainsi dire, et toujours à une distance considérable des points de départ. Les sources de la région calcaire sont peu nombreuses et très-abondantes. Plusieurs, telle que celle dite *la Fontaine des Chartreux*, à Cahors, font tourner des moulins à leur sortie immédiate du rocher. Les eaux de ces fontaines sont d'une limpidité admirable, et tout à la fois trompeuses. Elles sont fades, pesantes, et contiennent du carbonate de chaux en

(1) Il est reconnu que lorsqu'il n'y a pas de terre en culture, de terrains couverts de plantes évaporantes, qui rafraîchissent la surface du sol par l'enlèvement du calorique, ces lieux arides n'ont plus la faculté d'attirer la rosée. Je suis porté à croire, ainsi que je l'ai développé dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, n° 16, que l'humidité invisible de l'air échauffé et transporté des vallées, porte sur les lieux élevés une quantité d'eau que l'on est loin de soupçonner; sur un rocher nu, cet air ne trouvant pas de couche plus fraîche qui l'oblige de perdre de son calorique, et en même-tems de déposer les parties acqueuses qu'il ne peut plus contenir, est porté ailleurs, et va former plus loin de nouvelles sources de fécondité.

(*Note de M. Gillet-Laumont*).

dissolution. Malgré cela le peuple les préfère communément à l'eau de rivière.

Il n'existe qu'une seule source minérale dans le Département, et c'est dans la région calcaire qu'elle est située, savoir, à Miers, près d'Alvignac, arrondissement de Gourdon. Elle jouit d'une certaine réputation, quoiqu'elle ne porte d'autre principe curatif, qu'un peu de sulfate de magnésie. Elle est peu abondante, et fournit à peine à la consommation qui s'en fait dans le pays. Il s'y réunit chaque année quatre à cinq cents personnes.

Nous avons dit précédemment que toute la région secondaire du Département était calcaire, à une légère exception près; il est à propos de revenir maintenant sur cette exception.

Le sol calcaire ne s'appuie pas immédiatement sur le sol primitif. Il en est séparé par une masse peu épaisse de terrain houiller. Ce terrain règne adossé au sol primitif, depuis le Lot jusqu'à la Dordogne, et la ligne de superposition passe directement de Figeac à Saint-Céré. Il n'est d'ailleurs à découvert que sur une largeur moyenne d'un kilom.

Les couches dont il est formé, s'inclinent généralement de 10 à 15 degrés vers l'Ouest: elles plongent sous les assises calcaires qui leur sont exactement parallèles, et qui dans cette partie offrent la même inclinaison. Cette disposition de gisement permet d'estimer l'épaisseur du terrain houiller. On peut l'évaluer à 160 mèt. Il y a quatre sortes de couches différentes, savoir:

1°. Les poudingues dont la composition ne présente

présente que des fragmens arrondis de roches granitiques.

2°. Les grès qui sont formés de grains de quartz, de feld-spath et de mica, et qui contiennent ordinairement des débris de végétaux changés en véritable houille.

3°. Les schistes argileux qui présentent de nombreuses empreintes de végétaux herbacés.

4°. Enfin les couches de houille.

Les poudingues et les grès constituent seuls des espaces considérables, et paraissent être les élémens essentiels du terrain houiller; ils forment au moins les dix-neuf vingtièmes de sa masse; les schistes composent à peu près le reste; car la houille ne se montre qu'en deux endroits différens.

L'épaisseur des bancs est très-variable. Celle des grès et des poudingues va d'un à 40 mètres; celle des schistes d'un décimètre à cinq mètres; quant à celle de la houille, elle varie de 2 à 10 mètres.

On peut dire que les couches alternent indistinctement, avec cette exception cependant que la première assise sur le sol primordial est toujours de poudingues, et que le schiste argileux fait le toit et le chevet des deux couches de houille.

Ce combustible est exploité en deux endroits différens de la commune de Saint-Perdoux, qui est à un myriamètre nord de Figeac, savoir, à Saint-Perdoux même et au Souillé. Nous reviendrons sur ces mines.

Il nous reste actuellement à parler des couches qui forment la transition du terrain houiller au terrain calcaire. Leur système n'a pas 80 mètres d'épaisseur. Ce sont des grès micacés à grains très-fins et à ciment calcaire, des argiles endurcies vertes ou d'un gris bleuâtre, et des pierres calcaires arénacées très-tendres, qui alternent à différentes reprises. On peut facilement observer cette transition en plusieurs endroits, mais notamment auprès de la ville de Figeac. Ajoutons que la pierre calcaire arénacée présente quelquefois des efflorescences de sulfate de soude, et nous aurons terminé de rapporter toutes les particularités qui caractérisent les terrains secondaires, qui jouent un si grand rôle dans la constitution physique du Département du Lot.

CHAP. IV.

Des Terrains tertiaires du Département.

Ces terrains composent presque toute l'extrémité méridionale du Département, c'est-à-dire, le rectangle qui est compris entre les lignes suivantes, savoir : celle qui passerait par Montelar, Montricoux, Septfons et Puylaroque ; celle qui se prolongerait de Puylaroque, à la Madelaine, à Monteuq et Saint-Aignant ; et enfin la frontière du Département de Lot et Garonne.

L'étendue de l'espace qu'ils occupent, est à peu près de 30 kilomètres sur 47, et sa superficie de 14 myriamètres, ou autrement dit la

cinquième partie de la surface totale du Dégartement.

Si on traverse cette région en venant, soit du Nord, soit du côté de l'Est, on passe d'abord des plateaux secondaires sur des plateaux de calcaire tertiaire qui sont au même niveau. On descend ensuite sur des collines d'argile sablonneuse, puis on trouve des plaines élevées de la même nature, et qui s'étendent fort au-delà de la Garonne et du Tarn, et par conséquent de la frontière du Département.

Les couches de la région tertiaire sont exactement horizontales. Elles offrent une composition très-uniforme. Les matériaux sont, en commençant par ceux qui constituent communément les assises inférieures :

1°. Des argiles sablonneuses et durcies.
2°. Des cailloux roulés.
3°. Des sables.
4°. Des argiles tendres.
5°. Des pierres calcaires marneuses.

Les argiles sablonneuses sont ordinairement grises, d'un rouge lie-de-vin, ou d'un brun rougeâtre, ou bien marbrées de ces différentes couleurs. Leur consistance est assez forte pour que l'action de l'eau ne puisse pas dégrader les coupes verticales qui en sont formées. Elles contiennent près d'un quart de petits grains de quartz gris ; on y voit aussi des paillettes de mica. Il s'en trouve qui sont exemptes de ces mélanges, et celles-ci tendent à la division schisteuse. Il en est enfin qui renferment des galets disséminés d'un volume peu considérable. Les argiles endurcies forment à peu près les six

dixièmes du terrain tertiaire. L'épaisseur des couches varie de 1 à 20 mètres.

Les cailloux roulés entrent pour 2 dixièmes dans la composition du sol tertiaire. Ils sont communément un peu plus gros que le poing. Leur volume excède quelquefois 5 et 6 décimètres cubes. Les dix-neuf vingtièmes ont pour base le quartz en masse d'un blanc jaunâtre ou grisâtre; les autres sont de granite amphibolique ou feld-spathique, de trap vert ou noir, renfermant des grains de fer sulfuré, ou bien enfin de quartz jaspoïde. Ces galets adhèrent quelquefois entre eux, mais très-faiblement. Les interstices sont occupées par du sable ou de l'argile sablonneuse tendre. Les bancs ont depuis 2 décimètres jusqu'à 8 mètres d'épaisseur.

La nature des sables est assez constante; c'est le quartz qui en forme la base. Le feld-spath intact ou décomposé, s'y associe souvent, mais en petite quantité; on y aperçoit encore des paillettes de mica disséminées. Leur couleur est ordinairement le blanc grisâtre sale ou jaunâtre. On rencontre en différens endroits des portions de couches assez étendues, que les infiltrations calcaires ou siliceuses ont consolidées. Il en résulte des masses de grès isolées, et d'une qualité fort médiocre. En général les couches de sable ont une légère consistance qu'elles doivent au tassement. Du reste, elles n'entrent guère que pour un dixième dans la composition du sol tertiaire. Leur épaisseur varie de 1 à 80 décimètres.

Les argiles tendres jouent un rôle encore

beaucoup moins important, car elles ne forment peut-être pas la vingtième partie du terrain de troisième formation. Il faut en distinguer de deux sortes, savoir, celles qui sont sablonneuses et celles qui sont pures. Les premières ressemblent aux argiles endurcies à la consistance près. On les emploie à la fabrication des tuiles et des briques; les secondes, qui sont rares et fort recherchées, présentent une pâte très-fine et des couleurs blanchâtres, grises ou bleuâtres. On en exploite de cette nature près de Montauban, à Negrepelisse, à Puylaroque, à la Framaise et à Moissac. Ces terres sont employées dans les poteries qui existent en ces différens endroits. Les couches d'argile tendre ont de 1 à 5 mètres.

Enfin les pierres calcaires marneuses présentent les caractères suivans. Elles sont blanches avec des taches d'un blanc rougeâtre ou jaunâtre. Leur tissu est lâche, leur grain assez grossier, leur cassure inégale, et leur pesanteur moindre que celle de la pierre calcaire secondaire. Elles sont tendres, faciles à casser, et salissent les corps étrangers par le plus léger frottement. Plongées dans l'eau, elles s'en imbibent un peu, avec dégagement de bulles d'air; malgré cela elles fusent très-difficilement à l'air libre. Du reste, leur consistance offre beaucoup de variations. Souvent le même bloc contient et des parties extrêmement tendres, et des nœuds ou rognons, dont la dureté égale celle de la pierre calcaire de seconde formation. On ne découvre aucuns débris entiers de corps marins, dans le calcaire marneux; on n'en voit

même que très-rarement des vestiges reconnaissables. Ajoutons enfin que l'épaisseur des assises varie ordinairement de 1 à 4 mètres.

Les argiles endurcies, les galets, les sables et les argiles tendres, alternent indifféremment dans toute la hauteur du terrain tertiaire ; il n'en est pas de même des pierres calcaires marneuses. Leur superposition constante au système formé par les quatre sortes de couches précédentes, mérite d'être remarquée comme un fait intéressant. Ces pierres occupent, à la vérité, un espace peu considérable. On n'en rencontre que sur un petit nombre de plateaux situés près de la limite des terrains de seconde formation, qui sont au Nord et à l'Est. On peut évaluer l'élévation moyenne de ces plateaux à 180 mètres au-dessus du Tarn ; ce qui fournit une donnée pour estimer l'épaisseur du sol tertiaire, à partir au moins du niveau de cette rivière.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que la portion du terrain tertiaire qui constitue à elle seule une région, il convient maintenant de parler des lambeaux de la même nature qu'on trouve dispersés en une infinité d'endroits sur la région secondaire. Ils méritent une attention d'autant plus particulière, que c'est dans leur sein que sont renfermées toutes les mines de fer du Département.

Ces lambeaux sont composés d'argiles sablonneuses, de cailloux roulés et de sables. On en compte trois extrêmement remarquables, savoir :

1°. Celui de Cressensac, qui est situé à l'extrémité septentrionale du Département, et sur un immense plateau secondaire qui appartient aux trois Départemens du Lot, de la Corrèze et de la Dordogne. La superficie de ce recouvrement tertiaire n'est que de 40 à 50 kilom. quarrés. Il est divisé en sept à huit portions qui se groupent les unes à côté des autres vers le milieu du plateau. Son épaisseur moyenne équivaut à 20 mètres ; la plus forte est de 40. Il est entièrement composé d'argile sablonneuse jaunâtre, ou d'un rouge lie-de-vin. Cette argile renferme un grande quantité de minerai de fer limoneux, en rognons ou en veines, et dont la richesse est extrêmement variable. On distingue principalement les mines de Cressensac, celles de Nespouls qui dépendent de la Corrèze, et celles de Nadaillac-le-Sec, qui appartiennent à la Dordogne : elles sont exploitées toutes les trois pour le service du haut fourneau de Bourzollés, près Souillac. La première, qui ressemble exactement aux deux autres, sera décrite lorsque nous traiterons de la fonderie de Bourzolles.

2°. Le recouvrement tertiaire de Gourdon. Celui-ci s'étend du Nord-Est au Sud-Ouest, depuis Peyrac, jusqu'au-delà de Liobart. Sa surface équivaut à peu près à 60 kilomètres quarrés. Il est divisé en plusieurs portions, situées tantôt sur les plateaux calcaires, tantôt sur leurs flancs, et tantôt dans les fonds de vallées. Du côté de Liobart tout le terrain secondaire en est enveloppé. Cette partie est féconde en mines de fer, qui par leur nature et leur gisement ressemblent tout-à-fait à celles de Cres-

sensac. Elles sont contenues dans des argiles sablonneuses. Les environs de Gourdon ne présentent guère que des sables quartzeux qu'on voit agglutinés en plusieurs endroits. Ces grès tertiaires sont très-durs et consolidés par des infiltrations siliceuses : leur couleur est grise jaunâtre ou lie-de-vin : ils sont exploités. Les environs de Peyrac sont occupés tout à la fois par des argiles sablonneuses et des grès colorés; on y rencontre du minerai de fer pauvre qui sert à charger la grande route de Paris. On exploitait autrefois les mines de Liobart pour le service de la forge de Groleza; mais depuis que cette forge est détruite, l'extraction est abandonnée.

3°. Enfin le recouvrement tertiaire des Arques: il s'étend en demi-cercle depuis Usèche, Nuzejouls et Catus, jusqu'à Goujougnac, les Arques et Cazals. La longueur de cette bande, dont la convexité regarde le midi, équivaut à 19 kilomètres. Sa surface est de 80 kilomètres quarrés. Elle ne se prolonge pas sans interruptions. Les couches secondaires inférieures reparaissent dans tous les vallons, excepté du côté des Arques et de Casals. C'est dans cette portion qu'on rencontre des mines de fer très-abondantes et très-riches : elles sont semblables aux précédentes par leur gisement, et composées comme elles d'oxyde de fer brun argileux. On les exploite pour le compte des trois petites forges à la catalane, dites *des Arques, de Pechaurié et de la Butte*. Nous nous en occuperons particulièrement, en traitant de ces usines. L'argile sablonneuse qui joue un si grand rôle du

côté des Arques et de Cazals, disparaît vers Catus, Nuzejouls et Usèche, pour faire place aux cailloux roulés et aux argiles pures. Ces deux sortes de couches alternent ordinairement à plusieurs reprises, quand elles se trouvent ensemble; mais la majeure partie des plateaux n'est recouverte que par des cailloux roulés. L'argile blanche d'Uzèche est employée sur les lieux dans une fabrique de poterie commune qui compte 20 fours. Celle de Nuzejouls est plus précieuse, en ce qu'elle est propre à la fabrication des pots de verrerie : on la transporte jusqu'à Bordeaux. Nous ferons mention de son exploitation.

Ajoutons, pour terminer l'histoire des recouvremens tertiaires partiels, qu'il n'est peut-être pas un seul plateau secondaire sur lequel on ne trouve une très-légère couche d'argile sablonneuse mêlée avec de nombreux fragmens calcaires. Il paraît que cette argile était originairement contenue dans les fentes des rochers, et qu'elle s'est éparpillée à mesure que les agens atmosphériques ont fait éclater les pierres de la surface. On voit en outre une grande quantité de cailloux roulés sur plusieurs plateaux situés dans l'intérieur des terres. La présence de ces galets, à des hauteurs de 2 et 300 mètres au-dessus du cours des eaux, pourrait donner lieu aux plus ridicules hypothèses, si on perdait de vue qu'ils appartiennent au sol de troisième formation, et si on ne faisait pas attention qu'ils diffèrent entièrement par leur nature des ceux qu'on trouve dans le lit des rivières.

Chap. V.

De la Butte volcanique des environs de Figeac.

Cette butte doit être considérée comme une dépendance éloignée des montagnes dn Cantal qui ont la même origine. Elle est située sur la route de Figeac à la Capelle, à 2 kilomèt. Sud de ce dernier endroit. Elle occupe le sommet d'une chaîne de montagnes peu élevée, qui se prolonge de l'Est à l'Ouest, et qui est formée partie de roches primitives, partie de roches secondaires. Les matières volcaniques sont précisément à la jonction des deux terrains. Elles percent des couches de poudingues, et reposent probablement sur les granites. L'étendue occupée par ces matières est environ d'un hectare; leur saillie au-dessus du sol n'est que de 4 à 5 mètres. La partie supérieure est composée de lave basaltique noire, massive et divisée en fragmens prismatiques irréguliers, de 2 à 3 décimètres de longueur. La partie inférieure a éprouvé une altération sensible; la lave prend les caractères d'une roche amygdaloïde; le basalte affecte une couleur grise ou d'un gris verdâtre ou violacé. Son grain paraît terreux. D'ailleurs il est tendre, et malgré cela très-tenace et très-difficile à casser. Sa division naturelle ne présente que des masses irrégulières qui sont percées, criblées de boursoufflures, remplies pour la plupart de carbonate de chaux laminaire. Enfin on trouve du pyroxène vert et du péridot jaunâtre dans les deux variétés de laye.

Cette butte basaltique mérite de fixer l'attention du géologue, parce qu'elle prouve incontestablement qu'il a existé des terrains volcaniques avant la formation du sol secondaire.

Chap. VI.

Des Alluvions du Département.

On peut diviser les alluvions du Département en trois classes; celles qui remplissent les vallées où coulent les quatre rivières principales; celles qui occupent le fond des vallons; celles enfin qui garnissent le pied de certains plateaux calcaires de seconde formation.

Cette dernière sorte d'alluvion présente des amas de fragmens calcaires agglutinés plus ou moins fortement par un tuf de la même nature. Ils sont le résultat des deux causes suivantes, les éboulemens d'une part, et de l'autre les filtrations semblables à celles qui forment les concrétions dans les grottes. Un trouve de ces amas, ou pour mieux dire, de ces brèches plus ou moins imparfaites, au pied de toutes les pentes un peu rapides. On en voit de quatre à cinq mètres d'épaisseur, sur une largeur double ou triple. Leur étendue est extrêmement variable. On en a découvert en plusieurs endroits des masses d'un volume et d'une consistance assez considérables, pour qu'on puisse en tirer un parti avantageux. On en fait des meules à moulin très-estimées et d'un bon

usage, dans les communes de Saint-Cirq et de Cabréra.

Les alluvions qui occupent le fond des principaux vallons, diffèrent de nature, suivant le sol dans lequel ces vallons sont creusés. Dans la contrée primitive, elles sont composées de sables, de graviers et de galets, provenant de la destruction des couches granitiques. Dans la région secondaire, elles sont formées de galets, d'argile sablonneuse, et de fragmens calcaires. Quant à celles de la contrée de troisième formation, elles se confondent, pour ainsi dire, avec les couches environnantes, parce qu'elles sont composées des mêmes élémens.

La dernière sorte d'alluvions, celle qu'on trouve dans tous les endroits où les vallées principales s'élargissent assez pour présenter de petites plaines, est formée de matières dont l'origine est extrêmement variable. Les unes proviennent des différens terrains qui composent le Département, les autres sont venues des Départemens supérieurs. Nous allons les examiner dans chaque vallée.

Le Tarn coule plutôt dans une plaine que dans une vallée. Cette plaine est formée de couches tertiaires, au milieu desquelles le lit de la rivière a été creusé profondément. Les berges sont escarpées à pic, et de 10, 15 et 20 mètres de hauteur. Les alluvions sont presque nulles; car on ne peut comprendre sous ce nom que les sables et les galets qui pavent le lit de la rivière. On peut dire qu'elles sont de

toutes sortes de roches, car on y trouve jusqu'à des fragmens de lave basaltique.

Les renflemens de la vallée de l'Aveyron sont remplis par une argile limoneuse d'un brun jaunâtre, micacée, mêlée de sable, et sur-tout d'une grande fertilité. Les assises sont peu distinctes; on les voit interrompues par des lits très-minces de galets, semblables à ceux qui sont roulés dans le lit de la rivière. Ces galets ont pour bases les roches suivantes: pierre calcaire secondaire, grès de houillère, quartz en masse, et différentes sortes de granites.

Les remplissages d'alluvion qu'on observe au fond de la vallée et dans le lit de la rivière du Lot, sont de la même nature que ceux de l'Aveyron, à cette différence près, que les galets sont mêlés de fragmens de laves, très-nombreux et qui viennent d'assez loin. Ce sont effectivement les montagnes d'Aubrac qui les fournissent. Les remplissages du Lot se sont effectués en certains endroits sur une grande étendue et une largeur qui passe quatre et cinq cents mètres. Ils sont remarquables par leur fertilité. La beauté de la végétation qu'ils produisent, contraste presque toute l'année avec l'aridité des montagnes calcaires environnantes.

Ajoutons enfin que le fond de vallée où coule la Dordogne ressemble absolument à celui du Lot. Les laves s'y montrent seulement beaucoup plus abondantes. On peut recueillir dans le lit de la rivière, à peu près toutes les variétés qui entrent dans la composition des

volcans éteints qui couvrent les montagnes du Cantal, du Mont-d'Or et du Puy-de-Dôme.

Nous terminerons ici la description minéralogique du Département du Lot. Sous le rapport administratif, on ne doit la considérer que comme un préambule indispensable à l'intelligence de la seconde Partie de ces Mémoires. Le Conseil des Mines saura l'apprécier sous un autre point de vue, et lui accorder une place parmi les matériaux qui lui sont nécessaires pour achever l'immense travail qu'il a entrepris sur la France entière.

(*La Suite au Numéro prochain.*)

NOTICE

Sur la disposition des couches du côteau de Durbuy (*Sambre-et-Meuse*).

Par J. J. Omalius de Halloy.

L'examen des différentes dispositions des couches qui constituent le globe, est une des parties les plus intéressantes de la géologie. Ce n'est même que depuis qu'on s'est douté de l'existence des couches, que cette science a commencé à se débarrasser des formes chimériques, où la retenaient des hypothèses ridicules basées sur des abstractions métaphysiques, pour se placer au milieu des autres sciences physiques fondées sur l'observation. Aussi M. Lemaistre disait dernièrement (1), qu'on ne peut consulter trop souvent le grand livre de la Nature. Mais comme les hommes instruits ne sont pas à même d'en parcourir tous les feuillets, il faut qu'une partie de ce travail s'exécute par des collaborateurs en sous-ordre, qui tiennent note de tout ce qui leur paraît digne de remarque, au risque de s'arrêter souvent à des objets insignifians. C'est cette considération qui m'engage à publier cette Notice, espérant que les motifs qui me déterminent, me donneront des droits à l'indulgence.

On sait que dans l'état actuel des choses, toute matière solide qui se précipite d'un liquide à différentes reprises, doit se déposer

(1) *Journal des Mines*, tom. 18, pag. 307, n°. 106.

en couches horizontales ; et ce que nous connaissons des lois de la gravité, ne nous permet pas de concevoir la possibilité qu'un précipité, dont les molécules ne sont pas encore retenues entre elles par la force de cohésion, puisse se soutenir en couches verticales, ni même inclinées ; cependant cette situation existe dans beaucoup de terrains, sur-tout dans ceux d'une certaine ancienneté.

On a dû naturellement imaginer plusieurs hypothèses pour rendre raison d'un fait aussi singulier. L'opinion qui paraît la plus fondée, et la plus généralement adoptée, est celle de l'affaissement de certaines parties du globe. On connaît la manière satisfaisante dont M. Gillet-Laumont explique (1) l'origine des couches repliées ou contournées, l'un des effets qui semblaient les plus difficiles à concevoir. Je suis loin de chercher à ébranler une hypothèse adoptée par tant de savans recommandables, mais je viens soumettre aux méditations des géologues, une circonstance dont je ne puis rendre raison.

L'Ourthe, rivière qui coule dans le Département de ce nom, et dans celui de Sambre-et-Meuse, traverse une vallée étroite, bordée de côteaux élevés souvent perpendiculaires. Les couches minérales qui composent ces côteaux, sont toujours plus ou moins inclinées, et ont quelquefois une direction différente de celle de la vallée. C'est notamment ce qui a lieu à Durbuy, petite ville du troisième arrondissement du Département de Sambre-et-Meuse,

(1) *Journal des Mines*, n°. 54, ventôse an 7.

où

où le côteau est formé de chaux carbonatée bituminifère bleuâtre, qui constitue différens systèmes de couches. Un de ces systèmes y est coupé par un plan vertical qui est en même tems perpendiculaire à la direction de ces couches, de sorte qu'on aperçoit facilement la disposition remarquable de ces couches (voy. la *pl. IV*) ; elles sont inclinées d'environ 60 à 80 degrés, et toutes superposées comme le pourraient être des chevrons de toits qu'on emboîterait les uns sur les autres. La partie visible de la première couche au centre, ne présente que la forme d'un coin ; sur le sommet et les côtés de ce coin est superposé une seconde couche, dont le sommet est également cunéiforme, et qui a des côtés pendans comme ceux d'un toit, qui recouvrent le premier coin, et ainsi successivement jusqu'à la partie supérieure du côteau ; mais ce côteau a été abaissé par des causes quelconques, et les dernières couches n'ont plus le même sommet que les autres, elles s'appliquent simplement sur les précédentes, ayant de chaque côté une inclinaison en sens différent, et ne se rejoignant pas par leurs extrémités supérieures (1).

(1) Il est très-vraisemblable que si on faisait un examen attentif de la surface supérieure du côteau, on reconnaîtrait ou que ces couches extérieures se joignent dans leur prolongement, comme celles qu'elles recouvrent, ou que celles-ci le séparent, et que le pli angulaire qui les réunit, disparaît à quelque distance de l'escarpement : car il est difficile de croire que la surface qui termine toutes les couches au haut du côteau, soit exactement parallèle à la ligne de jonction des couches centrales, et qu'elle conserve ce parallélisme dans toute leur étendue. (*Note des Rédacteurs.*)

Ce qui me paraît digne d'attention dans ce fait, c'est ce sommet solide cunéiforme qui réunit deux côtés pendans qui ont près de 100 mèt. d'élévation à partir de la rivière, sans que nous sachions jusqu'à quelle profondeur ils s'étendent. Les molécules qui composent ce sommet sont aussi intimément unies que celles du reste de la couche ; on n'y voit aucun joint sensible, aucune fissure régulière qui annonce l'effort que ces couches auraient fait en se courbant si primitivement; elles avaient été déposées horizontalement : et en supposant que la matière calcaire eût encore assez de mollesse à l'époque de cet événement pour se plier sans fracture, on ne conçoit pas quelle cause a pu produire un sommet presque pointu, faisant un effet analogue à celui des chevrons réunis par une coupe triangulaire, ce qui produit, comme on sait, une augmentation dans l'épaisseur, tandis qu'un simple pli produit nécessairement une diminution. Les différentes vitesses des masses combinées avec la pression des parties voisines, qui rendent si heureusement raison des couches *pliées en petit*, peut-elle également s'appliquer à un côteau tout entier, *plié en grand*, s'il est permis de s'exprimer de la sorte, et dont le sommet ou plateau n'est point dominé par d'autres montagnes ?

Ces observations me conduisent à dire un mot de la constitution géologique de la partie des Départemens de Sambre-et-Meuse et de l'Ourthe, comprise entre la Meuse, la Lesse et l'Ourthe. Les couches qui forment le sol de cette contrée ont une *inclinaison* qui présente toutes les modifications possibles ; non-seulement elle

varie depuis le plan horizontal jusqu'au plan vertical ; mais on trouve à chaque instant des formes contournées ou repliées ; tout y rappelle des catastrophes promptes et violentes. La *direction* (1) de ces couches offre aussi beaucoup d'irrégularité dans les détails. Mais au milieu de tant de confusion, on reconnaît une direction assez constante de l'Ouest-Sud à l'Est-Nord, faisant sur le parallèle un angle d'environ 35 d. Cette manière d'être des couches, coïncide avec l'aspect du pays, partagé en longs côteaux et en vallées longitudinales, disposés dans la même direction ; mais ces vallées régulières ne sont pas les seules qui sillonnent la contrée : les côteaux sont souvent coupés par des vallées irrégulières qui servent ordinairement de passage aux rivières.

Ce rapport des vallées longitudinales avec la direction des couches, ne permettrait-il pas de supposer que leur origine se rattache aux circonstances qui ont formé ou incliné les couches? tandis que l'irrégularité des vallées transversales, leurs rapports avec l'écoulement actuel des eaux, paraît donner l'idée de quelques événemens postérieurs produits par la marche d'un liquide ?

Je terminerai cette Notice par une observation dont l'explication paraît encore dépendre des hypothèses relatives aux causes de l'inclinaison.

(1) On voit que je fais une distinction entre la *direction* et l'*inclinaison* des couches : celle-ci est indiquée par l'angle que forme l'horizon avec le plan inférieur de la couche ; tandis que la direction est la commune section du même plan avec celui de l'horizon.

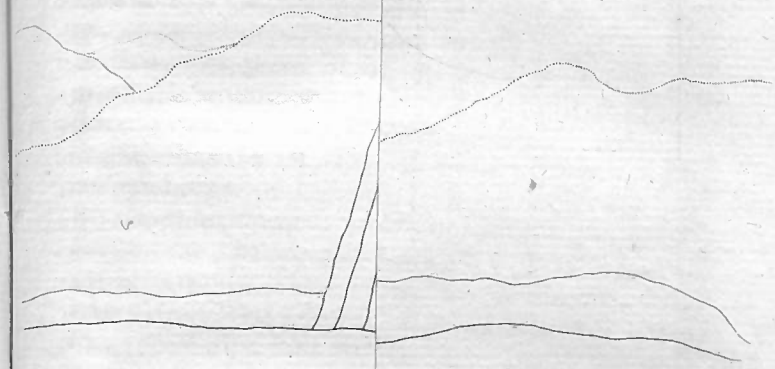
Toutes les couches de ce pays, sont en général composées de grès, de schistes et de chaux carbonatée bituminifère, dont la superposition réciproque annonce la formation contemporaine (1); cependant on peut observer dans une infinité de circonstances, que les plateaux ou sommet des côteaux ne présentent que des grès et des schistes, tandis que les pentes offrent l'alternative de ces couches avec celles de calcaire, et que cette dernière substance constitue seule le fond de la plupart des vallées longitudinales (2). Je ne crois pas qu'on puisse attribuer cet effet à l'érosion des eaux : car dans les vallées transversales, c'est le calcaire qui paraît les plus inaltérable, tandis que les pentes de schistes et de grès sont recouvertes de végétation, celles de calcaire présentent des coupes perpendiculaires et des crêtes très-vives.

---

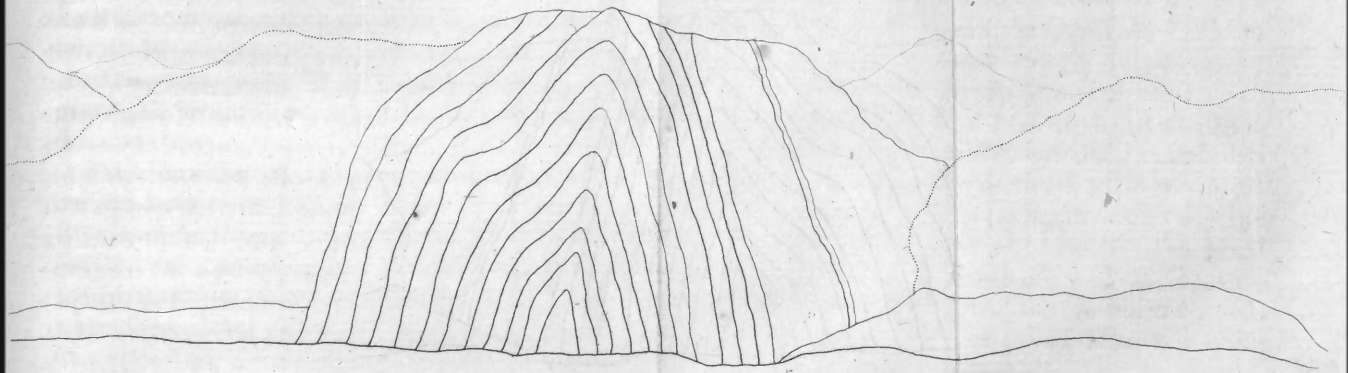
(1) Toutes ces matières sont secondaires et renferment des débris d'êtres organisés, tels que végétaux et animaux invertébrés.

(2) On trouve dans ces vallées beaucoup de cailloux noirâtres que je considère pour de véritables quartz-agates (silex), et qui réunissent tous les caractères extérieurs du *kiesel-schiefer* des minéralogistes Allemands. A la vérité, cette substance, comme tous les quartz, est infusible, et Widenmann parle de la fusibilité du kiesel-schiefer. Mais ne pourrions-nous pas attribuer cette propriété à l'interposition accidentelle de quelques molécules calcaires? opinion d'autant plus probable, que nos quartz noirs se trouvent souvent en rognons dans la chaux carbonatée.

Disposition des Couchinifère à Durbuy.



Disposition des Couches d'une chaine de Chaux carbonatée bituminifère à Durbuy.



SUR LA BLENDE.

Par le Professeur PROUST.

LE zinc n'est point en état de disputer l'oxygène au charbon, c'est un fait connu ; le soufre, pas plus. Si la blende contient l'oxygène, il faut donc qu'elle le cède à l'action du charbon.

J'ai chauffé au rouge, pendant une heure, un mélange de blende jaune transparente, et de charbon de pin : pas un souçon d'acide sulfureux ne s'est montré. Ce mélange lavé, pour en séparer le charbon, a rendu la blende qui n'avait souffert aucun changement. Où est donc l'oxygène des blendes ? J'ai chauffé au rouge cent parties de la même blende avec autant de soufre, l'opération finie, elle n'avait pas augmenté d'un seul grain, ni même changé de couleur. On en peut donc conclure, *premièrement*, que dans la blende le métal est saturé de soufre, et *secondement*, qu'il y est sans oxygène, car le soufre est aussi un combustible qui l'en aurait dépouillé. L'expérience qui suit, d'ailleurs, ne permet pas d'en douter.

J'ai fait chauffer un mélange d'oxyde de zinc pur et de soufre, à la dose de cent vingt-cinq grains chacun ; le produit s'est trouvé de cent seize. Mais craignant de n'avoir pas atteint la saturation, je l'ai chauffé avec de nouveau soufre, alors il a monté à cent dix-huit. Chauffé une troisième fois avec du soufre,

il n'a pas passé de cent dix-huit. J'ai répété cette expérience encore deux fois, et le résultat s'est arrêté à cent dix-huit. On en peut donc conclure, s'il n'y a pas erreur, que 38 parties de soufre viennent prendre la place des 25 d'oxygène qui étaient condensées dans cet oxyde (1). Je n'ai pas besoin de le dire, cette opération verse des torrens de gaz sulfureux.

Morveau est, je crois, le premier qui ait reproduit le sulfure de zinc, en chauffant son oxyde avec le soufre. La blende artificielle reste pulvérulente ; mais il me paraît, par le travail de Morveau, qu'elle peut fondre si on

(1) Il eût été à désirer que le savant auteur de cet article eût comparé les résultats précédens à ceux d'analyses exactes, faites sur des blendes pures, provenant de filons différens, pour reconnaître si les proportions du zinc sulfuré naturel, sont les mêmes que celles qu'il a assignées synthétiquement au sulfure artificiel, et continuer d'étendre nos connaissances chimiques sur une classe de composés, qui lui a déjà fourni la matière de plusieurs découvertes importantes. Les analyses de Bergman ne peuvent être employées à la solution de cette question, parce qu'elles ont été faites sur des blendes très-mélangées, et par des moyens dont on a aujourd'hui reconnu l'inexactitude. J'ai fait avec soin l'analyse d'une blende jaune très-pure qui m'a donné :

Zinc métallique.	62
Soufre.	34
Oxyde de fer	1,5
	97,5

La distillation ne m'a fait aperçevoir ni eau ni hydrogène sulfuré.

Ces résultats vérifiés par une seconde opération (faite à la vérité de la même manière) me paraissent assez certains pour autoriser à penser que la *blende naturelle* n'a pas

lui imprime une forte chaude (1). La blende est transparente, a-t-on dit ; il faut donc que son métal soit oxydé ; mais les sulfures de mercure et d'arsenic le sont aussi : cependant ils sont sans oxygène. Le sulfure d'arsenic, je ne sais si je l'ai dit ailleurs, supporte telle température que l'on veut sans donner un soupçon de gaz sulfureux, ni perdre sa transparence. L'acide ou l'oxyde arsenical, versent des torrens de gaz sulfureux quand on les chauffe avec le soufre, et donnent des sulfures transparens semblables à celui que produit le régule d'arsenic lui-même : il n'y a donc point d'oxygène dans ces combinaisons, et la transparence par conséquent ne sera plus un argument en faveur de l'oxydation des sulfures. Mais pourquoi le zinc refuse-t-il de se sulfurer

toujours la même composition que celle formée par l'art : car 100 de zinc sont combinés à 54,8 de soufre, dans la blende que j'ai analysée, et dans celle artificielle de M. Proust 100 de métal sont saturés par 38 de soufre : mais tout concourt à prouver qu'il n'y a pas plus d'oxygène dans l'une que dans l'autre.

Ce n'est que lorsqu'on aura soumis à l'analyse un grand nombre de variétés de blendes peu mélangées de métaux, que l'on pourra savoir si les proportions des élémens de ce composé sont invariables, ou bien s'il y a des termes fixes de saturation réciproque, ainsi que M. Proust en a découvert pour le fer et le soufre.

A. G. *Ingénieur des Mines.*

(1) La blende naturelle ne peut être fondue au feu le plus fort des forges d'essais.

A. G. *Ingénieur des Mines.*

immédiatement (1) ? J'avoue que je ne le comprends pas ; je m'étais proposé de traiter le zinc avec le cinabre et autres sulfures, mais d'autres objets m'en ont empêché.

Le sulfure de zinc est souvent masqué par des oxydes et des sulfures étrangers ; de là des blendes rouges, noires, cendrées, verdâtres, etc. : on en a fait autant d'espèces. C'est comme si, pour faire l'histoire naturelle de la laine, on s'avisait de créer des espèces pour celles que l'on a teintes en rouge, en noir, en gris et en vert.

Il y a des blendes teintes par l'oxyde rouge qui paraissent noires, mais leur poudre est rouge ; on les analyse par l'acide marin ; le fer alors redescend à son *minimum*, à cause de l'hydrogène sulfuré qui se forme durant leur dissolution : c'est à quoi l'on doit prendre garde pour ne pas supposer de l'oxyde mineur, là où la nature n'a placé que de l'oxyde au *maximum*. Il y en a qui contiennent du plomb en oxyde ou en sulfure. Si on les attaque par l'acide muriatique, le plomb se trouve tout entier dans la dissolution ; mais si on use d'acide muriatique, ce n'est plus que dans le

(1) Bergman (*Opuscules chimiques*) croyait que le zinc et le soufre sont mis ensemble par l'intermède du fer, parce qu'il en avait trouvé beaucoup dans les blendes qu'il avait analysées. M. Guiton-Morveau, dans les notes qu'il a jointes à sa traduction, dit que c'est à la volatilité du zinc que tient la difficulté de le combiner au soufre, et il ajoute que M. Behne a réussi à opérer cette combinaison, immédiatement en employant le zinc métallique, avec la seule précaution de couvrir le mélange de poussière de charbon.

A. G. *Ingénieur des Mines.*

résidu qu'il faut l'aller chercher ; on en sent la raison. Le soufre de la blende acidifié, la précipite en sulfate de plomb.

Hydro-sulfure de Zinc.

L'hydrogène sulfuré précipite ses dissolutions ; il y occasionne une poudre d'un blanc jaunâtre, qui est un hydro-sulfure. Cette précipitation a ses limites. Quand l'acide débarrassé d'une grande portion de l'oxyde s'y trouve en excès, il en dispute les restes à l'hydrogène, et la précipitation s'arrête. Il faut donc ajouter un peu de potasse pour neutraliser cet excès. Les hydro-sulfures alkalins donnent le même précipité ; l'acide nitrique agit avec véhémence sur cet hydro-sulfure ; il en brûle l'hydrogène et une partie du soufre. L'acide muriatique appliqué à froid, en dégage l'hydrogène sulfuré avec abondance ; cet hydro-sulfure chauffé au rouge, donne de l'eau, de l'acide sulfureux, et se convertit en sulfure simple ou en blende. Le sulfure de zinc natif ou artificiel donne de l'hydrogène sulfuré : ce n'est point ici éduction, mais production (1), attendu que l'eau se comporte dans ce cas, comme dans celui où l'on applique les acides au zinc.

(1) C'était aussi l'opinion de Bergman (*Opuscules chimiques*, tome 2, page 346 de la traduction). Je terminerai ces notes en faisant observer que l'on doit à M. Proust de très-beaux travaux sur les sulfures métalliques et la destruction d'opinions erronées, telles que celle de l'existence de l'oxygène dans ses composés, etc.

A. G. *Ingénieur des Mines.*

ANNONCES

Concernant les Mines, les Sciences et les Arts.

MÉMOIRES

DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE

De la Société d'Arcueil, tome premier. A Paris, chez J. G. Bernard, *Quai des Augustins* (1).

On pourra juger de l'intérêt que présente cet Ouvrage, par les titres des Mémoires qu'il renferme.

Table des matières contenues dans le premier volume des Mémoires de la Société d'Arcueil.

Observations sur l'intensité et l'inclinaison des forces magnétiques, faites en France, en Suisse, en Italie et en Allemagne, par MM. A. de Humboldt et Gay-Lussac.

Mémoire sur la bile, par M. Thénard.

Deuxième Mémoire sur la bile, par M. Thénard.

Mémoire sur les éthers, par M. Thénard.

(1) Un vol. *in*-8°. Prix 5 francs.

Deuxième Mémoire sur les éthers, par M. Thénard. (Ether muriatique).

Note sur la découverte de l'éther muriatique, par M. Thénard.

Troisième Mémoire sur les éthers, par M. Thénard. (Des produits qu'on obtient en traitant l'alcool par les muriates métalliques, l'acide muriatique oxygéné et l'acide acétique).

Mémoire sur la combinaison du soufre avec l'oxygène et l'acide muriatique, par M. A. B. Berthollet.

Premier essai pour déterminer les variations de température qu'éprouvent les gaz en changeant de densité, et considérations sur leur capacité pour le calorique, par M. Gay-Lussac.

Sur la vaporisation des corps, par M. Gay-Lussac.

Mémoire sur la décomposition des sulfates par la chaleur, par M. Gay-Lussac.

Mémoire sur la nature de l'air contenu dans la vessie natatoire des poissons, par M. Biot.

Description d'un manomètre, par M. C. L. Berthollet.

Recherches sur l'action réciproque du soufre et du charbon, par M. A. B. Berthollet.

Note sur l'altération que l'air et l'eau produisent dans la chair, par M. C. L. Berthollet.

Deuxième Mémoire sur l'éther muriatique, par M. Thénard.

Nouvelles observations sur l'éther nitrique, par M. Thénard.

Note sur la purification du platine, par M. Descostils.

Note sur le rapport de la capacité de saturation des corps avec leur pesanteur spécifique, par M. Gay-Lussac.

FIN DU VINGT-UNIÈME VOLUME.

TABLE DES ARTICLES

Contenus dans les six Cahiers du Journal des Mines, *formant le* premier Semestre *de* 1807, *et le* vingt-unième volume *de ce Recueil.*

N°. 121. Janvier 1807.

N°. 122. FÉVRIER 1807.

N°. 123. MARS 1807.

N°. 124. AVRIL 1807.

N°. 125. MAI 1807.

N°. 126. JUIN 1807.

TABLE DES PLANCHES

Contenues dans le vingt-unième Volume.

ERRATA, Volume XXI.

Page 277, *ligne* 6, compositions, *lisez*, composition.
279, *ligne* 7 *de la note*, carbonate de potasse, *lisez*, carbonate de potasse saturé.
Idem, *ligne* 17 *de la note*, le poids de ce qui reste du poids, du premier résidu, *lisez*, le poids de ce qui reste, du poids du premier résidu.
284, *ligne* 26, ces trois terres se sont effectivement toujours trouvées en petite proportion à la vérité, *lisez*, la dernière en petite proportion à la vérité.
305, *ligne* 12, les sels, *lisez*, ces sels.
307, *ligne* 15, la dissolution acéteuse, *lisez*, les dissolutions acéteuses.
311, *ligne* 3, bouchés, *lisez*, bouché.
312, *ligne* 12, le nitrate de cette terre, *lisez*, le nitrate de baryte.
316, *ligne* 7, les sulfures ayant été redissoutes, *lisez*, les hydro-sulfures ayant été redissous.
318, *ligne* 33, ce sel, *lisez*, le sel.
Idem, *dernière ligne*, au contraire celui de platine reste intact, *lisez*, au contraire celui de platine et de potasse reste intact.
482, *ligne* 1, passé de, *supprimez* de.
Idem, *ligne* 4, que 38 parties, *lisez*, 18 parties.
483, *ligne* 4 *de la note*, par 38 de soufre, *lisez*, 18 de soufre.
484, *dernière ligne*, d'acide muriatique, *lisez*, nitrique.
Idem, *seconde ligne de la note*, sont mis, *lisez*, étaient unis.